

Thèse de Doctorat

Isabelle MAÎTRE

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du
grade de Docteur de l'Université d'Angers
sous le label de L'Université Nantes Angers Le Mans*

École doctorale : *VENAM Végétal Environnement Nutrition Agroalimentaire Mer*

Spécialité : *Sciences Agronomiques - Sciences Sensorielles*

Unité de recherche : *UPSP GRAPPE, Groupe ESA, Angers*

Soutenance le 5 Septembre 2014

Thèse N° : 1415

Perceptions sensorielles et préférences alimentaires des seniors Contribution au maintien du statut nutritionnel et à l'appréciation des produits

Rapporteurs : Agnès GIBOREAU, HDR, Directrice de la Recherche, Institut Paul Bocuse, Lyon
Bruno LESOURD, Professeur de Nutrition, Directeur du Département de Gériatrie, Faculté de Médecine, Clermont-Ferrand

Examineurs : Catherine Dacremont, Professeur des Universités, Agrosup, Dijon.
Pierre Jouanny, Professeur des Universités, Service de Médecine Interne Gériatrie, CHU, Dijon
Julien Delarue, Maître de Conférences, HDR, AgroParisTech, Massy.
Agnès Salle, Praticien Hospitalier, HDR, Service d'Endocrinologie – Diabétologie – Nutrition, CHU, Angers.

Directeur de Thèse : Frédérique Jourjon, HDR, Directrice de la Recherche, UPSP GRAPPE, Groupe ESA, Angers.

Co-Directrice de thèse : Virginie VanWymelbeke, Docteur en Nutrition, Centre Gériatrique Champmaillot, CHU, Dijon.

L'auteur du présent document vous autorise à le partager, reproduire, distribuer et communiquer selon les conditions suivantes :



- Vous devez le citer en l'attribuant de la manière indiquée par l'auteur (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'il approuve votre utilisation de l'œuvre).
- Vous n'avez pas le droit d'utiliser ce document à des fins commerciales.
- Vous n'avez pas le droit de le modifier, de le transformer ou de l'adapter.

Consulter la licence creative commons complète en français :
<http://creativecommons.org/licences/by-nc-nd/2.0/fr/>

Ces conditions d'utilisation (attribution, pas d'utilisation commerciale, pas de modification) sont symbolisées par les icônes positionnées en pied de page.



A Jérôme et mes enfants

Ever tried. Ever failed. No matter.
Try Again. Fail again. Fail better.

Samuel Beckett

Bref, ne renoncez jamais...



Avant-propos

Cette thèse a été menée dans le cadre de l'UPSP GRAPPE du Groupe ESA, au sein du programme AUPALESENS.

AUPALESENS a été financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre de l'appel à projets du programme de recherche en Alimentation et Industries Alimentaires (ALIA). Ce programme inclut 7 organismes de recherche académique : l'Unité de Recherche de Médecine Interne Gériatrie Champmaillot, l'ESA d'Angers, ONIRIS Unité Sensométrie et Chimiométrie de Nantes, l'UMR Aliss de l'INRA Paris, l'UMR CSGA de l'INRA Dijon, le Service d'endocrinologie et diabétologie du CHU Angers, et le Département de psychologie des âges de la vie de l'Université François Rabelais de Tours ; ainsi que 7 structures privées : Les Repas Santé (Beaune), Livrac groupe Terrena (Haute Goulaine), Frutarom (Dijon), Lactalis (Retiers), Cecab d'aucy (Saint Thurien), et Entremont Alliance (Malestroit). AUPALESENS est un programme labellisé par les pôles de compétitivité Valorial® et Vitagora®.

Ce travail de recherche a fait l'objet des communications suivantes :

Publications en tant que premier auteur

- Maitre I, Van Wymelbeke V, Amand M, Vigneau E, Issanchou S, Sulmont-Rossé C. 2014. Food pickiness in the elderly: Relationship with dependency and malnutrition. *Food Quality and Preference* 32, Part B: 145-151.
- Maitre I., Symoneaux R., Sulmont-Rossé C., 2014, Conducting sensory analysis tests among the elderly , In : *Rapid sensory profiling techniques and related methods, Applications in new product development and consumer research*, Edited by: Delarue J., Lawlor B. and Rogeaux M., in press
- Sulmont-Rosse C., Maître I., Amand M., Symoneaux R., Van Wymelbeke V., Caumon E., Tavarès J., Issanchou S., Evidence for different patterns of chemosensory alterations in the elderly population: impact of age versus dependency, *Chemical Senses*, soumis.

Publications en tant que co-auteur

- Bailly N., Maitre I., Armanda M., Herve C. and Alaphilippe D. 2012 - The dutch eating behaviour questionnaire (DEBQ). Assessment of eating behaviour in an aging french population. *Appetite*, 59 (3): 853-858.
- Bailly N., Maître I., Van Wymelbeke V., Relationships between nutritional status, depression and pleasure of eating in aging men and women, *Gerontology and Geriatrics*, under revision

Interventions orales en congrès, colloques et journées

- Maître I., Sulmont-Rossé C., Amand M., Cariou V., Vigneau E., Van Wymelbeke V., Evolution de la perception sensorielle et des préférences alimentaires chez les personnes âgées : quel lien avec le statut nutritionnel ? 5 Juin 2012, ADRIA Normandie, soirée innovation, « concevoir une offre alimentaire adaptée aux seniors ». Caen.
- Maître I., Sulmont-Rossé C., Amand M., Cariou V., Vigneau E., Van Wymelbeke V., Evolution de la perception sensorielle et des préférences alimentaires chez les personnes âgées : quel lien avec le statut nutritionnel ? 21 juin 2012, Journées Alimentation Santé, La Rochelle
- Maître I., Amand M, Cariou V, Vigneau E, Van Wymelbeke V, Sulmont Rossé C. 2012. Tell me what you are eating, I will tell you who you are: the different eater styles among the elderly population. Eurosense. Bern.
- Maître I., Sulmont-Rossé C., Amand M., Cariou V., Vigneau E., Symoneaux R., Issanchou S., Van Wymelbeke V., Le déclin de la perception sensorielle des personnes âgées cache une grande variabilité : est-il lié aux préférences alimentaires et au statut nutritionnel? 18 Octobre 2012, Le Sensolier. Paris.
- Maître I., Sulmont-Rossé C., Amand M., Cariou V., Vigneau E., Symoneaux R., Salle A., Van Wymelbeke V., Préférences alimentaires des personnes âgées : sont-elles modifiées par la dépendance ? 15 Novembre 2012, 5ème colloque PONAN. Angers.
- Maître I., Sulmont-Rossé C., Amand M., Cariou V., Vigneau E., Symoneaux R., Issanchou S., Salle A., Bailly N., Van Wymelbeke V., Comportement alimentaire et perceptions sensorielles : sont-ils modifiés avec la dépendance ? 16 Novembre 2012, Hôpital du Loir.
- Maître I., Bien manger pour bien vieillir : adapter les produits pour plaire aux séniors, 20 Novembre 2012, Angers Technopole. Montreuil Bellay.
- Maître I., Symoneaux R., Sulmont-Rossé C., Consumer testing in elderly population: impact of age and dependence on liking scoring, 29 Octobre 2013, European Sensory Network, Valencia
- Maître I., Van Wymelbeke V., Amand M., Vigneau E., Issanchou S. and Sulmont C. Food pickiness in the elderly: relationship with dependency and malnutrition, 29 Octobre 2013, European Sensory Network, Valencia
- Maître I, Amand M, Sulmont-Rossé C, Alaphilippe D, Bailly N, Crema C, Cariou V, Ferrandi J-M, Vigneau E, Cardon P, Issanchou S, Sallé A, Symoneaux R, Van Wymelbeke V. 2013. Enquête pluri-disciplinaire : quels sont les facteurs associés à la dénutrition du sujet âgé ? 26 Novembre 2013, Colloque Aupalesens. Dijon.

- Maître I, Symoneaux R, Issanchou S, De Facq P, Tavarès J, Feyen V, Martin C, Sulmont-Rossé C. 2013. Adapter la qualité sensorielle des produits au goût des seniors : quels outils, quelles stratégies ? 26 Novembre 2013, Colloque Aupalesens. Dijon.

Posters:

- Maître I., Amand M., Cariou V., Vigneau E., Van Wymelbeke V., Sulmont-Rossé C., 2012, Tell me what you are eating, I will tell you who you are: The different eater styles among the elderly population, Poster, Vitagora, Dijon
- Maître I, Symoneaux, R., Hazart, E., Bonhomme, C., Van Wymelbeke V., Sulmont-Rossé, C., 2012. Maintenir le plaisir à manger chez les personnes âgées dépendantes à risque de dénutrition : validation d'une échelle de mesure de l'appréciation auprès de cette population, Poster, 10es Journées Francophones de Nutrition. Lyon: Société Française de Nutrition. p. S70-S71.
- Maître I, Symoneaux R, Sulmont Rossé C. 2012. Consumer testing in elderly population: impact of age and dependence on liking scoring. Poster. Eurosense. Bern.
- Maitre I, Van Wymelbeke V, Sulmont-Rossé C, Cariou V, Bailly N, Ferrandi JM, Salle A, Vigneau E. 2013. Food behaviour and health patterns in the French elderly population. Poster. Pangborn. Rio.
- Maitre I., Symoneaux R., Van Wymelbeke V., Issanchou S., Jourjon F., Sulmont-Rossé C., 2013, Food selectivity and pickiness in adulthood: an age and gender-related behaviour? Poster. Pangborn. Rio.
- Maitre I., Symoneaux R., Issanchou S., De Facq P., Tavarès J., Feyen V., Martin C., VanWymelbeke V., Sulmont-Rossé C., 2014, Improving sensory quality of food product to meet the elderly's preferences: which winning strategy ? Poster accepté, Eurosense, Copenhagen.

Communications orales grand public

- Maître I., Amélioration du plaisir alimentaire du senior pour bien vieillir et lutter contre la dénutrition, 21 Mai 2013, cycle conférences alimentation, CCAS, Angers
- Maître I., l'impact des facteurs sensoriels, psychologiques et sociologiques sur le comportement alimentaire et les enjeux autour de la dénutrition chez les seniors, 21 février 2014 , mois thématique « la nutrition dans tous ses états », ORPAN, Nantes.
- Maître I., Bilan du projet AUPALESENS, 11 Juin 2014, conférence ORPEA, Royan.



REMERCIEMENTS

Je commencerai par remercier mes deux directrices de thèse, Frédérique et Virginie qui ont su dégager de leur temps précieux à chaque fois que j'en ai eu besoin. Leurs regards critiques et bienveillants ont su, je l'espère, me faire progresser.

Ma gratitude va aussi à mes rapporteurs, Bruno et Agnès, qui en acceptant ce rôle, savaient qu'ils passeraient une partie de l'été avec un pensum. Merci aussi à Julien et Agnès d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Un grand merci à mon comité de thèse, Evelyne, Daniel, Sylvie, Claire, Ronan, qui ont supporté ma vision peu orthodoxe de ce que pouvait être un comité de thèse et qui se sont toujours mis bien volontiers au travail pour m'aider à avancer. Merci à mes co-auteurs, sans lesquels les quatre articles présents dans le manuscrit n'auraient pas vu le jour, et tout particulièrement à Claire, bravo pour ta patience ! Leur exigence a contribué de façon très bénéfique à ma transformation au cours de cette thèse.

Merci chaleureux aussi à toute l'équipe du projet AUPALESENS, dont l'engagement, l'intérêt et l'enthousiasme n'ont jamais failli. Les bons moments passés à travailler, mais aussi manger ensemble bien sûr, dans un lieu parisien privilégié et atypique ont soudé le groupe et m'ont beaucoup portée. De nouvelles amitiés professionnelles se sont tissées, gage de réussite collective.

J'ai énormément de reconnaissance pour toutes les personnes de plus de 65 ans qui ont accepté de répondre aux enquêtes et de se plier à nos protocoles. Les angevins que j'ai côtoyés ont fait preuve d'une confiance et d'une gentillesse qui m'ont beaucoup touchée. Cela a été pour moi une source de motivation très grande et j'ai à cœur de ne pas les décevoir.

Merci encore aux structures et à leurs équipes qui ont accepté de participer à mes travaux en me donnant accès aux résidents de leurs établissements. Chacun a cherché à me faciliter la vie. J'y ai fait de très belles rencontres. Merci aussi à la mairie d'Angers pour son soutien.

Je n'oublierai pas tous mes collègues, qui m'ont soutenue, aidée, soulagée ces derniers temps, et avec qui j'aime beaucoup travailler. Céline, Corinne, Isabelle, Jeremy, Mathilde, Mathieu, Géraldine, (les) Véronique (s), Anca, Fiona, Manu, Laurence, Bernadette, Aurélien, Dominique, René, Ronan encore et tous les autres...Une pensée spéciale à Emira qui a relu le manuscrit malgré un emploi du temps chargé et m'a soutenue de son amitié.

Je remercierai aussi mes élèves, « c'est beau la jeunesse » comme disait ma grand-mère ! Naviguer sans cesse des adultes les plus jeunes aux plus âgés est plutôt amusant.

Mes remerciements vont aussi à l'ESA, qui m'a laissé entreprendre ce projet de thèse et permis de consacrer mes travaux à l'alimentation de la personne âgée, à mes deux encadrantes Emira et Véronique qui ont essayé de me protéger. C'est une grande chance !

Last but not least, ma plus profonde gratitude va à mes proches sans qui je ne serai pas là aujourd'hui, leur amour étant mon pilier constant. Ils ont su faire preuve de beaucoup de patience ! Jérôme bien sûr, merci pour ton soutien, ta confiance, ton enthousiasme quotidien. Capucine, Colette, Clément, Paul, mes enfants devenus grands, qui m'ont toujours donné envie de me dépasser, et les nouvelles venues de la fratrie y contribuent aussi. Mes parents à qui je dois beaucoup, et notamment la confiance, l'envie de bien faire ainsi que la certitude que rien n'est impossible. J'ai une pensée pour mes grands-parents, grâce à qui je sais que les personnes âgées peuvent être formidables. Ma famille, sur laquelle je peux toujours compter, et notamment mes frères Eric et Luc, et une pensée spéciale pour Jean. Et aussi mes amis, et surtout mes AMIES que j'ai délaissées et qui ont pris patience avec toute leur amitié. Je reviens, promis ! Un merci tout particulier à Anne qui s'est abimé les yeux à traquer la faute d'orthographe.

Exercice délicat que les remerciements, comment ne pas en oublier ? Alors un grand merci à tous pour cette parenthèse très positive ! Finalement, ce qui est important dans la vie, ce n'est pas ce que l'on fait mais avec qui et comment on le fait.



Sommaire

AVANT-PROPOS	5
ABREVIATIONS	15
GLOSSAIRE	16
INTRODUCTION	19
CHAPITRE 1. CONTEXTE, ETAT DE L'ART ET PROBLEMATIQUE	21
●1. Contexte	23
1.1. Vieillesse de la population et dépendance	23
1.2. Enjeux liés à l'alimentation de la personne âgée	25
●2. Modifications de l'alimentation liées au comportement alimentaire lors de l'avancée en âge	27
2.1. Dérégulation de la faim	27
2.2. Cerveau et vieillissement	28
2.3. Facteurs gastro-intestinaux	29
2.4. Hormones	29
2.5. Changements chimiosensoriels	29
2.5.1. Liens physiologiques entre perceptions chimiosensorielles et prise alimentaire	29
2.5.2. Capacités chimiosensorielles et vieillissement	30
2.6. Santé orale et dysphagie	37
2.7. La prise de médicaments	38
2.8. Le contexte socio-économique et la perte d'autonomie	38
2.9. La dépression	40
2.10. Attitudes et croyances	40
●3. Problématique et hypothèses	42
3.1. Précision du champ disciplinaire de la thèse	42
3.2. Problématique, hypothèses et questions de recherche	42
3.3. Les dispositifs expérimentaux : le projet AUPALESENS	46
3.4. Schéma général de la thèse	47
CHAPITRE 2. QUELLE VARIABILITE AU SEIN DE LA POPULATION AGEE ?	51
●1. Description de l'échantillon et principales variables caractéristiques	53
1.1. Matériel et Méthodes	53
1.1.1. Les sujets et la stratification de l'échantillon	53
1.1.2. Les mesures	54
1.1.3. Traitements statistiques	57
1.2. Résultats et discussion	59
1.2.1. Le choix des mesures	59
1.2.2. Caractéristiques de l'échantillon	60

●2. Variabilité des capacités sensorielles	62
2.1. Introduction	63
2.2. Materials & Methods	64
2.2.1. Elderly sample	64
2.2.2. Chemosensory tests	65
2.2.3. Background information	69
2.2.4. Procedure	69
2.2.5. Data analysis	70
2.3. Results	70
2.3.1. Description of the elderly sample	70
2.3.2. Correlation between the scores	71
2.3.3. Evidence for different patterns of chemosensory impairment	72
2.3.4. Impact of age versus dependency on chemosensory performances	75
2.4. Discussion	77
●3. Exploration des préférences et des rejets alimentaires	82
3.1. La sélectivité alimentaire	85
3.1.1. Introduction	86
3.1.2. Material and Methods	88
3.1.3. Results	90
3.1.4. Discussion	94
3.1.5. Conclusion	96
3.2. Les styles de mangeurs	98
3.2.1. Matériel et Méthodes	98
3.2.2. Résultats	101
3.2.3. Discussion	105
3.3. Les menus	110
3.3.1. Matériel et Méthodes	110
3.3.2. Résultats	112
3.3.3. Discussion	117
3.4. Des méthodes différentes pour des informations complémentaires	121
3.4.1. Méthodes	121
3.4.2. Résultats	121
3.4.3. Discussion	122

CHAPITRE 3 COMPORTEMENT ALIMENTAIRE, PERCEPTION DES ALIMENTS, MODE DE VIE, STATUT NUTRITIONNEL ET ETAT DE SANTE : IDENTIFICATION DE PROFILS AU SEIN D'UN ECHANTILLON DE PERSONNES AGEES EN FRANCE.	125
--	-----

●1. Introduction	128
●2. Material and Methods	130
●3. Results and Discussion	134
3.1. Participants' characteristics	134
3.2. Latent dimensions	134
3.3. Clusters of participants in the population	138
●4. General discussion and conclusion	144

CHAPITRE 4 QUELLE EST LA MEILLEURE STRATEGIE SENSORIELLE POUR AMELIORER DES PRODUITS POUR DES PERSONNES AGEES DONT LES CAPACITES SENSORIELLES SONT ALTEREES ?	149
●1. Etat de l'art : Préférences des personnes âgées pour des produits renforcés en saveurs ou en arômes.	152
●2. Organisation des travaux	157
●3. Développement et validation d'une méthodologie de mesure hédonique chez les sujets âgés. Recommandations méthodologiques.	160
3.1. Introduction	161
3.2. The elderly market: a challenge between needs and pleasure	161
3.3. The heterogeneity of the elderly	163
3.3.1. Physical and psychological health and dependency	163
3.3.2. Chemo-sensory capacities	164
3.3.3. Oral-health status	165
3.3.4. Cognitive abilities	167
3.4. Impact of age and dependence on performance at a sensory task: key findings on scale use in a monadic sequential presentation.	168
3.4.1. Description of a case study	168
3.4.2. Running a sensory test in nursing home: practical considerations	170
3.4.3. Impact of age and dependence on performance	170
3.4.4. Key findings	173
3.5. Running sensory descriptive analysis with an elderly panel: recommendations	174
3.5.1. Recruitment of an elderly panel	175
3.5.2. Conducting sensory analysis trials among the elderly	177
3.5.3. Practical recommendations	180
3.5.4. Rapid sensory descriptive analysis: perspectives	182
3.6. Conclusion and future trends	182
●4. Evaluation hédonique de variantes sensorielles	184
4.1. Première étape : Etude qualitative	185
4.1.1. Matériel et méthodes	185
4.1.2. Résultats	186
4.2. Deuxième étape : établissement du cahier des charges et développement des produits	187
4.2.1. Définition du cahier des charges	187
4.2.2. Résultats	188
4.3. Tests hédoniques quantitatifs	192
4.3.1. Matériel et méthodes des tests hédoniques quantitatifs	192
4.3.2. Résultats moyens par produit	194
4.3.3. Effet de la catégorie d'autonomie	196
4.3.4. Segmentation des préférences	197
4.4. Discussion et conclusion	203

●5. Lien entre niveau d'appréciation des variantes et capacités sensorielles	206
5.1. Traitement des données	206
5.2. Capacités sensorielles des sujets	208
5.3. Niveau d'appréciation des témoins et pouvoir discriminant selon les capacités sensorielles	211
5.4. Lien entre segmentation des préférences et capacités sensorielles	211
5.5. Lien entre préférences individuelles et capacités sensorielles	217
5.5.1 Est-ce que des capacités sensorielles faibles conduisent à préférer les variantes renforcées aux témoins?	218
5.5.2 Est-ce que des capacités sensorielles faibles conduisent à donner un score d'appréciation élevé aux variantes renforcées ?	222
5.5.3 Discussion	223
 CHAPITRE 5 DISCUSSION ET PERSPECTIVES	 227
 CONCLUSION	 245
 TABLE DES ILLUSTRATIONS	 249
 TABLE DES TABLEAUX	 251
ANNEXES	253
<i>ANNEXE 1 REVUE BIBLIOGRAPHIQUE DES TRAVAUX IMPLIQUANT LA MESURE DE SEUILS DE DETECTION OLFACTIVE</i>	255
<i>ANNEXE 2 : AUTRES TRAVAUX SUR L'OLFACTION</i>	260
<i>ANNEXE 3 : LIST OF 71 PRODUCTS TO BE TICKED IF DISLIKED.</i>	264
<i>ANNEXE 4 : EFFET DE RENFORCEMENTS SENSORIELS SUR L'APPRECIATION DES PERSONNES AGEES</i>	266
 <i>BIBLIOGRAPHIE</i>	 271
 ABSTRACT & RESUME	 quatrième de couverture

Abréviations

EHPAD : Etablissement d'Hébergement pour Personnes Agées Dépendantes

ACP : Analyse en Composantes Principales

AFC : Alternative Forced Choice

ANOVA : ANalysis Of Variance

APA : Allocation Personnalisée d'Autonomie

BMI : Body Mass Index (= IMC en français)

CAH : Classification Ascendante Hiérarchique

CDPCA Clustering and Disjoint Principal Component Analysis

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

DEBQ Dutch Eating Behavior Questionnaire

ETOC :European Test of Olfactory Capabilities.

GDS : Geriatric Depression Scale

HCA : Hierarchical Cluster Analysis

HTAQ : Health and Taste Attitude Questionnaire

HTAS : Health and Taste Attitude Scale

IADL : Instrumental Activities of Daily Living Scale

IMC : Indice de Masse Corporelle

LSD : Least Significant Difference

MNA : Mini Nutritional Assessment©

MOT : Monadic Olfactory Test

MMSE : Mini Mental State Examination

ORL : Oto-rhino-laryngologie

PCA : Principal Component Analysis (= ACP en français)

PNNS : Plan National Nutrition Santé

SPPB : Short Physical Performance Battery

Glossaire

Glossaire nutrition santé

Sarcopénie: Fonte musculaire liée au vieillissement.

Glossaire sensoriel

Cartographie des préférences : Méthode permettant de relier statistiquement des données de profils sensoriels et de mesures hédoniques afin d'identifier les critères sensoriels des produits qui influencent leur niveau de préférence.

Catégorisation : Méthode de répartition dans des catégories prédéterminées nominales (AFNOR 1992).

Discrimination : Différenciation qualitative et/ou quantitative entre deux ou plusieurs stimulus (AFNOR 1992).

Estimation de la grandeur : Méthode consistant à attribuer des valeurs d'intensité à une propriété de sorte que le rapport entre la valeur attribuée et la perception du sujet soit le même (AFNOR 1992).

Flaveur : Arômes et saveurs perçues.

Forced choice test : Test à choix forcé. Le dégustateur est contraint à donner une réponse. Par exemple, dans un **test triangulaire (triangle test)**, trois échantillons sont présentés au dégustateur. Deux échantillons sont identiques, un est différent. Le dégustateur doit choisir l'échantillon qu'il perçoit différent des autres. Il doit donner une différence même s'il n'en perçoit pas. Ces tests sont traités statistiquement en comparant les résultats au nombre de réponses qui auraient été données au hasard.

Parmi ces tests, on trouve aussi les **2-AFC** et **3-AFC** : Two Alternative Forced Choice test ou Three Alternative Forced Choice test. Deux échantillons sont présentés dans un 2-AFC et le dégustateur doit répondre à la question posée en choisissant obligatoirement un des deux échantillons (le plus sucré par exemple). Trois échantillons sont présentés dans un 3-AFC, deux sont identiques, un est différent des deux autres.

Un Tetrad test est un test à choix forcé où quatre échantillons sont présentés, le dégustateur doit retrouver les deux paires de produits identiques.

Monadique séquentiel Présentation des échantillons un par un, l'un après l'autre, au cours d'un test sensoriel.

Perception : Prise de connaissance des effets des stimulus sensoriels simples ou complexes (AFNOR 1992).

Profil sensoriel : Mesure descriptive des produits sur un ensemble de descripteurs sensoriels par un jury entraîné.

Sensation : Réaction subjective résultant de la stimulation sensorielle (AFNOR 1992).

Seuil de détection : Valeur minimale du stimulus sensoriel nécessaire à l'éveil d'une sensation. Cette sensation peut ne pas être identifiée (AFNOR 1992).

Seuil d'identification : Valeur minimale du stimulus sensoriel permettant d'identifier la sensation perçue (AFNOR 1992).

Supra-liminaire : Qualifie un stimulus se situant au-dessus du type de seuil considéré (AFNOR 1992).

Warm up sample : Echantillon d'échauffement. La dégustation commence par un échantillon dont les réponses ne sont pas prises en compte pour répondre à l'objectif du test.

Glossaire statistiques

Boîte à moustaches ou boxplot : La boîte à moustaches est un graphique qui présente la distribution des données pour un caractère donné. Elle résume seulement quelques caractéristiques de position du caractère étudié (médiane, quartiles, minimum, maximum).

Cluster : Un cluster est un groupe d'objets homogènes. Les méthodes de classification permettent de définir les groupes homogènes, ou clusters en anglais. Ils sont aussi appelés en français **segment** ou **classe**.



Introduction

Les pays développés devront faire face à un enjeu sociétal majeur lié au vieillissement de la population. S'assurer que les personnes âgées vieillissent en bonne santé, en conservant un bon niveau d'autonomie le plus longtemps possible, leur garantirait une meilleure qualité de vie et permettrait de limiter les charges pour les générations plus jeunes. L'alimentation est aujourd'hui reconnue comme un facteur modifiable de prévention des handicaps et de certaines pathologies chroniques. L'alimentation comporte aussi une dimension plaisir pour un grand nombre d'entre nous. Le maintien de ce plaisir avec l'âge est un enjeu fort, non seulement parce qu'il contribue à la qualité de vie, mais aussi parce qu'il pourrait aider à maintenir un bon état nutritionnel.

La diminution des performances des capacités chimio-sensorielles avec l'âge a depuis longtemps intéressé les scientifiques et a été identifiée comme l'un des facteurs pouvant conduire à une perte d'appétit ou à une modification des comportements alimentaires, pouvant conduire à terme à une dégradation de l'état nutritionnel. Pour autant, le lien entre les capacités sensorielles, les préférences alimentaires et l'état nutritionnel des sujets âgés, notamment en France a été peu étudié.

Les travaux présentés dans cette thèse s'inscrivent dans la problématique générale du laboratoire GRAPPE du groupe ESA (Ecole Supérieure d'Agriculture) qui a orienté ses recherches vers la compréhension de la qualité des produits agro-alimentaires et de sa perception par les consommateurs. C'est dans ce cadre qu'il s'intéresse plus particulièrement à l'alimentation des personnes âgées, qui sont une cible qui pose des problèmes méthodologiques en analyse sensorielle. Les résultats ont été obtenus au cours du projet AUPALESENS (Quels leviers sensoriels pour prévenir et lutter contre la dénutrition chez les personnes âgées ?) cofinancé par l'Agence Nationale de la Recherche entre 2010 et 2013. Mes recherches ont été menées dans les deux premières parties du projet (WP1 et WP2) que j'avais en charge de coordonner.

Les questions qui m'intéressent sont les suivantes : que se passe-t-il pour les personnes dont les capacités chimio-sensorielles sont diminuées lorsqu'elles vieillissent ? Ont-elles des préférences différentes ? Sont-elles plus à risque de dénutrition que les autres ? Peut-on formuler des produits alimentaires que les personnes âgées consommeront avec plaisir, même celles qui perçoivent mal les stimuli sensoriels et celles qui sont les plus dépendantes ?

Je soutiendrai la thèse suivante dans ce manuscrit : il est pour moi très important de se préoccuper du bien-manger d'une personne âgée, tant d'un point de vue nutritionnel, que d'un point de vue plaisir, même si l'âge s'accompagne d'une baisse des perceptions sensorielles de

la qualité des aliments. Afin de contribuer à une bonne qualité de leur vie, nous devons chercher à améliorer la qualité des repas qui sont destinés aux personnes âgées et les aider à garder du plaisir à table.

Après une présentation du contexte et des enjeux, nous aborderons en chapitre 1 les facteurs susceptibles de modifier le comportement alimentaire au cours du vieillissement et justifierons la problématique de la thèse qui est la suivante : *Quelle est la variabilité des capacités sensorielles et des préférences alimentaires au sein d'une population âgée de niveaux de dépendance et d'âges variés et comment est-elle reliée au statut nutritionnel et à l'appréciation des produits?* Dans ce chapitre, nous présenterons le projet AUPALESENS dans lequel cette thèse s'est inscrite. Nos résultats s'appuient en effet sur deux études que j'ai coordonnées : une enquête réalisée auprès de 559 personnes âgées dans laquelle les capacités sensorielles et l'état nutritionnel ont été mesurés, et un travail expérimental où des produits ont été dégustés. Nous explorerons ensuite dans le chapitre 2 la variabilité des capacités sensorielles et des préférences alimentaires. Seront également présentés les outils que nous avons développés pour mesurer les préférences. Puis, nous étudierons dans le chapitre 3 comment les différentes variables mesurées dans l'enquête sont associées à l'état nutritionnel. Issues de champs disciplinaires différents, elles comprennent des variables de capacités sensorielles et de préférences, ce qui nous a permis d'étudier si elles sont associées à des profils à risque de dénutrition. Le chapitre 4 restituera ensuite les résultats de la deuxième étude où l'appréciation hédonique de différentes variantes de trois produits différents a été mesurée. Cette appréciation a été reliée aux capacités sensorielles des sujets, afin d'évaluer quels types de produits plaisent davantage aux personnes qui ont des sensibilités olfactives ou gustatives faibles. Enfin, la dernière partie du manuscrit ouvrira une discussion plus générale. Le manuscrit s'articule autour d'articles rédigés en anglais publiés ou en cours de publication et de chapitres rédigés spécialement pour ce manuscrit.

Chapitre 1. Contexte, état de l'art et problématique

1. Contexte

1.1. Vieillessement de la population et dépendance

L'âge à partir duquel on considère qu'une personne est âgée est très variable : si les publicistes qualifient de seniors les plus de cinquante ans, voire moins, l'administration ou les services de statistiques qualifient d'âgées les personnes de plus de 60 à 65 ans. Cependant les données mélangent souvent des classes d'âge différentes (plus de 60, ou plus de 65 ou plus âgés encore). De même, de nombreuses publications de recherche présentent des travaux qui ont validé des outils de mesure au-delà de l'âge de 65 ans. Les gériatres s'intéressent aussi à des personnes assez jeunes (65 à 80) pour des actions de prévention, même si la majorité de leur patientèle est plus âgée.

Dans notre travail, la population sera étudiée au-delà de 65 ans.

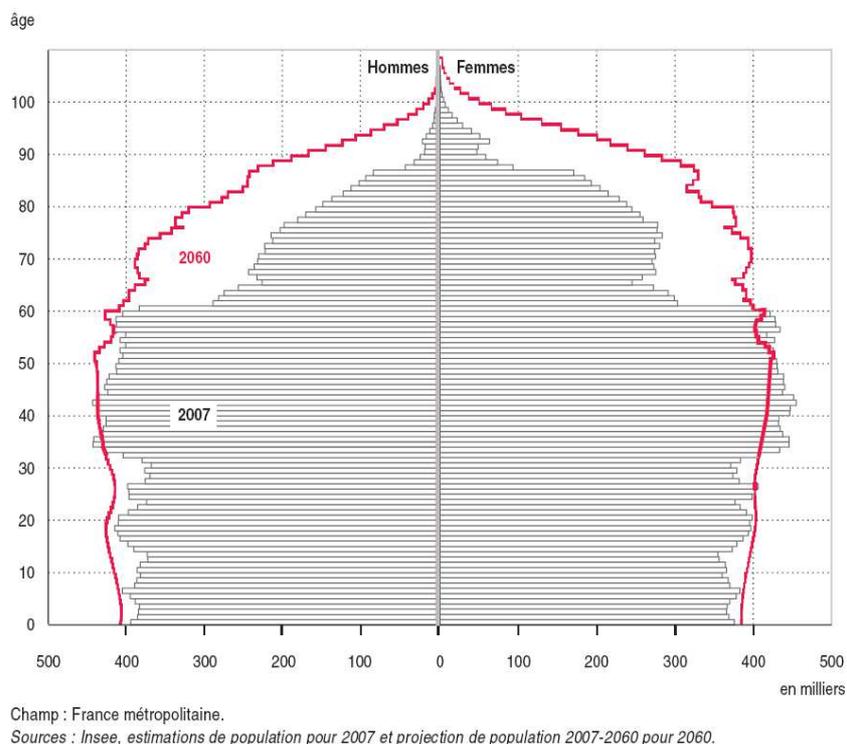
Le vieillissement peut être qualifié de primaire : lié aux facteurs génétiques, ou de secondaire : lié à des pathologies ou à des comportements délétères pour la santé comme une alimentation de mauvaise qualité (Ferry 2010).

Le concept de bien-vieillir est complexe, mais de nombreux auteurs considèrent qu'il inclut le maintien de l'autonomie à trois niveaux : physique, mental et social (Gangbè et al. 2006). Deux personnes du même âge peuvent avoir des capacités fonctionnelles, sensorielles et cognitives très différentes (Ferry 2009). Au-delà de l'âge physiologique, il existe une grande variabilité au sein de la population âgée au niveau de l'état de santé et des conditions physiques. Une personne de plus de 75 ou 80 ans peut avoir un mode de vie très similaire à celui qu'elle avait à 60 ans, alors qu'une autre du même âge doit affronter des difficultés et être dépendante pour des tâches quotidiennes. Ceci a amené de nombreux auteurs à s'intéresser à la dépendance, à sa prévention, aux facteurs y conduisant, et aux solutions à apporter aux personnes dépendantes et aux professionnels les entourant. Nous avons intégré le niveau de dépendance dans nos travaux afin d'étudier l'effet de l'âge en soi et l'effet relatif à un état général qui se traduit par un plus ou moins grand niveau de dépendance.

D'après l'INSEE (Blanpain et al. 2010), et sur la base des tendances démographiques récentes, le nombre de personnes de plus de 60 ans augmentera en France de 10 millions d'ici 2060, passant de 21% actuellement à 35% de la population totale. Les générations du baby-boom arrivant à la retraite, cette proportion de personnes de plus de 60 ans augmentera fortement jusqu'en 2035, ce qui nous met face à un changement brutal dans les 20 ans qui viennent. La progression la plus forte est prévue pour les plus âgés, le nombre de personnes de 75 ans ou

plus, actuellement de 5,2 millions, passerait à 11,9 millions en 2060 et celui des 85 ans et plus de 1,3 à 5,4 millions (soit 7,3%) (Figure 1).

Figure 1 Pyramide des âges en 2007 et en 2060



Cette tendance est générale en Europe, et la situation française est relativement favorable dans ce contexte européen. En effet, si la proportion des plus de 65 ans atteindra un tiers de la population européenne en 2060, le taux des plus de 80 ans grimpera lui à 12% (Eurostat 2011). Quand en 1960 en Europe il y avait 3 enfants de moins de 14 ans pour chaque personne de plus de 65 ans, en 2060, il y aura un enfant pour plus de deux personnes âgées (Lanzieri 2011).

Le nombre de personnes âgées dépendantes augmentera en parallèle. La dépendance est définie comme l'incapacité d'une personne à réaliser un certain nombre d'actes essentiels de la vie quotidienne. Elle recouvre des limitations fonctionnelles (physiques (par exemple marcher), sensorielles (entendre), ou cognitives (s'orienter)), une restriction des activités de la vie quotidienne, et un besoin d'assistance. Fin 2010, 1,2 millions de français bénéficiaient de l'allocation personnalisée d'autonomie (APA) (un sur deux avait plus de 85 ans), 61% d'entre elles vivaient à domicile et 39% en établissements pour personnes âgées dépendantes. Les projections prévoient une augmentation de 35% de la population des personnes âgées dépendantes à l'horizon 2030 et de 100% à l'horizon 2060 (Charpin 2011). C'est à la fois la solidarité familiale des proches et la solidarité collective qui prennent en charge cette dépendance aujourd'hui. La solidarité familiale pourrait se réduire, le ratio du nombre d'aidants

potentiels par personne âgée dépendante diminuant. La solidarité collective, au travers des aides financières, pourrait également être profondément modifiée du fait des difficultés à la financer (Duée et al. 2006). Une réduction de la morbidité devient un enjeu puisqu'elle amènerait à réduire la durée de vie dépendante. Les groupes de travail du ministère des affaires sociales et de la santé qui se sont penchés sur le vieillissement de la société et les projections de dépenses publiques liées à la dépendance soulignent que les actions de prévention et de prise en charge des pathologies et de la dépendance pourraient bouleverser favorablement les scénarios pessimistes dessinés actuellement (Charpin 2011; Morel 2013).

1.2. Enjeux liés à l'alimentation de la personne âgée

L'alimentation est un élément essentiel pour maintenir un bon état de santé et une vie sociale de qualité. La couverture des besoins qualitatifs et quantitatifs en nutriments n'est pas son seul bénéfice, elle est aussi source de plaisir, que ce soit au travers des activités qu'elle génère, du partage qu'elle permet, et du plaisir associé à la dégustation en tant que telle. Elle contribue ainsi au maintien d'un équilibre de vie (Mischlich 2012).

La population âgée présente des risques nutritionnels spécifiques qui justifient leur étude. La comparaison des niveaux de la mortalité des plus de 64 ans en Europe a montré de fortes disparités, et les comportements alimentaires ont été mis en avant pour expliquer ces différences (Jougla et al. 2006). De nombreux travaux de nutrition cherchent à démontrer en effet, soit le rôle protecteur de certains régimes (par exemple le régime dit « méditerranéen »), soit le risque que présente la surconsommation de certains nutriments (par exemple les acides gras saturés et la santé cardiaque) vis-à-vis de pathologies chroniques dont la prévalence augmente avec l'âge. La prévention par l'alimentation peut ralentir le vieillissement dit secondaire lié aux pathologies (Ferry 2008). C'est bien l'objet des campagnes publiques de prévention comme le Plan National Nutrition Santé (PNNS) qui allie à la fois recommandations d'activités physiques adaptées à l'âge et recommandations nutritionnelles (PNNS 2011).

Au-delà des maladies associées aux habitudes alimentaires, la dénutrition de la personne âgée est reconnue aujourd'hui comme une pathologie à part entière. Elle est le résultat de trop faibles apports alimentaires par rapport aux besoins (énergie, protéines, autres nutriments et micro-nutriments) ou d'un désordre métabolique en lien avec une pathologie (Alix et al. 2012). La dénutrition a de nombreuses conséquences délétères et fait entrer la personne âgée dans une spirale négative conduisant à une dégradation de son état général, réversible seulement à ses premiers stades (Ferry 2012a). Si elle n'est pas prise en charge, la dénutrition conduit à un déficit immunitaire et à une augmentation des infections, des troubles psychiques, un risque de chutes et de fractures plus important, une fonte musculaire (sarcopénie), l'exacerbation des

maladies chroniques, tout ceci renforçant la perte d'appétit, l'augmentation des besoins nutritionnels et exacerbant encore l'état de dénutrition.

A noter que la fonte musculaire ne concerne pas que les personnes de petit poids. Une nouvelle catégorie d'obésité a été identifiée chez les personnes âgées : l'obésité sarcopénique, qui résulte d'un excès de poids conjugué à une fonte musculaire. Finalement, ces deux pathologies associées maximisent leurs effets sur la morbidité et la mortalité (Zamboni et al. 2008).

D'après les Hautes Autorités de Santé, qui ont compilé les résultats de plusieurs études françaises ou européennes sur la dénutrition, la prévalence de la dénutrition protéino-énergétique est de 4 à 10 % chez les personnes âgées vivant à domicile, de 15 à 38 % chez celles vivant en institution et de 30 à 70 % chez les malades âgés hospitalisés (HAS 2007). Les risques liés à un mauvais état nutritionnel sont particulièrement élevés chez les personnes déjà fragiles et de nombreux travaux ont montré depuis les deux à trois dernières décennies le rôle et l'impact de l'état nutritionnel sur les capacités fonctionnelles et la santé des personnes qui vieillissent (Bianchetti et al. 1990; Galanos et al. 1994; Ödlund et al. 2005) ainsi que sur le risque de mortalité (Wallace et al. 1995; Payette et al. 1999; Raynaud-Simon et al. 2002). Ces études ont permis la proposition de critères permettant de vieillir en bonne santé : maintenir un taux de cholestérol normal pour l'âge, une tension artérielle et un poids stables, avoir une activité physique régulière, ne pas fumer, adopter un régime alimentaire de type plutôt méditerranéen, ne pas consommer trop d'alcool, et garder le plaisir de manger (Ferry et al. 2012a). L'alimentation d'une personne âgée doit être régulière, équilibrée, appétissante, conviviale et adaptée (Lesourd et al. 2001).

Cette situation conduit à des enjeux à plusieurs niveaux : enjeux de société avec des stratégies de prévention et de prise en charge à mettre en place, enjeux économiques liés aux coûts des pathologies provoquées ou exacerbées par un mauvais état nutritionnel et enjeux pratiques. Ces derniers ne concernent pas que le monde médical et s'adressent aussi aux professionnels de l'alimentation que sont les industriels de l'agro-alimentaire et de la restauration collective ainsi qu'à la communauté scientifique s'intéressant à la qualité des aliments. Les recommandations des nutritionnistes intègrent des critères sensoriels et de plaisir alimentaire qui sont autant de défis à relever. Comment maintenir le plaisir de manger ? Quelles solutions apporter et en particulier quels aliments ? Quels aliments seraient mieux consommés ? Quelle qualité ? Que ce soit au niveau de l'alimentation dite classique ou des suppléments enrichis, se posent les questions des attentes de cette population et comment y répondre. La connaissance et la compréhension de la perception et des choix des aliments aideraient à proposer des solutions adaptées (Tuorila 2014).

2. Modifications de l'alimentation liées au comportement alimentaire lors de l'avancée en âge

Le vieillissement s'accompagne de nombreux changements, tant physiologiques que non physiologiques, susceptibles de modifier l'appétit. L'appétit recouvre trois notions : le fait de commencer à manger, le fait de s'arrêter de manger et le fait de manger ce que nous mangeons (Silverstone 1976). Selon cette définition, il gouverne le comportement alimentaire. Nous présenterons ici **des facteurs** jouant sur l'appétit et la prise alimentaire de la personne âgée, **sans prétendre être exhaustif, ni aborder l'ensemble** de ce qui impacte le statut nutritionnel de la personne âgée. Les facteurs qui jouent sur la perception des aliments seront plus particulièrement développés.

L'être humain est une machine merveilleuse ! La régulation du comportement alimentaire est liée à des mécanismes complexes susceptibles de moins bien fonctionner lorsque l'on vieillit, et tout particulièrement lorsque des pathologies apparaissent. Après avoir évoqué la régulation de la faim, le rôle des neurotransmetteurs et des fonctions cognitives, des facteurs gastro-intestinaux et des hormones, nous nous focaliserons sur les changements au niveau des perceptions chimiosensorielles. Puis nous aborderons les modifications de la santé orale et l'impact de la prise de médicaments. Nous nous intéresserons ensuite aux changements liés à l'environnement pour terminer par des modifications psychologiques.

2.1. Dérégulation de la faim

Les personnes âgées se plaignent souvent d'une baisse de la faim et de l'appétit (Rolls 1993; Hays et al. 2006). La faim et la soif sont régulées à la fois au niveau périphérique et au niveau central par plusieurs systèmes qui peuvent être détériorés avec l'âge (Hays et al. 2006). Cette dérégulation de la faim et de la soif se traduit potentiellement par une réduction de la prise énergétique en elle-même (Rolls et al. 1995), mais aussi de la variété alimentaire, pouvant conduire dans les deux cas à une perte de poids (Roberts et al. 2005).

Après une période de sous ou de suralimentation, le sujet âgé ne régule pas spontanément comme le sujet jeune sa prise alimentaire, ce qui lui permettrait soit de reprendre du poids, soit de revenir à son poids d'origine (Roberts et al. 1994; Roberts et al. 2001). Par exemple, prenons le cas d'une personne hospitalisée pour une fracture. Elle est susceptible de moins manger pendant son séjour, soit parce qu'elle a moins d'appétit, soit parce que sa position alitée est inconfortable pour la prise alimentaire, soit parce que les repas ne lui plaisent pas.

Elle quittera l'établissement en ayant perdu du poids. Si elle est jeune, elle ajustera spontanément sa prise alimentaire pendant les jours ou les semaines suivant cette hospitalisation, et retrouvera son poids normal. Une personne âgée ne modifiera pas spontanément sa prise alimentaire et risque de garder ce déficit pondéral.

Le rassasiement sensoriel spécifique est aussi affecté par l'âge. C'est l'état de satiété qui survient après avoir mangé un aliment « je n'en veux plus » sans empêcher de continuer le repas « mais je prendrais bien un petit dessert ». Elle diminue avec l'âge et conduirait à une baisse de la variété alimentaire (Rolls 1991).

Par ailleurs, la dépression du sujet âgé peut être associée à des troubles du comportement alimentaire, comme l'anorexie ou la boulimie (Hazif-Thomas et al. 2014).

2.2. Cerveau et vieillissement

Le comportement alimentaire est contrôlé par le système nerveux central, les principaux centres de contrôle du comportement alimentaire se trouvant au niveau de l'hypothalamus (Rolls 1984). Il implique l'activation de nombreux neurotransmetteurs, comme la Noradrénaline, la Dopamine et la Sérotonine ainsi que des neurones. Le cerveau est aussi un organe qui vieillit, sa masse perdant 7 à 8% au-delà de 80 ans, à raison de 50 000 neurones par jour (Elsner 2002). Le maintien des processus régulant la prise alimentaire en est affecté. Un moins bon fonctionnement chez le sujet âgé des mécanismes centraux responsables de la coordination de la régulation énergétique, peut être relié à une moins bonne détection des signaux périphériques de la satiété comme le Glucagon, la Leptine, le taux de glucose sanguin (Hays et al. 2006).

Les fonctions cognitives baissent avec l'âge, sensiblement au-delà de 75 ans (Cavanaugh 1983; Crum et al. 1993). Or, Manger est une expérience multisensorielle qui sollicite la mémoire et y est stockée (Elsner 2002). L'apparition des premiers troubles cognitifs peut par exemple se traduire par une alimentation insuffisante ou déséquilibrée (Ferry et al. 2012b). Elsner, dans sa revue, présente les différentes hypothèses de dysfonctionnement au niveau central des fonctions sensorielles. Il y discute le rôle de l'âge dans la dégradation de l'encodage et du stockage de l'information sensorielle ou de sa récupération. Les outils de mesure des capacités cognitives comme le MMSE (Mini Mental State Evaluation) (Folstein et al. 1975) permettent de détecter les premiers signes d'apparition de pathologies neurodégénératives, fortement associées à des pertes olfactives.

2.3. Facteurs gastro-intestinaux

Nous nous intéresserons ici à des facteurs susceptibles de jouer sur l'appétit et la satiété, la liste des facteurs gastro-intestinaux modifiés avec l'âge est ici loin d'être exhaustive.

Les personnes âgées ressentent une plus grande satiété que les jeunes (Sturm et al. 2004). Une vidange gastrique différée chez les personnes âgées pourrait expliquer cette observation. Ceci prolongerait d'une part la distension gastrique qui est reliée à une réduction de la sensation de faim et à une plus grande satiété et d'autre part la présence des nutriments dans la circulation, notamment le glucose qui jouent un rôle de médiateur d'arrêt de la prise alimentaire (Hays et al. 2006).

2.4. Hormones

L'âge s'accompagnerait aussi d'une modification de la production et de la détection de plusieurs hormones jouant un rôle dans la satiété. C'est le cas du Glucagon, de la Cholecystokinine impliquées dans la satiété ; de la Leptine impliquée dans la régulation de l'appétit ; de la Ghreline qui stimule l'appétit et la prise alimentaire (pour une revue, lire (Hays et al. 2006)).

2.5. Changements chimiosensoriels

2.5.1. Liens physiologiques entre perceptions chimiosensorielles et prise alimentaire

Ce que nous percevons lors de la dégustation prépare la digestion, influence nos choix d'aliments ultérieurs et module l'état de faim pour les repas suivants.

Comme le présente Schiffman dans sa revue (1997), les perceptions sensorielles préparent l'organisme à la digestion. Les stimulations sensorielles telles que les saveurs, les arômes, la texture ou la température de l'aliment sont perçues au niveau des différents récepteurs de la zone oropharyngée et stimulent le nerf vague. Ainsi est provoquée la sécrétion de composés physiologiques actifs tels que la salive, l'acide gastrique, des enzymes pancréatiques et des hormones comme l'Insuline ou le Glucagon (Giduck et al. 1987; Teff et al. 1996), qui contribueront activement à la digestion.

Plusieurs études ont également montré chez l'animal et chez l'homme qu'il y a une mémorisation des effets post-ingestifs associés à la consommation des différents aliments. Ceci permettrait à l'homme de moduler ses choix alimentaires et la taille de son repas, en fonction des caractéristiques sensorielles perçues (Schiffman 1997).

Les travaux sur la satiété et la faim pour le repas suivant associées aux caractéristiques sensorielles des repas ingérés sont rares. Warwick *et al.* ont constaté qu'un aliment plus aromatisé à composition nutritionnelle identique était plus rassasiant qu'un aliment fade (Warwick *et al.* 1993). Par ailleurs, Sawaya *et al.* (2001) ont montré une réponse glycémique plus élevée avec des aliments goûteux plutôt que fades, qui conduirait à une faim et une prise alimentaire plus importantes au repas suivant.

Enfin, le plaisir associé à la dégustation, qui est mémorisé, déclenche l'envie spécifique pour tel ou tel aliment et stimule la prise alimentaire (Berridge 2009; Rolls 2010). Le maintien du plaisir est une composante essentielle de la régulation de la prise alimentaire (Grunert *et al.* 2007). Le phénomène d'alliesthésie (qui décrit la dépendance du plaisir associé à un stimulus à l'état interne de l'organisme, notamment faim ou satiété, par exemple la diminution du caractère agréable d'un aliment avec la quantité ingérée) illustre bien en quoi les stimuli sensoriels interagissent avec la physiologie. Les odeurs alimentaires sont par exemple perçues plus plaisantes et appétentes par une personne affamée que par une personne rassasiée (Plailly *et al.* 2011).

Tous ces éléments suggèrent qu'une altération des perceptions sensorielles peut engendrer des dysfonctionnements de la régulation de la prise alimentaire, des choix d'aliments et du plaisir associé à la dégustation.

2.5.2. Capacités chimiosensorielles et vieillissement

Les déficiences sensorielles sont habituellement classées selon le sens affecté et le niveau du déficit : l'agueusie (pas de détection des saveurs), l'hypogueusie (sensibilité aux saveurs diminuée), la dysgueusie (distorsion de la perception des saveurs), l'anosmie (absence d'odorat), l'hyposmie (sensibilité aux odeurs diminuée) et la dysosmie (distorsion de l'odorat) (Schiffman 1997). La diminution des perceptions sensorielles avec l'âge a été étudiée par plusieurs auteurs. Nous présenterons tout d'abord les travaux sur l'odorat, puis sur le goût.

Les aptitudes ou capacités gustatives et olfactives sont évaluées via les seuils de détection (concentration minimale à laquelle le stimulus est perçu), les seuils d'identification (concentration minimale à laquelle le stimulus est identifié), les seuils de discrimination (écart de concentration permettant aux échantillons d'être différenciés), l'identification (les sujets doivent reconnaître le stimulus), la catégorisation (les échantillons doivent être répartis dans des classes prédéterminées).

Le vieillissement jouerait sur la sensibilité chimiosensorielle selon plusieurs mécanismes (Schiffman et al. 2000; Boyce et al. 2006). Le nombre de récepteurs olfactifs diminue, à cause d'un plus faible renouvellement cellulaire, le mucus olfactif s'assèche et des changements membranaires entraînent une altération du fonctionnement des canaux ioniques et des récepteurs gustatifs (Larsson 1996). Par ailleurs et nous le verrons plus tard, d'autres facteurs interagissent et dégradent les perceptions chimiosensorielles comme la prise de certains médicaments et l'état bucco-dentaire.

2.5.2.1 L'olfaction

Voilà maintenant plus de 50 ans que les chercheurs travaillent sur la mesure des seuils de détection (Kimbrell et al. 1963; Venstrom et al. 1968). Un seuil de détection correspond à la concentration d'une molécule à partir de laquelle la personne la perçoit. Ce n'est qu'à partir du début des années 80 que les travaux ont exploré d'autres capacités sensorielles, notamment l'identification (capacité à nommer le stimulus). Les revues de littérature étant maintenant un peu anciennes (Schiffman 1997), deux tableaux récapitulatifs des principaux articles portant sur l'olfaction sont présentés en annexes 1 et 2. Le premier recense des travaux ayant mis en œuvre la mesure des seuils de détection (annexe 1), le deuxième présente les autres travaux (annexe 2).

Les études de la littérature sont consensuelles pour montrer une baisse des capacités olfactives avec l'âge. La mesure des seuils demandant un travail de laboratoire assez lourd, de nombreux chercheurs n'ont évalué le seuil que d'un petit nombre d'odorants, dont le n-butanol souvent utilisé. Tous les travaux montrent que les personnes plus âgées (65 ans et plus) ont des seuils de détection plus élevés que les jeunes (cf annexe 1). A partir des années 80, les auteurs se sont intéressés également à d'autres capacités olfactives, comme l'intensité perçue à des niveaux supralimaires (Stevens et al. 1982; Murphy 1983) ou l'identification (Doty et al. 1984b). Comme pour les seuils, ces capacités sont moins bonnes chez les sujets âgés que chez les jeunes.

Des tests plus simples que la mesure des seuils ont été développés afin de pouvoir être déployés à grande échelle. Ces tests permettent d'utiliser plusieurs odorants, autorisant une approche plus globale de l'olfaction, même si elle porte souvent seulement sur l'identification. Nous pouvons citer principalement le **test UPSIT** (University of Pennsylvania Smell Identification Test) (Doty et al. 1984b), sa version allégée le BSIT (Brief Smell Identification Test ou aussi appelé CC-SIT Cross Cultural Smell identification Test) (Doty et al. 1996) et le **test Sniffin' sticks** (Hummel et al. 1997) qui sont des tests d'identification de 12 à 40 odeurs communes. Le test Sniffin' sticks comporte aussi une mesure du seuil du n-butanol et un test

de discrimination. Ces tests, validés grâce à des corrélations avec d'autres capacités olfactives, ont été largement utilisés par les chercheurs pour évaluer les capacités sensorielles des personnes âgées. Cependant, l'identification fait appel à des capacités cognitives plus exigeantes que la simple détection (Murphy et al. 1991) et de mauvaises performances d'identification ne révèlent pas forcément un dysfonctionnement de l'olfaction en tant que telle mais peuvent aussi être reliées à des troubles cognitifs. C'est pourquoi a été développé le **test ETOC** (European Test of Olfactory Capabilities) (Thomas-Danguin et al. 2003) qui intègre à la fois une tâche de détection et une tâche d'identification de 16 odeurs faiblement concentrées. Cette tâche de détection d'odeurs à concentrations faibles permet de différencier facilement des personnes selon la sensibilité de leur olfaction. Les différents travaux utilisant l'ETOC montrent également un effet de l'âge qui explique une baisse des performances olfactives (Gourillon-Cordelle et al. 2001; Koskinen et al. 2003b; Koskinen et al. 2005). Ces trois tests UPSIT, Sniffin' sticks et ETOC, ont été comparés dans une étude mettant en jeu 48 personnes de 15 à 84 ans et ont montré leur capacité à différencier de façon similaire les personnes anosmiques, hyposmiques et normosmiques (Koskinen et al. 2004). Dans la même étude, les sujets réalisaient une mesure d'intensité par voies orthonasale et rétronasale. L'analyse en composantes principales (ACP) conduite sur ces données a montré une bonne corrélation des trois tests sur l'axe 1, à l'exclusion du seuil du n-butanol qui est corrélé à l'axe 3, et un axe 2 qui porte l'information des mesures d'intensité.

La plupart des études évaluent les performances en voie ortho-nasale. Deux références montrent que ces performances ne sont pas forcément prédictives des capacités olfactives par voie rétro-nasale. Duffy *et al.* ont été parmi les premiers à mesurer un seuil par voie rétro-nasale d'un arôme orange qui n'est que modérément corrélé au seuil du butanol (voie ortho-nasale) et à l'identification de sept odeurs. Pour aller plus loin, la même équipe a renouvelé l'expérience en y ajoutant une tâche d'identification. Cette fois-ci, perceptions ortho-nasale et rétro-nasale étaient corrélées (Duffy et al. 1999). De même, dans d'autres travaux, la mise en œuvre du test ETOC qui a le mérite d'explorer d'avantage d'odeurs n'a pas montré une bonne corrélation avec la perception d'arômes vanille et citron, de jus de raisin et de yaourts (Koskinen et al. 2005) La mesure de l'olfaction par voie rétro-nasale est bien plus compliquée à mettre en œuvre car elle nécessite de préparer des échantillons consommables plus ou moins concentrés en arômes, mais dans le contexte d'une personne âgée susceptible de porter un dentier, elle est probablement plus pertinente (Duffy et al. 1999). Le port d'un dentier pourrait modifier la mastication et les mouvements de la langue et changer le niveau de pression. Cette pression est nécessaire pour que les composés volatils atteignent le bulbe olfactif. Il est possible aussi qu'une partie des aliments soient retenue par le dentier, ou entre le dentier et le

palais. Il est à noter toutefois que ces corrélations faibles entre performances à des tests par voie rétro-nasale et par voie ortho-nasale ont été établies sur des odorants différents, alors qu'il est connu que la variabilité individuelle de sensibilité selon les composés aromatiques est très grande (Stevens et al. 1988). Lorsque la mesure est réalisée avec les mêmes arômes dilués dans l'eau, perçus par voie orthonasale ou rétronasale, évalués pour leur intensité à des niveaux supraliminaires, la corrélation est significative et élevée (arômes vanille et citron, 48 sujets) (Koskinen et al. 2004).

La variabilité des performances est rarement étudiée ou rapportée en tant que telle (Stevens et al. 1993) mais fait pourtant l'objet de certains travaux qui montrent que la baisse de l'olfaction ne touche pas chacun de la même manière. Duffy *et al.* (1995) ont identifié ainsi 31 femmes parmi les 80 incluses dans l'étude qui gardent une olfaction normale, alors que 46 ont une baisse d'olfaction sévère.

Cette baisse des capacités olfactives avec l'âge a interpellé les scientifiques qui ont cherché les facteurs associés. L'état nutritionnel (Duffy et al. 1995; Young Kim et al. 2003) ainsi que l'état de santé général (Griep et al. 1997a) sont moins bons chez les sujets dont les capacités olfactives sont plus faibles. La dépendance est également associée à une moins bonne olfaction (tâche d'identification) (Gopinath et al. 2012). Des capacités olfactives faibles ont aussi été reliées à des capacités cognitives altérées, mais pas toutes. Si la cognition a un effet sur la discrimination et l'identification, son effet sur le seuil n'est pas avéré (Hedner et al. 2010). Dans deux suivis de cohorte, une baisse des performances d'identification des odeurs a été identifiée comme un signe précoce de la survenue de troubles cognitifs (Wilson et al. 2007) ou de la maladie de Parkinson (Ross et al. 2008). Wilson *et al.* (2011) montrent finalement que le risque de mortalité est augmenté de 36% en cas de faibles performances olfactives (là encore, tâche d'identification).

Les chercheurs se sont aussi intéressés aux populations en bonne santé et au bien vieillir. Les centenaires ont fait notamment l'objet d'études particulières. Doty *et al.* (2011) ont inclus 91 centenaires et 1131 jumeaux âgés pour mesurer l'impact de la génétique et de l'environnement sur les capacités à identifier les odeurs. Ces travaux confirment l'influence de l'âge sur les performances d'identification. Elsner (2001) a évalué le seuil de détection de l'alcool phényléthylique et du menthol, les capacités discriminatives avec 10 paires d'odeurs et l'identification de 10 odeurs chez 21 centenaires. Il constate que les performances sont meilleures qu'attendues pour cette tranche d'âge et suggère que les études sur l'influence du vieillissement sur l'olfaction n'ont pas assez pris en compte des facteurs comme les maladies, la démence et les pathologies habituellement associées à l'âge dont les centenaires ont été préservés. Nordin et al (2012) se sont demandé si les baisses des capacités olfactives étaient

inévitables avec l'avancée en âge. Ils ont sélectionné 16 personnes âgées en bonne santé considérées comme « vieillissant avec succès » (successfully aged) et les ont comparées à 16 jeunes. Le seuil de détection de la Pyridine et les fonctions psychométriques de détection se sont révélés très proches entre les deux groupes. Les auteurs concluent que les pertes de capacités olfactives pourraient être liées plutôt à des facteurs secondaires du vieillissement comme une santé déclinante ou des fonctions cognitives altérées, qu'à l'âge en tant que tel.

Quelles conclusions tirer de cette revue de la littérature pour aller plus loin ? La première serait que se contenter des capacités d'identification ne permet pas d'explorer les différentes facettes de la baisse de l'olfaction associée à l'âge. Par ailleurs, l'utilisation d'odorants à concentrations faibles peut exacerber l'échec des personnes dont la sensibilité est altérée et ne rendre compte que partiellement de ce que les sujets ressentent au quotidien. La voie rétro-nasale a été également peu étudiée, car difficile à mettre en œuvre expérimentalement mais mériterait plus d'attention. Plusieurs travaux montrent l'intérêt d'autres facteurs associés à l'âge pour expliquer les baisses de performances, ce qui justifie une approche pluridisciplinaire. Enfin, l'étude du vieillissement par un suivi de cohorte dans le temps est bien plus efficace si l'on souhaite détecter de façon précoce les modifications qui précèdent la survenue de la pathologie ou de la fragilité. Ceci demande des budgets importants et à long terme, peu compatibles avec les modes de financement par projets de 3 ou 4 ans. Quelques auteurs ont pu le mettre en œuvre mais seules des capacités d'identification ont été évaluées à ces occasions (Murphy et al. 2002; Wilson et al. 2007; Ross et al. 2008; Wilson et al. 2011). Quand un suivi dans le temps n'est pas possible, les conclusions sur les effets de l'âge doivent être tirées avec beaucoup de précautions notamment quand les effectifs de sujets sont faibles car nous devons faire face à de nombreuses variables colinéaires.

2.5.2.2 La gustation

Le sens de la gustation est également altéré avec l'âge, comme le montrent la plupart des travaux ayant porté sur ce sujet, même si les résultats ne sont pas aussi convergents que pour l'olfaction. Methven *et al.* (2012) ont réalisé une méta-analyse à partir de 69 articles scientifiques sur l'effet de l'âge sur la détection gustative. Quarante articles portaient sur les seuils de détection et les données de vingt-trois d'entre eux ont pu être intégrées dans la méta-analyse, dix-huit sur les seuils d'identification et vingt-cinq sur les perceptions d'intensité.

Sur les vingt-trois articles présentant des études de seuils, vingt montrent une augmentation significative des seuils avec l'âge. 80% des études mesurent une augmentation des seuils pour les saveurs salées et acides, 70% pour les saveurs amères et sucrées. Cependant, sur les dix

études sur le sucré retenues par Methven *et al.* dans leur méta-analyse, quatre d'entre elles ne trouvent pas d'effet de l'âge sur les seuils de gustation.

Il est à noter que si l'on simplifie la gustation à cinq saveurs fondamentales, il est maintenant connu qu'il y a probablement une étendue de ces saveurs au-delà des cinq saveurs de base, liée à l'activation d'une large gamme de canaux ioniques, récepteurs et seconds messagers associés aux membranes des cellules du goût (Schiffman 2000). Plusieurs auteurs se sont intéressés à différentes molécules responsables d'une saveur, comme plusieurs sels, ou plusieurs acides (Schiffman *et al.* 1995; Mojet *et al.* 2001).

Si l'effet de l'âge est reconnu dans la plupart des travaux sur les seuils de détection, les valeurs mesurées varient beaucoup selon les études de 4,9 à 58 nM par exemple pour le sel NaCl. Ceci est vrai pour les quatre saveurs salée, acide, amère et sucrée, l'umami n'ayant été étudié que par deux équipes.

Les méthodes et procédures mises en œuvre pour la mesure des seuils de détection diffèrent beaucoup selon les auteurs, ce qui peut expliquer les écarts dans les résultats. L'effectif des sujets, notamment, varie de 12 à 761. Les tranches d'âge étudiées, les ratios hommes / femmes, le port de dentiers et l'inclusion de fumeurs ou non peuvent aussi expliquer la dispersion des résultats. Les méthodes utilisées divergent également selon les auteurs. Les résultats les plus robustes sont issus de protocoles mettant en œuvre des tests de différence type AFC (Alternative Forced Choice où le dégustateur doit obligatoirement faire un choix parmi deux, trois ou quatre échantillons), avec la méthode des pas d'escaliers. Certains auteurs ont utilisé des méthodes plus simples où les échantillons sont présentés en monadique et le sujet doit dire s'il sent de l'eau ou autre chose. Ces procédures ont le mérite de limiter le nombre d'échantillons dégustés, et d'être moins fatigantes, mais les évaluations de seuils sont alors moins précises et robustes. On obtient plutôt dans ce cas une valeur approchée de la sensibilité si plusieurs concentrations sont testées.

Les seuils d'identification ont également fait l'objet de recherche dans dix-huit articles retenus par l'équipe du Dr Methven. Dix-sept constatent une augmentation des seuils de détection avec l'âge. La principale conclusion à retenir de cette méta-analyse est que les perceptions gustatives déclinent avec l'âge.

Comme pour l'olfaction, très peu d'auteurs ont utilisé des saveurs dans des aliments ou des boissons pour évaluer les seuils. En revanche, l'intensité perçue dans les boissons et des aliments est plus souvent étudiée, notamment dans des études où l'on cherche à renforcer la flaveur d'un aliment (voir chapitre 4).

Les chercheurs ont tenté d'associer les déficits gustatifs chez les personnes âgées avec d'autres facteurs comme l'état nutritionnel ou l'état de santé. L'association entre les pertes olfactives et

gustatives sont bien connues par les médecins dans les maladies chroniques, plus susceptibles de concerner la population âgée (Henkin et al. 2013). Imoscopi *et al.*, dans leur revue citent l'usage de médicaments, la déficience en Zinc et les maladies orales ou systémiques comme les facteurs les plus communs de perte de goût (Imoscopi et al. 2012). La santé bucco-dentaire est aussi associée à de moins bonnes capacités gustatives, le goût acide plutôt associé à la présence d'une population bactérienne élevée et les goûts sucré et salé impactés par le syndrome de la bouche sèche (Solemdal et al. 2012). Toffanello *et al.* ont comparé un groupe de personnes âgées autonomes (n=41, âge moyen 74 ans) à un groupe de personnes âgées hospitalisées (n=55, âge moyen 83 ans) pour les seuils de reconnaissance des quatre saveurs sucrée, salée, acide et amère, le statut fonctionnel, l'état nutritionnel, la santé cognitive et l'état de santé général (Toffanello et al. 2013). Les personnes hospitalisées se sont montrées significativement moins performantes pour la reconnaissance acide, les facteurs âge, prise de médicaments et état nutritionnel expliquant cette différence. On peut cependant regretter dans cette étude la colinéarité entre l'âge et l'état de santé des sujets.

Les centenaires ont également fait l'objet d'un intérêt spécifique : Motta *et al.*, dans une étude italienne multicentrique ont inclus 126 centenaires (100 femmes et 26 hommes, âge moyen 102 ans) et 100 personnes âgées mais plus jeunes (52 femmes et 48 hommes, âge moyen 70 ans) (Motta et al. 1998). Les saveurs étaient diluées dans l'eau à une seule concentration, entrecoupées de blancs, et les participants devaient répondre s'ils sentaient une saveur, et si oui, la quelle. Si les « jeunes âgés » ont correctement détecté les stimuli à 84%, ils ne sont plus que 74% chez les centenaires. Le taux de performance pour l'identification décroît nettement plus fortement chez les centenaires n'atteignant que 49% de réponses correctes contre 70% chez les plus jeunes. Les auteurs concluent cependant à une relative bonne performance des centenaires, qui mérite que l'on continue à se préoccuper de la qualité sensorielle de leurs repas qu'ils perçoivent encore.

Comme pour l'olfaction, des questions restent posées à l'issue de l'étude de la littérature. Les résultats portent sur des concentrations faibles de composés sapides, alors qu'ils sont souvent présents à des niveaux bien plus élevés dans l'alimentation quotidienne (à l'exception des régimes sans sel ou peu salés peut-être trop fréquents). Travailler avec des produits alimentaires, et non des solutions, à des concentrations supraliminaires serait probablement plus prédictif, même si c'est bien plus complexe à mettre en œuvre. Etudier les facteurs associés aux pertes gustatives et leur rôle dans le comportement alimentaire et la santé des sujets nécessite un suivi de cohorte. A défaut, l'étude d'effectifs importants, avec des méthodes permettant de gérer la colinéarité des variables est nécessaire.

Compte-tenu des mécanismes physiologiques du comportement alimentaire liés aux perceptions sensorielles (cf paragraphe 2.5.1) et à la baisse des capacités avec l'âge, plusieurs auteurs se sont intéressés à la qualité sensorielle des aliments que préfèrent les personnes âgées. Ces éléments de bibliographie seront développés au début du chapitre 4. Les stratégies utilisées ont principalement concerné le renforcement des aliments par des saveurs ou des arômes, dans l'objectif que les perceptions soient plus intenses, et répondent mieux à une attente hédonique. Comme nous le verrons dans le chapitre 4, les résultats sont très variables, et semblent dépendre des sujets, et des produits. Par ailleurs, la mesure des capacités sensorielles n'était pas systématique. C'est pourquoi nous avons tenté de comparer une stratégie de renforcement sensoriel à une stratégie d'amélioration multisensorielle, et d'évaluer si elle permettait d'améliorer le niveau de satisfaction des personnes âgées, et notamment de celles dont les sensibilités gustatives et olfactives sont faibles.

2.6. Santé orale et dysphagie

Lors du vieillissement, les différentes structures et fonctions de la sphère orale se modifient, que ce soit sous l'influence de facteurs physiologiques ou environnementaux. La musculature orale, les structures osseuses, la muqueuse buccale, la production salivaire, la fréquence et l'importance des édentements vont caractériser la santé de la sphère orale (Veyrune et al. 2009). La dégradation peut être lente mais s'accélérer rapidement en cas de pathologies associées. Il a été montré que la santé orale est reliée à l'état nutritionnel chez le sujet âgé (Mojon et al. 1999). Avec l'âge, et particulièrement pour les personnes âgées d'aujourd'hui qui n'ont pas bénéficié des mêmes soins dentaires que les jeunes d'aujourd'hui, la dentition s'altère (Lesourd et al. 2001). Les personnes ayant six unités fonctionnelles ou moins (contact établi entre deux dents antagonistes) sont plus à risque de dénutrition que les autres (Mojon et al. 1999), certains auteurs établissant la limite à quatre unités fonctionnelles (El Osta et al. 2014). La mastication peut être réduite en cas de fonte musculaire, mais elle est préservée chez la personne âgée en bonne santé (Mioche 2004). Une bonne mastication permet une meilleure digestibilité et absorption des nutriments (Ranawana et al. 2010).

Des souffrances liées à la santé de la sphère orale peuvent aussi survenir et gêner la prise alimentaire.

De plus, des troubles de la déglutition peuvent apparaître car le vieillissement s'accompagne d'une moindre capacité de protusion du muscle lingual (qui s'aggrave en cas de fonte musculaire), d'une diminution de la salivation et du réflexe de toux et d'un retard à l'ouverture

de l'œsophage (Ferry 2012c). Quand ils sont graves, ils conduisent à modifier les aliments consommés pour éviter les fausses routes (textures modifiées).

Cette santé orale et le bon fonctionnement de la déglutition auront un impact direct sur la capacité du sujet à consommer différents types de texture, et impacteront son plaisir lors de la dégustation. Des textures plus faciles ne sont pas nécessairement celles qui sont préférées (Morrissey et al. 2003). Par exemple les textures pulpeuses, humides, lisses et visqueuses sont perçues comme faciles, mais ne sont pas toutes parmi les préférées. La réduction du champ de textures possibles conduira à une réduction de la variété alimentaire. L'altération de la santé orale impacte la perception des aliments, en changeant la perception de la texture (Veyrune et al. 2000; Mioche et al. 2002) et le relargage des composés aromatiques (Duffy et al. 1999).

2.7. La prise de médicaments

La multiplication des prescriptions médicamenteuses avec l'âge a des effets secondaires sur la prise alimentaire et les perceptions sensorielles. La liste des médicaments impactant le goût et l'odorat a été établie et publiée (Schiffman 1997; Doty et al. 2004; Doty et al. 2008b; Imoscopi et al. 2012). Elle concerne pas moins de 170 molécules qui touchent de nombreux domaines thérapeutiques, notamment ceux des maladies cardio-vasculaires et du diabète, sans oublier les corticostéroïdes, les psychotropes et les antibiotiques (Imoscopi et al. 2012). Certains médicaments ont aussi des effets directs sur l'appétit ou la satiété, ou un effet indirect en provoquant une sécheresse buccale (Lesourd et al. 2001). Tous ces médicaments sont fréquemment prescrits aux personnes âgées et sont susceptibles d'avoir comme effet secondaire souvent négligé, des perceptions sensorielles altérées, mais également des effets sur la prise alimentaire.

2.8. Le contexte socio-économique et la perte d'autonomie

Manger n'est pas un acte automatique inconscient, comme respirer, mais est déterminé par des facteurs culturels, sociaux et psychologiques (Rozin et al. 1982). Au cours du vieillissement, la personne fait face à des événements qui vont profondément modifier son style de vie, autant de facteurs susceptibles de jouer sur son appétit et son comportement alimentaire.

Avec l'âge, la structure du foyer est modifiée, le rythme de vie et l'environnement du repas également. Les enfants quittent le foyer, la retraite intervient et le risque de devenir veuf augmente avec l'âge. Plusieurs éléments interviendront donc au cours du vieillissement : les convives, le rôle social, les compétences culinaires, la délégation.

Il a été montré qu'il y avait une relation directe entre le nombre de convives présents et la quantité ingérée au cours d'un repas (de Castro et al. 1989). Le veuvage et l'isolement amènent à prendre ses repas fréquemment seul, ce qui conduit à repenser son alimentation (Cardon 2009). A contrario, avoir des convives imposés à sa table en maison de retraite peut rendre déplaisant le moment du repas et nuire à la prise alimentaire.

Faire à manger en solo ne va pas de soi (Cardon 2009). Pour les épouses de ces générations, ne plus faire à manger pour sa famille puis pour son mari, c'est perdre son rôle social ; l'épouse avait envie de faire à manger pour les autres, elle n'a plus envie de faire à manger pour soi. Pour les maris, c'est devoir prendre en charge une tâche pour laquelle ils n'ont pas été préparés, où les compétences manquent (Sidenvall 1999a; Quandt et al. 2000; Mattsson Sydner et al. 2007; Cardon 2009). Faire à manger pour soi seul et manger seul conduisent à une réduction des quantités ingérées et à moins de variété alimentaire (Ramic et al. 2011).

Les pertes de mobilités, les difficultés fonctionnelles ou cognitives peuvent conduire à une perte d'autonomie. Les sorties et la possibilité de faire ses courses seront limitées, ainsi que les actes du quotidien comme la préparation des repas. La délégation alimentaire, qu'elle soit délégation des courses ou délégation de la préparation des repas change profondément les habitudes. Le choix des produits est moins maîtrisé, la qualité sensorielle des plats est différente et l'alimentation s'en trouve modifiée (Cardon et al. 2009).

La perte d'autonomie effective peut être vécue différemment, selon la représentation que chacun se construit de la privation de contrôle. La perception par l'individu du contrôle qu'il a sur un comportement est la représentation de sa capacité à décider par lui-même de son propre comportement. Cette perte de contrôle peut conduire à un état dépressif et peut amener également à des formes de résistance (Alaphilippe et al. 2013). En maison de retraite, le comportement alimentaire peut aussi être une forme de protestation, pouvant même conduire au refus alimentaire (Furst 2010; Ferry 2012b).

Au-delà de ces modifications liées à l'environnement social et la perte d'autonomie, le contexte financier peut influencer fortement le bien vieillir. De très faibles revenus conduisent à réduire le montant financier consacré à l'alimentation. La consommation alimentaire est restreinte, notamment celle des produits coûteux comme la viande. Les professionnels de la livraison de repas à domicile observent souvent qu'un repas commandé sera consommé sur l'ensemble de la journée. Les soins dentaires sont moins systématiques, voire inexistants, ce qui peut conduire à un appareillage inadapté (Lesourd et al. 2001; Lesourd et al. 2013). Les aides à domicile nécessaires sont moins nombreuses, sauf si elles sont bien prises en charge. La situation devrait s'aggraver à l'avenir avec la réduction des pensions de retraite et des prises en charge.

2.9. La dépression

En parallèle des pathologies cliniques, l'anxiété et les états dépressifs sont des troubles plus fréquemment rencontrés chez les personnes âgées que chez des adultes plus jeunes. (Le Pape et al. 1999) La prévalence de la dépression est évaluée à 8 à 15% chez les personnes âgées (Alaphilippe et al. 2013). L'avancée en âge peut être associée au processus de deuil : deuil du passé, des proches, des activités et projets qui donnaient de l'intérêt à la vie. Ce processus serait associé à une forme chronique de la dépression. La privation de contrôle en cas de grande dépendance peut aussi conduire à un état dépressif d'origine institutionnelle (Alaphilippe et al. 2013).

La dépression pourrait être liée à une anhédonie olfactive (olfaction altérée pour les odeurs agréables seulement) et/ou à une alliesthésie olfactive négative (perception augmentée des odeurs désagréables) (Atanasova et al. 2010). Les patients déprimés ont perçu dans cette étude les odeurs désagréables significativement plus déplaisantes que les patients contrôles (alliesthésie olfactive négative), et n'ont pu correctement différencier que les odeurs désagréables, alors que les patients contrôles ont discriminé toutes les odeurs (anhédonie olfactive). Ces travaux sont à rapprocher de ceux de Konstantinidis *et al.* qui ont montré qu'une baisse de l'olfaction était liée à l'âge seulement pour les odeurs désagréables, mais malheureusement aucune information sur la santé psychologique des sujets n'est donnée dans l'article (Konstantinidis et al. 2006).

La dépression est aussi associée chez les personnes âgées au risque de dénutrition. Elle conduirait à une réduction des quantités ingérées, une perte de poids et une baisse de la motivation pour manger (DiPietro et al. 1992; Donini 2003; Hays et al. 2006).

2.10. Attitudes et croyances

Les attitudes et croyances influencent le comportement alimentaire. Plusieurs théories soutiennent le rôle dans le comportement alimentaire de l'émotion, de la sensibilité à des facteurs externes, quelque-soit l'état de faim ou de satiété, et du degré de restriction alimentaire consciente. Une échelle de mesure, nommée DEPBBQ (Dutch Eating Behavior Questionnaire) a été adaptée en français (Lluch et al. 1996).

De même, comme le plaisir de la dégustation et les préoccupations santé sont des prédicteurs importants pour le comportement alimentaire, Roininen et al. ont développé une échelle de mesure nommée HTAS (Health and Taste Attitudes Questionnaires) pour évaluer l'importance des caractéristiques sensorielles des aliments et des préoccupations santé dans les choix

alimentaires (Roininen et al. 1999). Ces échelles seront utilisées dans les travaux présentés dans ce manuscrit.

Une étude portant sur 31 personnes de 60 à 70 ans et 35 de 71 à 95 a permis d'identifier quatre dimensions qui gouvernaient le comportement alimentaire chez les personnes âgées (Axelson et al. 1983). La première baptisée « social adventuresome » par les auteurs regroupe le fait d'aimer recevoir ses amis ou être reçus pour un repas, d'aimer cuisiner pour les autres et d'essayer de nouveaux aliments. La deuxième : « frugal utilitarian » concerne un comportement guidé par des critères de budget et de praticité. La troisième appelée « qualitative pleasurable » est une dimension de recherche et de cuisine de la meilleure qualité pour soi, quel que soit le prix. La quatrième « nutritious healthful » révèle un intérêt pour une alimentation saine. Ces dimensions n'ont pas été influencées par l'âge des répondants et sont retrouvées dans des études portant sur des populations plus jeunes, ce qui milite pour étudier les comportements alimentaires, non par tranches d'âge mais plutôt en partant de leurs besoins.

Cette revue des modifications des facteurs impactant le comportement alimentaire avec l'avancée en âge montre bien que les perceptions sensorielles, l'appréciation et le choix des aliments sont susceptibles d'être altérés, non seulement par le vieillissement en tant que tel, mais aussi par les pathologies associées à l'âge. Ce sont des risques identifiés d'anorexie et de dénutrition. Les chercheurs ont tenté de compenser des capacités sensorielles plus faibles par des renforcements d'aliments en saveurs ou en arômes dans l'objectif d'augmenter le plaisir associé à la dégustation. Ils n'ont pour l'instant obtenu que des résultats mitigés. L'enjeu de la dénutrition justifie que des solutions soient trouvées quand la préparation des repas est déléguée.

Ce qu'il faut retenir

D'après l'état de l'art, de nombreux changements liés au vieillissement peuvent modifier le comportement alimentaire. Les perceptions sensorielles diminuent avec l'âge et sont impliquées dans des phénomènes physiologiques de régulation de la faim et de l'appétit. Certains facteurs comme la prise de certains médicaments, la dépression et la cognition impactent également les perceptions sensorielles.

L'état de santé physique, psychologique et cognitive ainsi que le contexte sociologique et la délégation culinaire sont susceptibles d'impacter le comportement alimentaire, plus ou moins fortement selon les individus.

Tous ces facteurs modifiés avec l'âge sont susceptibles d'être responsables d'une perte de plaisir alimentaire.

3. Problématique et hypothèses

3.1. Précision du champ disciplinaire de la thèse

Le champ disciplinaire de la thèse couvre les sciences de la perception sensorielle et des préférences alimentaires, ou autrement nommées sciences du sensoriel et du consommateur. C'est un champ que les anglo-saxons appellent également « food acceptability » (appréciation des aliments). Selon Frijters qui rapporte les travaux du Dr Roland Harper, différentes approches peuvent être mises en œuvre dans ce champ disciplinaire (Frijters 1988) :

- . L'étude des sensibilités sensorielles, incluant le goût, l'odorat et leurs relations aux habitudes alimentaires et les préférences.
- . La mesure des habitudes alimentaires en tant que telles, comme source d'information régionale, nationale...
- . L'établissement des principales dimensions affectant les réponses des hommes aux aliments. Ceci inclue une approche descriptive, l'expertise produits, physique, chimique, biochimique et la collecte d'informations sur les préférences et les rejets.
- . L'étude des facteurs jouant sur des changements spontanés d'habitudes ou de choix alimentaires.
- . L'étude des facteurs associés à des changements volontaires d'habitudes alimentaires, par exemple ceux liés au respect de prescriptions de type nutritionnel.
- . L'étude de l'interdépendance de ces différents facteurs cités plus haut.

Il faudrait aujourd'hui élargir les facteurs étudiés au niveau individuel aux traits de personnalité, aux effets de contexte et à l'impact des apprentissages, ainsi qu'à des facteurs sociologiques comme la culture, l'environnement et le niveau social. Ces facteurs impactent grandement les réponses d'un être humain à un aliment.

Les travaux présentés ici couvrent les perceptions sensorielles, les préférences alimentaires et les rejets, et leurs liens avec l'état nutritionnel et de santé des personnes âgées. L'étude des perceptions et des préférences offre des outils qui permettent d'explorer les déterminants des choix alimentaires et leurs conséquences sur la santé, et prend tout son intérêt dans un champ pluridisciplinaire (Tuorila 2014).

3.2. Problématique, hypothèses et questions de recherche

Les travaux de la littérature montrent clairement que les perceptions olfactives sont affectées lors de l'avancée en âge. La plupart des études ont également identifié de moins bonnes

capacités gustatives chez les personnes âgées que chez les plus jeunes. De nombreux facteurs sont susceptibles d'interagir avec les perceptions, notamment la prise de médicaments et certaines pathologies. Ces facteurs sont très variables au sein de la population âgée, étant directement reliés à l'histoire personnelle des sujets. La population elle-même présente une forte hétérogénéité, ne serait-ce que par son niveau de dépendance, qui se traduit par le niveau d'aide que les personnes reçoivent. Certaines personnes vivent à domicile sans aide, certaines autres ont besoin d'aide à domicile et cette aide peut prendre des formes très variées (aide aux courses, aide au ménage, aide à la toilette, aide à la préparation des repas, portage de repas), et d'autres encore sont hébergées en EHPAD et font partie de celles qui délèguent le plus les tâches quotidiennes. Ce degré de dépendance n'est pas lié qu'à l'âge, mais très souvent à des pathologies associées qui fragilisent la personne. Le niveau des capacités chimiosensorielles et les préférences alimentaires sont susceptibles d'influencer le comportement alimentaire, notamment dans un contexte contraint quand il y a délégation culinaire, et pourraient jouer sur l'état nutritionnel de la personne.

La problématique à laquelle nous allons tenter de répondre est la suivante : **Quelle est la variabilité des capacités sensorielles et des préférences alimentaires au sein d'une population âgée de niveaux de dépendance et d'âges variés et comment est-elle reliée au statut nutritionnel et à l'appréciation des produits?**

Nous pouvons faire l'hypothèse que la variabilité des parcours personnels se traduit par une variabilité des perceptions chimio-sensorielles, l'âge et les pathologies associées à la dépendance jouant un rôle. Cette variabilité au sein de la population a rarement été étudiée en tant que telle, et c'est pourquoi la première question de recherche à laquelle nous essaierons de répondre est :

Quelle est la variabilité des perceptions olfactives et gustatives au sein de la population âgée ?

De nombreux facteurs physiologiques et non physiologiques sont susceptibles de modifier les préférences et les choix alimentaires. Les préférences alimentaires sont rarement étudiées en tant que telles, les travaux portant plutôt sur les prises alimentaires dans un objectif d'évaluation nutritionnelle. Il est probable que lorsque la personne âgée devient dépendante pour son alimentation, les aliments consommés diffèrent des aliments qu'elle souhaiterait consommer. S'intéresser aux préférences alimentaires permettrait de mieux proposer les produits et recettes qui plaisent aux personnes dépendantes. Nous formulons deux hypothèses : tout d'abord qu'il existe une grande variabilité des préférences au sein de la population âgée, et ensuite qu'il est possible d'explorer les préférences grâce à trois outils :

l'exploration des rejets, du style culinaire, et du menu préféré La deuxième question de recherche est la suivante :

Quelle est la variabilité des préférences et des choix alimentaires au sein de la population âgée ? Quels outils pour les mesurer ?

Il est important de ne pas oublier que le risque majeur associé à une dérégulation du comportement alimentaire chez la personne âgée est la dénutrition. Compte-tenu du nombre important de facteurs susceptibles de modifier le comportement alimentaire avec l'avancée en âge, une approche pluridisciplinaire semblerait nécessaire. Les champs disciplinaires concernés sont ceux de la santé et de la nutrition, de la sociologie, de la psychologie et du sensoriel. Or, l'étude des facteurs associés au risque de dénutrition a rarement fait l'objet d'une approche pluridisciplinaire, les travaux portant généralement sur l'impact d'un seul facteur comme la dépression ou la santé orale par exemple sur la dénutrition. Certains travaux ont associé plusieurs champs disciplinaires mais sans prendre en compte les préférences, les attitudes vis-à-vis de l'alimentation, et les capacités sensorielles (Saka et al. 2010; Vanderwee et al. 2010; Landi et al. 2013; van Bokhorst-de van der Schueren et al. 2013). De plus, les études portaient sur des populations spécifiques, soit vivant à domicile, (Ji et al. 2012; van Bokhorst-de van der Schueren et al. 2013) soit vivant en EHPAD (Landi et al. 2013). Compte-tenu des phénomènes physiologiques de régulation du comportement alimentaire qui impliquent les perceptions chimiosensorielles, quelques auteurs ont cherché à mesurer l'impact des capacités sensorielles sur des variables de santé, prises le plus souvent séparément (statut nutritionnel, ou capacités cognitives, ou dépression, ou état général, ou survie). De même, ils n'ont pas intégré de façon large des facteurs étudiés dans plusieurs champs disciplinaires. Afin de mesurer le poids effectif des variables sensorielles sur le risque de dénutrition, il est important d'évaluer d'autres facteurs qui risquent d'être colinéaires, comme la dépression, ou l'état de santé orale par exemple.

Notre hypothèse est qu'il existe au sein de la population âgée des groupes de statuts nutritionnels différents et que des capacités sensorielles plus faibles et moins d'intérêt pour l'alimentation caractérisent des segments de personnes dont le statut nutritionnel est plus faible. Pour la vérifier, compte-tenu de l'origine multifactorielle de la dénutrition, il est nécessaire d'évaluer les sujets sur des variables issues de champs disciplinaires différents : sensoriel, comportement alimentaire, sociologie, psychologie, nutrition et santé. La troisième question de recherche est par conséquent la suivante :

Dans cette population, comment sont associés à l'état nutritionnel des facteurs issus de différents champs disciplinaires, incluant capacités et préférences sensorielles ?

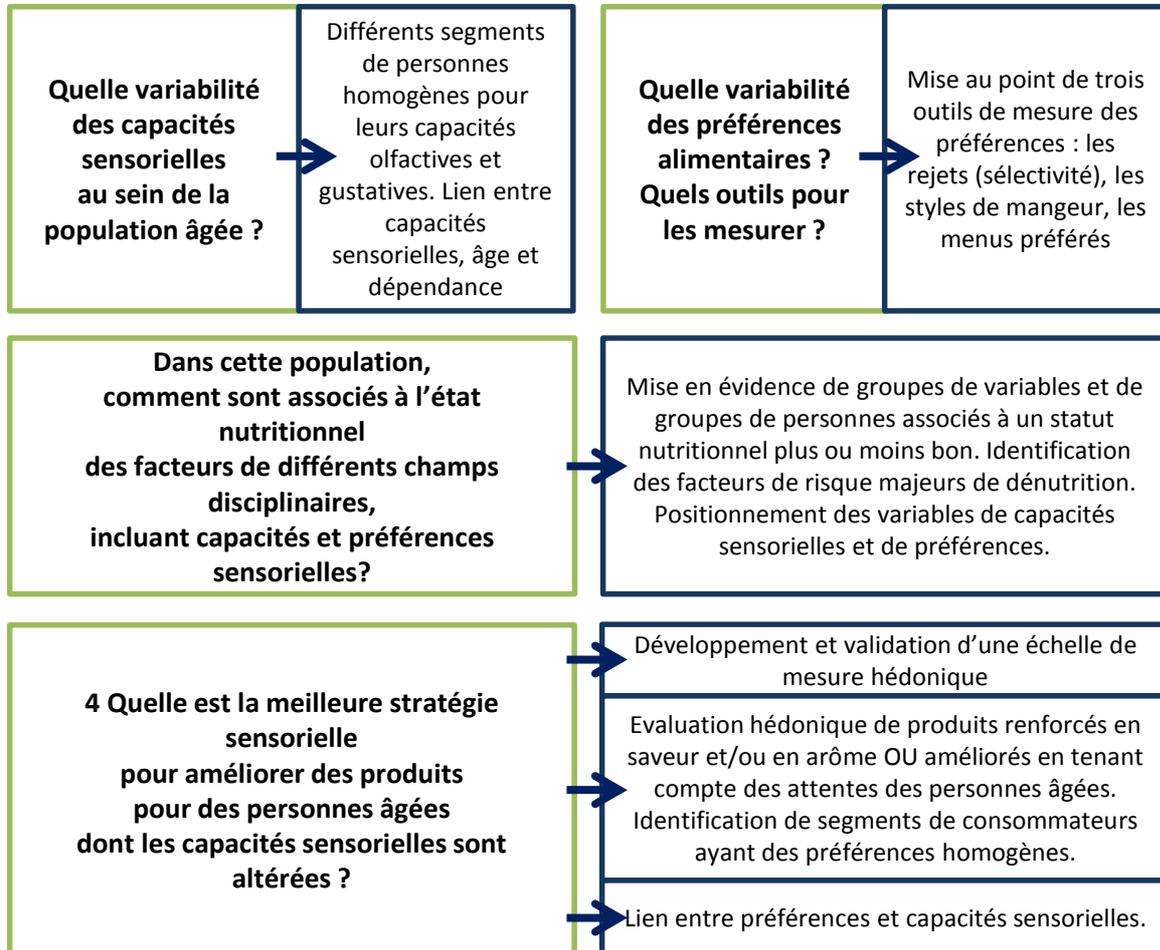
L'enjeu du maintien du plaisir de manger dépend aussi de la qualité des produits eux-mêmes. Dans l'objectif de compenser des perceptions plus faibles des stimuli sensoriels, un certain nombre d'auteurs ont proposé de présenter des variantes "renforcées" d'aliments, c'est-à-dire des variantes présentant un composé sapide ou aromatique à une concentration supérieure à celle du produit standard. Cette option, qui s'impose aux sujets, ne tient pas compte de leurs attentes, mais c'est encore la stratégie la plus fréquemment proposée d'amélioration des produits. Dans les processus classiques d'amélioration des produits en agro-alimentaire, l'étude des attentes des consommateurs est un gage de réussite. Une première hypothèse est que des méthodes de mesures sensorielles hédoniques peuvent être adaptées aux personnes très âgées et dépendantes, non démentes. Une deuxième hypothèse est que développer des produits en tenant compte des attentes exprimées par les personnes âgées est plus efficace que tenir compte des capacités sensorielles. La quatrième question de recherche est :

Quelle est la meilleure stratégie sensorielle pour améliorer des produits pour des personnes âgées dont les capacités sensorielles sont altérées ?

Un schéma général de la problématique et des questions de recherche est présenté en Figure 2. La problématique générale figure en tête de la figure, puis sont posées les quatre questions de recherche (rectangles entourés en vert). Les résultats attendus sont présentés dans les rectangles bleus.

Figure 2 Problématique de la thèse

Quelle est la variabilité des capacités sensorielles et des préférences alimentaires au sein d'une population âgée de niveaux de dépendance et d'âges variés et comment est-elle reliée au statut nutritionnel et à l'appréciation des produits?



3.3. Les dispositifs expérimentaux : le projet AUPALESENS

Ces questions de recherche font partie de celles qui ont été posées au sein du projet AUPALESENS. Ce projet a cherché dans un premier temps à explorer plusieurs facteurs de risque de dénutrition dans une enquête pluridisciplinaire réalisée auprès de personnes de plus de 65 ans que j'ai coordonnée. Au-delà de l'âge, nous avons fait l'hypothèse que le degré de dépendance était une variable qui permettrait de mieux séparer les personnes âgées en groupes homogènes. Le vieillissement ne nous touche pas tous de façon égale et certaines personnes très âgées sont en meilleure forme que d'autres beaucoup plus jeunes. Dans cette enquête, les sujets ont été recrutés selon leur degré de dépendance, des personnes de plus de

65 ans vivant à domicile sans aucun besoin d'aide, jusqu'à celles qui vivent en EHPAD. Les questionnaires intégraient des variables issues de champs disciplinaires différents (sociologie, psychologie, nutrition, santé, sensoriel). Il a été ainsi possible d'étudier par discipline l'impact des différents facteurs sur le risque de dénutrition pour terminer par une segmentation de la population enquêtée en profils plus ou moins à risque de dénutrition. Les trois premières questions de recherche ont été traitées grâce aux données de cette enquête.

La deuxième partie du projet AUPALESENS que j'ai coordonnée visait à développer des recettes améliorées. Ces recettes correspondaient à un repas : un plat principal, du pain et du fromage, un dessert. Elles étaient adaptées à une alimentation en texture normale ou en texture modifiée, afin que les deux populations recevant ce type de repas puissent en bénéficier dans les phases ultérieures du projet. Le travail a été réalisé en interaction entre les équipes sensorielles qui ont recueilli les attentes des consommateurs et validé l'appréciation des produits une fois développés, et les équipes industrielles qui ont développé différentes recettes selon le cahier des charges. La dernière question de recherche est traitée à l'aide de ces données de tests produits. A l'issue de cette deuxième partie d'AUPALESENS, deux variantes par produit ont été choisies : une variante standard et une variante améliorée afin d'être testées en repas en EHPAD dans la dernière partie du projet.

Dans la suite du projet AUPALESENS, l'effet du contexte du repas sur la satisfaction et la prise alimentaire en EHPAD a été étudié. Puis les meilleures variantes et les meilleures situations de contexte ont été testées au cours de repas en EHPAD afin de vérifier si de meilleures conditions (aliments ou contexte) permettaient d'augmenter la prise alimentaire. L'appréciation et la consommation dans un contexte normal de repas ont alors pu être mesurées. Ces résultats ne seront ni présentés, ni discutés dans ce document.

3.4. Schéma général de la thèse

Cette thèse comprend à la fois des articles publiés ou en cours de publication, et des parties présentant des résultats n'ayant pas encore fait l'objet d'une démarche de publication.

Le document, après avoir présenté le contexte, l'état de l'art et la problématique se poursuit par trois grandes parties de résultats. Chaque question de recherche posée fait l'objet d'un ou deux paragraphes.

La première grande partie de résultats (chapitre 2) vise à présenter la variabilité de la population âgée au niveau des capacités olfactives et gustatives et des préférences alimentaires. Elle répond aux trois premières questions de recherche.

La première question : « **Quelle est la variabilité des perceptions olfactives et gustatives au sein de la population âgée ?** » fait l'objet d'un article soumis à Chemical Senses. intitulé **Evidence for different patterns of chemosensory alterations in the elderly population : impact of age versus dependency.** Nous avons reçu les remarques des rapporteurs auxquelles nous avons répondu et une nouvelle version vient d'être soumise. Cet article est présenté dans le paragraphe 2 du chapitre 2.

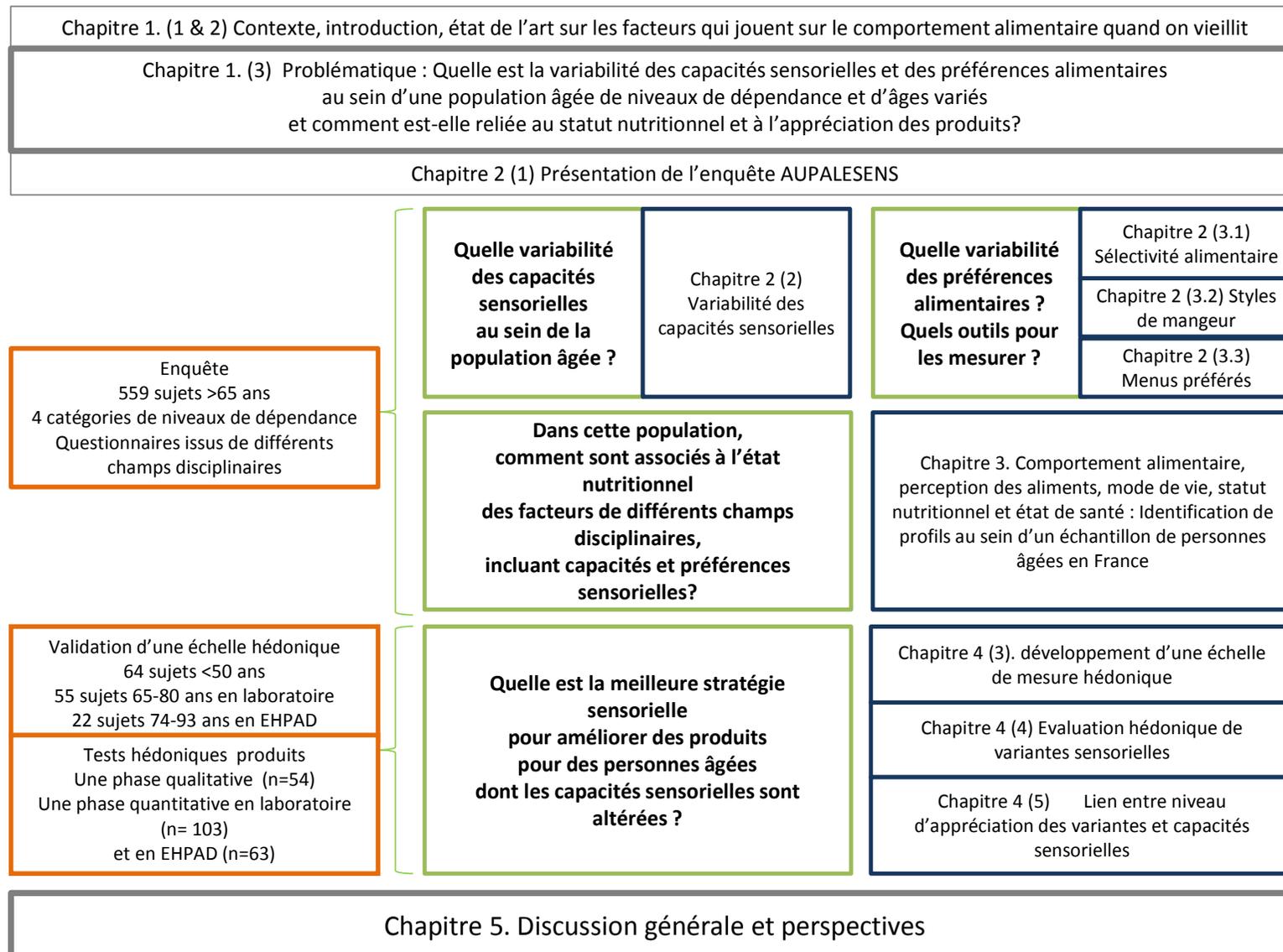
La deuxième question de recherche « **Quelle est la variabilité des préférences et choix alimentaires au sein de la population âgée ? Quels outils pour les mesurer?** » est traitée au travers d'un article publié dans Food Quality and Preference intitulé **Food pickiness in the elderly : relationship with dependency and malnutrition,** et de deux chapitres présentant les styles de mangeurs et le choix des menus préférés (paragraphe 3 du chapitre 2). Le chapitre 3 répond à la troisième question de recherche « **Dans cette population, comment sont associés à l'état nutritionnel des facteurs de différents champs disciplinaires, incluant capacités et préférences sensorielles ?** » avec un article qui sera soumis prochainement dans PLOS ONE.

La quatrième et dernière question de recherche « **Quelle est la meilleure stratégie sensorielle pour améliorer des produits pour des personnes âgées dont les capacités sensorielles sont altérées ?** » est traitée dans le chapitre 4. Après une présentation de l'état de l'art, une première partie présente la méthodologie validée de mesure hédonique. Il s'agit d'un chapitre de livre accepté qui s'intitule **Sensory testing in new product development : working with older people** et qui intègre cette phase de validation d'échelle. Puis, les résultats des évaluations des variantes produits renforcées ou améliorées seront présentés ainsi que le lien entre capacités sensorielles et appréciations des variantes (paragraphe 4 et 1 du chapitre 4).

Une discussion générale portant sur l'ensemble des travaux terminera le manuscrit.

Afin de mieux suivre la structure du document, un schéma général présente les questions de recherche (encadrés verts), les dispositifs expérimentaux (encadrés orange) et les chapitres associés (encadrés bleus). Placé ci-dessous, il est également disponible sous forme de signet vous permettant de vous y référer autant que de besoin.

Figure 3, Schéma général de la thèse et plan du manuscrit





Chapitre 2.

Quelle variabilité au sein de la population âgée ?

Le grand nombre de facteurs susceptibles d'influencer le comportement alimentaire au cours du vieillissement justifie de mettre en œuvre une démarche pluridisciplinaire. Après avoir présenté l'enquête AUPALESENS, nous explorerons les résultats de l'évaluation des capacités sensorielles et leurs liens avec les préférences alimentaires et le plaisir de manger.

1. Description de l'échantillon et principales variables caractéristiques

1.1. Matériel et Méthodes

1.1.1. Les sujets et la stratification de l'échantillon

L'enquête AUPALESENS a été réalisée en 2011 dans quatre villes : Angers, Brest, Dijon et Nantes par 6 enquêteurs qualifiés. Une stratification a priori en fonction du niveau de dépendance nous a permis d'obtenir une représentativité suffisante de différentes catégories de dépendance dans notre échantillon. Toutes les personnes recrutées ont plus de 65 ans et un niveau cognitif considéré comme suffisant pour répondre à un questionnaire (**Mini Mental state MMSE** supérieur à 20) (Folstein et al. 1975). Ne sont donc pas représentées dans cette étude les personnes âgées atteintes de démence. Ont été exclus les sujets présentant des pathologies diabétiques, cardiaques ou de l'hypertension non stabilisées par un traitement, ayant un régime sans sel strict prescrit par un médecin, présentant des allergies alimentaires, ayant subi une opération ou un traumatisme susceptible d'affecter les sens gustatifs et olfactifs (opération de la face ou du cerveau, traumatisme facial ou crânien), ayant des problèmes de santé susceptibles d'affecter les sens olfactifs tels que le rhume des foins, des sinusites, de l'asthme ou des problèmes respiratoires sévères (exclusion si rhume des foins ou sinusite en phase aiguë), souffrant d'un épisode pathologique aigu au moment du test.

Le protocole a été soumis et approuvé par le comité d'éthique (CPP Est I, Dijon, #2010/26 ; AFSSAPS #2010-A00536-33). Tous les participants ont reçu une information orale et écrite sur l'étude avant de signer un formulaire de consentement.

Quatre catégories de recrutement ont été considérées :

- La catégorie 1 inclut des personnes vivant à domicile et ne nécessitant aucune aide (289 personnes).
- La catégorie 2 inclut des personnes vivant à domicile, nécessitant une aide sans rapport avec l'alimentation (ménage, toilette, jardinage) (74 personnes).

- La catégorie 3 inclut des personnes vivant à domicile, nécessitant une aide pour leur alimentation (ayant besoin d'aide pour les courses, la préparation des repas, ou bénéficiant de portage de repas) ou vivant dans des structures spécifiques (foyer logement) (101 personnes).
- La catégorie 4 inclut des personnes vivant en Etablissements d'Hébergement pour Personnes Agées Dépendantes (EHPAD) (95 personnes).

La catégorie 1 a été surreprésentée dans l'objectif de pouvoir les réinterroger ultérieurement.

Les critères d'échantillonnage ont intégré des critères de genre et de situation maritale pour les catégories 1 et 2, à partir des statistiques existantes (INSEE 2007; INSEE 2008). Seul le critère de genre a été considéré pour les catégories 3 et 4. Les lieux d'enquête ont été répartis en fonction du type de quartier (densité de personnes de 65 ans et plus, type d'habitat, niveau sociologique...), l'idée sous-jacente étant d'obtenir une diversité du niveau de revenus, sans qu'il soit un critère d'échantillonnage en tant que tel. 10% des personnes interrogées ont des revenus inférieurs à 900 € par personne, mais ce taux atteint 18% en catégorie 3 (Tableau 1). Cette variable n'a pas été recueillie en EHPAD.

Il a été plus difficile de recruter des hommes et des personnes vivant en couple. L'échantillon compte 31% d'hommes et 69% de femmes contre 41% et 59% dans la population française de plus de 65 ans. Les personnes de plus de 80 ans sont surreprésentées (47% dans l'échantillon contre 32 % dans la population (INSEE 2010)), ce qui répondait au souhait d'étudier des personnes très âgées potentiellement plus à risque de dénutrition. Ces personnes très âgées sont moins nombreuses parmi le groupe des autonomes (catégorie 1), la survenue de la dépendance étant liée à l'avancée en âge. Les personnes seules sont également surreprésentées : 74% des femmes et 33% des hommes vivaient seuls (pour 56% et 24% dans la population). Les objectifs initiaux d'étudier l'effet de la dépendance sur le comportement alimentaire et d'identifier des facteurs de risque pour l'état nutritionnel justifient ces spécificités d'échantillonnage.

1.1.2. Les mesures

Il est à noter que des choix ont dû être faits au sein de chaque discipline pour éviter que l'entretien soit trop long et fatigue les personnes interviewées. Chaque enquêteur passait de une à deux heures avec chaque sujet, au cours de deux séances rapprochées. Certains questionnaires ont été réduits, d'autres abandonnés afin de pouvoir couvrir toutes les dimensions souhaitées : sociologiques, psychologiques, sensorielles et relatives à la santé et la nutrition.

Ne sont présentées ici qu'une partie des mesures réalisées au cours de l'enquête.

L'**IADL (Instrumental Activities of Daily Living Scale)** à 8 questions a été choisi pour évaluer l'autonomie dans les activités quotidiennes (téléphoner, faire la lessive, cuisiner, faire les courses, faire le ménage, se déplacer, gérer ses médicaments et son budget) (Lawton et al. 1969). Un score de 8 indique un niveau complet d'autonomie. Le choix de l'IADL a été fait ici car les sujets devaient répondre à un questionnaire et l'IADL est plus adapté que l'ADL pour mesurer des capacités intellectuelles à « faire ».

Le **Short Physical Performance Battery (SPPB)** (Guralnik et al. 1994) est un score sur 12 points qui inclue la mesure de la vitesse de marche, de lever de chaise et de la capacité à tenir en équilibre.

Le **nombre de pathologies** est complété par un score de **gravité des pathologies**, qui a été créé pour cette étude. Il fait la somme de cinq index évaluant l'impact des pathologies sur la forme physique, l'alimentation, la fatigue, le moral et les douleurs.

Le **Mini Mental State Examination (MMS ou MMSE)** évalue les capacités cognitives : des scores supérieur ou égal à 25 sur 30 indiquent une cognition normale, des scores entre 21 et 24 reflètent une légère atteinte de la cognition.

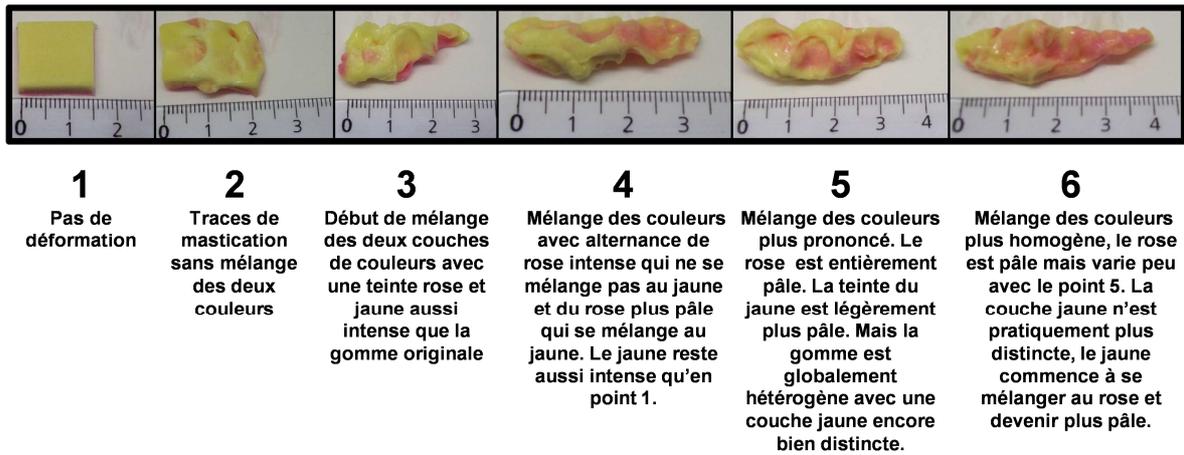
La dépression a été mesurée grâce à l'échelle **Geriatric Depression Scale (GDS)** (Sheikh 1986; Bourque et al. 1990; Mitchell et al. 2010) qui inclut 15 questions auxquelles les sujets devaient répondre par oui ou non. Les scores peuvent varier de 0 à 15, les scores élevés indiquant un état plus dépressif. Les seuils considèrent qu'un score de 5 à 10 concerne des personnes à risque de dépression, et dépressives au-delà de 11 (Yesavage et al. 1983).

Le **Mini Nutritional Assessment®(MNA)** (Guigoz et al. 2002) a été évalué pour tous les sujets. Il s'agit d'un outil de mesure validé qui identifie sur une échelle à 30 points les personnes dénutries (score < 17), les personnes à risque de dénutrition ((score entre 17 et 23.5) et les personnes correctement nourries (score >23.5). Il inclut 18 questions qui portent sur quatre dimensions : anthropométrique avec la mesure de l'Indice de Masse Corporelle (IMC), évaluation globale, évaluation diététique et évaluation subjective de son état de santé.

Le **test de mastication** vise à étudier l'efficacité de la mastication. Il s'agit de mâcher 10 fois une gomme à mâcher bicolore. La gomme est examinée et un score d'efficacité sur 6 points est donné selon la façon dont les deux couleurs se sont mélangées (Figure 4). Plus le chewing-gum est homogène, plus l'efficacité masticatoire est considérée comme bonne et plus le score est élevé.

Les difficultés à manger ont été recueillies au travers de la question suivante : « pour vous manger est ? très difficile, difficile, pas vraiment facile, facile, très facile ». Puis les sujets ayant répondu de « très difficile » à pas vraiment facile » ont été regroupés et ont un score 1, les sujets trouvant que manger est facile ou très facile ont été regroupés et ont un score de 0.

Figure 4 échelle d'efficacité de la mastication



Deux outils d'Aupalesens nous permettent d'approcher la dimension de **plaisir** quand on mange.

Le premier outil est la mesure de la **satisfaction pour ses repas**. Pour évaluer si les personnes sont satisfaites de leurs repas, une question générale était posée : « que pensez-vous de vos repas » ? Pour quatre situations : 1. Repas préparé par vous ou votre conjoint, 2. Repas préparé par votre aidant, 3. Repas qui vous est livré, 4. Repas de l'EHPAD. Les personnes donnaient leur évaluation sur une échelle à 5 points de "je n'aime pas du tout" à "j'aime beaucoup". Le score calculé est la moyenne des scores pondérés par la fréquence de la situation pour chaque répondant.

Le deuxième outil que nous avons utilisé concerne **le plaisir de manger**. Il est issu d'une échelle développée pour mesurer les attitudes vis-à-vis de l'alimentation : le « Health and Taste Attitude Questionnaire » (Roininen et al., 1999) dont nous allons traiter dans ce chapitre la « sous-échelle » plaisir à manger. Elle comprend 5 affirmations auxquelles les sujets ont répondu sur une échelle à 4 points de oui à non : « Vous pensez que manger est toujours source de plaisir », « L'apparence des aliments fait une différence pour vous », « C'est important pour vous de manger des plats savoureux aussi bien en semaine que durant les weekends », « Quand vous mangez, vous aimez éprouver du plaisir sur le goût des aliments », « Manger des plats savoureux est une partie importante de votre week-end ». Un item de l'échelle initiale a été retiré (« Vous finissez votre repas même quand vous n'aimez pas le goût de la nourriture ») car son poids dans la dimension « plaisir » n'était pas suffisant et il faisait chuter la cohérence interne (internal consistency) ($r=0,40$) (Bailly, Maître, & Van Wymelbeke, submitted). Le score final peut donc prendre un maximum de 20.

Cette mesure permet d'évaluer si les personnes sont encore intéressées par ce qu'elles mangent, si elles prennent du plaisir en mangeant et ce qu'elles ressentent lors de la

dégustation, et nous la qualifions de « capacité à prendre du plaisir en mangeant ». Dans la suite du document, elle sera appelée « **plaisir de manger** ».

La deuxième dimension de cette échelle HTAQ évalue l'intérêt que la personne porte pour une **alimentation saine**. Sur le même principe que le « plaisir de manger », les personnes doivent donner leur accord sur cinq propositions « Vous avez une alimentation saine et équilibrée », « C'est important pour vous que votre alimentation soit faible en graisse », « C'est important pour vous que votre alimentation quotidienne contienne beaucoup de vitamines et des minéraux. », « Vous mangez ce que vous aimez et vous ne vous inquiétez pas du reste », « Vous évitez des produits alimentaires qui pourraient augmenter votre taux de cholestérol. ». Cette dimension sera traitée au paragraphe 3.2 du chapitre 2 et au chapitre 3. Nous l'appellerons « health interest » ou « **intérêt alimentation saine** ».

1.1.3. Traitements statistiques

Plusieurs outils ont été utilisés pour réaliser les traitements présentés dans ce manuscrit : les logiciels Statgraphics (analyses de variance et de covariance), Question Data (traitement de données qualitatives), Spad et R pour les analyses multidimensionnelles et les classifications. Ces outils seront présentés au fil des chapitres.

Dans la présentation de la description de l'échantillon, les catégories ont été comparées par analyse de variance pour les variables quantitatives ou test du Khi2 pour les variables qualitatives.

Tableau 1 Description de l'échantillon et des catégories de dépendance¹

% ou moyenne et écart-type		catégorie 1	catégorie 2	catégorie 3	catégorie 4	total	P	<i>khi2</i> ou F
		domicile			EHPAD			
		sans aide	avec aide hors repas	avec aide pour courses ou repas				
n		292	74	101	95	559		
%hommes/%femmes		31/69	27/73	34/66	28/72	31/69	0,75	<u>1,2</u>
% en couple		50	35	<u>25</u>	<u>18</u>	39	0,000	<u>71,9</u>
âge		73,9 (5,8)a	81,1 (6,2)b	84,7 (5,9) c	87,0 (6,4)d	79,0(8,1)	0,000	161,4
âge mini/maxi		65-90	68-92	67-97	69-99	65-99		
% > 80 ans		<u>19</u>	65	81	88	47	0,000	<u>288,6</u>
revenu mensuel moyen par personne	revenu <900	<u>7</u>	13	18		10	0,002	<u>30,7</u>
	>=900 & <1500	38	39	34		37		
	>=1500 & <2100	32	<u>23</u>	<u>19</u>		28		
	>=2100	19	22	16		19		
SPPB /12		10,9 (1,6)d	9,1 (2,6) c	6,1 (3,5) b	5,3 (3,6) a	8,8 (3,5)	0,000	157,6
IADL /8		7,6 (0,8) c	7,5 (1,0) c	5,8 (1,7) b	3,7 (1,4) a	6,6 (1,9)	0,000	296,4
Nb pathologies		2,2 (1,7) a	3,6 (1,7) b	4,0 (1,9) b	4,0 (2,0) b	3,0 (2,0)	0,000	40,2
Score de gravité des pathologies (/37)		6,9 (6,3) a	11,5 (6,1)b	13,2 (6,9)bc	14,5 (7,7)c	9,9 (7,4)	0,000	45,2
MMSE /30		27,7 (2,1)c	26,9 (2,4)b	26,4 (2,5)b	25,6 (2,8)a	27,0(2,5)	0,000	22,6
dont % scores MMSE 25 et plus		91	82	73	<u>60</u>	81	0,000	<u>95,7</u>
GDS /15		2,5 (2,4) a	3,7 (2,8) b	4,9 (2,7) c	4,8 (3,0) c	3,5 (2,8)	0,000	33,7
% Personnes à risque de dépression ou dépressives (GDS>4)		17	29	50	51	31	0,000	<u>62,5</u>
IMC (kg/m ²)		27,2 (4,4)a	28,3(5,4)ab	28,5 (5,7)b	28,3(5,2)ab	27,8(4,9)	0,048	2,6
MNA /30		27,0 (2,0)c	25,7 (2,7)b	23,5 (3,8)a	23,4 (3,1)a	25,6 (3,1)	0,000	68,9
% sujets dénutris MNA<17		0	1	6	2	2	0,000	<u>262,3</u>
% sujets à risque de dénutrition 17<=MNA<=23,5		<u>8</u>	15	40	44	21		
score de mastication /6		4,6 (2,2) c	3,8 (2,5) b	3,3 (2,5)ab	3,0 (2,5) a	4,0 (2,4)	0,000	14,5
% Difficultés à manger		3	9	11	18	8	0,000	<u>56,9</u>
Satisfaction des repas		4,7 (0,6)c	4,7 (0,7)c	4,5 (0,8)b	3,7 (1,1)a	4,5 (0,8)	0,000	45,2
Plaisir de manger		16,8 (2,6)	16,3 (3,3)	16,0 (3,5)	16,4 (3,0)	16,5 (3,0)	0,12	1,9

¹ les moyennes suivies des mêmes lettres (a, b ou c) indiquent qu'elles ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (LSD)

1.2. Résultats et discussion

Le Tableau 1 présente l'échantillon au global et par catégorie de dépendance pour une petite sélection de variables parmi celles qui ont été mesurées (200 environ).

1.2.1. Le choix des mesures

Les scores moyens de l'IADL sont presque au maximum dans les catégories 1 et 2, et se dégradent dans la catégorie 3 et encore plus en catégorie 4, ce qui est cohérent avec la stratification a priori de notre échantillon selon le besoin d'aide. Le choix de l'IADL peut cependant être discuté (Spector et al. 1987). Il ne couvre pas les activités liées à la toilette, à l'habillage et à la consommation des repas comme peuvent le faire les instruments de type ADL (Activities of Daily Living) (Katz et al. 1963). La dimension repas a été approfondie dans le questionnaire sociologique (non présenté ici). Les besoins d'aide pour la toilette et l'habillage ont été recueillis lors du questionnaire de recrutement. Par ailleurs, il a été montré une bonne corrélation entre IADL et ADL (Spector et al. 1987). Il serait intéressant de discuter la façon dont a été traité le score IADL sans faire de différences entre les hommes et les femmes, alors que Lawton *et al.* recommandent d'enlever 3 items lorsque les hommes sont interrogés (excluant la cuisine, le ménage et la lessive) (Lawton et al. 1969). Cette recommandation date de 1969 et peut être remise en cause, les hommes âgés d'aujourd'hui étant probablement plus habitués à participer aux tâches ménagères. Par ailleurs, leur évaluation semble pertinente quand l'homme âgé vit seul et doit faire face aux tâches quotidiennes. Même s'il existe un effet du genre sur les performances à l'IADL, le maintien de tous les items pour l'ensemble de l'échantillon reste pertinent.

Le nombre de pathologies discrimine mal les niveaux de dépendance, mais leur score de gravité semble plus pertinent puisqu'il permet de différencier les quatre catégories.

Le pourcentage de sujets obtenant des scores du Mini Mental State Evaluation (MMS ou MMSE) entre 20 et 24 dans notre échantillon s'accroît avec les catégories de dépendance. Il devient non négligeable avec les catégories 3 et 4 (respectivement 27% et 40%), ce qui est un bon reflet de la difficulté à recruter des sujets en bonne santé cognitive chez les personnes dépendantes. Nous avons conscience qu'il y a un risque sur la qualité des réponses quand le MMSE se situe entre 20 et 24, et les enquêteurs ont été vigilants sur la cohérence des propos tenus et des réponses données pour les sujets qui ont été conservés dans la base finale.

Les deux catégories 3 et 4 reflétant la plus grande dépendance culinaire obtiennent les scores moyens de MNA les plus faibles et regroupent respectivement 40% et 44% de personnes à risque de dénutrition. Seulement 6% de la catégorie 3 et 2% de la catégorie 4 sont dénutries. Les indices de masse corporelle (IMC) sont plutôt élevés dans notre échantillon, et il est possible de faire l'hypothèse que l'évaluation de l'état nutritionnel avec le MNA qui tient compte de l'IMC et non de la masse musculaire pourrait conduire à sous-évaluer le nombre de personnes à risque de dénutrition. La sarcopénie du sujet obèse traduit une forme de dénutrition qui associe un poids élevé et une fonte musculaire, augmentant les risques d'incapacité, de morbidité et de mortalité (Raynaud-Simon et al. 2012). Il est possible que l'échantillon regroupe un certain nombre d'obèses dénutris que nous ne détectons pas.

Le choix a été fait de privilégier dans ce manuscrit le test de mastication plutôt que l'état dentaire ; également déclaré par les sujets. Il est complété par la déclaration des difficultés à manger. Ces deux variables se sont révélées les mieux corrélées aux catégories de dépendance et au statut nutritionnel. Dans notre échantillon, plus la dépendance est forte, moins bonne est l'efficacité masticatoire.

1.2.2. Caractéristiques de l'échantillon

Comme attendu, un certain nombre de variables liées à la santé montrent une dégradation avec une dépendance accrue traduite par les catégories.

Dans les catégories 3 et 4 de personnes plus dépendantes, les personnes sont plus âgées et la proportion de couples plus faible. La mobilité (SPPB) décroît de la catégorie 1 à la catégorie 4 et l'IADL, s'il est stable de la catégorie 1 à la catégorie 2, diminue à partir de la catégorie 3. Il peut être constaté que la gravité des pathologies est plus élevée dans les catégories les plus dépendantes. Un niveau cognitif plus fragile est aussi associé à une plus grande dépendance (MMSE), 27% des personnes interrogées en catégorie 3 et 40% de la catégorie 4 ont un score inférieur ou égal à 24. Le niveau de dépression augmente également jusqu'à la catégorie 3 et 50% des personnes dépendantes pour leur alimentation sont à risque de dépression ou dépressives.

L'IMC moyen de l'échantillon est élevé, plus élevé que ce qui a pu être mesuré dans l'étude SENECA par exemple (IMC=27,3 en moyenne à Haguenau, qui était l'IMC moyen le plus élevé parmi les villes étudiées) (De Groot et al. 2004) mais significativement plus faible en catégorie 1. Le MNA intègre l'IMC comme un facteur de risque seulement quand il est faible et sous-évalue le risque de dénutrition associé à l'obésité sarcopénique. Cependant, le MNA diminue

également de la catégorie 1 aux catégories 3 et 4. Si le pourcentage de personnes dénutries est faible (6% en catégorie 3), la part des personnes à risque de dénutrition atteint 40% et 44% en catégories 3 et 4. Le risque de dénutrition est aussi élevé chez les dépendants à domicile que chez les dépendants en EHPAD. Le score de mastication et le pourcentage de personnes déclarant des difficultés à manger sont cohérents aussi avec les catégories de dépendance, diminuant avec un niveau de dépendance croissant.

Il est intéressant de se pencher dès maintenant sur la satisfaction des repas et le plaisir de manger. La capacité à prendre du plaisir en mangeant n'est pas altérée dans les catégories les plus dépendantes. Nous n'avons pas trouvé de lien entre l'âge et la dégradation de la santé et une modification du plaisir anticipatoire et ressenti pour un bon repas et de bons plats. En revanche, dans les catégories 3 et 4 où la préparation alimentaire est déléguée, le score de satisfaction décroche, pour perdre un point sur cinq en EHPAD. La capacité à prendre du plaisir en mangeant est maintenue, mais les repas ne satisfont pas les personnes âgées. C'est donc un challenge pour les professionnels de parvenir à maintenir un bon niveau de satisfaction pour des repas, trois à quatre fois par jour, 365 jours par an. Tout l'enjeu de nos travaux est d'évaluer comment les composantes sensorielles (perceptions et préférences) jouent sur le plaisir de manger et la satisfaction des repas.

L'ensemble de ces résultats valident la pertinence de la stratification de l'échantillon en catégories de dépendance qui nous permet ainsi de toucher de façon plus certaine à la fois des personnes très autonomes et des personnes dépendantes. Cet échantillonnage permettra d'étudier ce qui différencie des groupes de sujets plus ou moins vulnérables. La satisfaction des repas décroche dès l'arrivée de la dépendance culinaire, quel lien a-t-elle avec les perceptions, les aliments qui sont préférés, la qualité de ces aliments ?

Ce qu'il faut retenir

L'enquête Aupalesens a retenu 559 sujets de plus de 65 ans répartis en quatre catégories de dépendance dont les trois premières regroupent des personnes vivant à domicile : Catégorie 1 : Absence de dépendance. Catégorie 2 : Besoin d'aide sauf pour les courses et les repas. Catégorie 3 : Besoin d'aide pour les courses ou pour les repas. Catégorie 4 : Vivant en EHPAD. Les variables de santé générale, physique, psychologique, cognitive et nutritionnelle séparent bien les quatre catégories et reflètent une vulnérabilité croissante de la catégorie 1 à la catégorie 4.

2. Variabilité des capacités sensorielles

Objectifs :

- . Mesurer la variabilité des capacités sensorielles
 - . Evaluer l'effet de l'âge en tant que tel et l'effet de la dépendance qui reflète une plus ou moins grande vulnérabilité sur le niveau des capacités sensorielles.
- Ce chapitre vise à répondre à la première question de recherche : Quelle est la variabilité des perceptions olfactives et gustatives au sein de la population âgée ?

Evidence for different patterns of chemosensory alterations in the elderly population: impact of age versus dependency

Article soumis à Chemical senses après révisions le 18 Juin 2014.

Auteurs : Sulmont-Rossé C^{1a}, Maître I^{1b}, Amand M^c, Symoneaux R^b, Van Wymelbeke V^d, Caumon E^a, Tavarès J^b, Issanchou S^a

1 : equivalent contribution

a: UMR CSGA, INRA, 17 rue Sully, BP 86510, 21065 Dijon Cedex, France,

b : UPSP GRAPPE, Groupe ESA, SFR QUASAV 4207, Angers, France

c : ONIRIS, UPSP LARGEZIA, Nantes, France

d : CHU, Unité de recherche service de médecine gériatrique, Dijon, France

Keywords

Ageing, odour, taste, segmentation, perception, nursing home

ABSTRACT

The present experiment aimed to explore the inter-individual variability in chemosensory abilities among the elderly population. The chemosensory abilities of 559 subjects, aged from 65 to 99 years, were evaluated via a survey that was conducted in France. Various categories of the elderly, including people who were living at home either without or with any assistance, and people who were living in a nursing home, were interviewed. The results revealed that 43% of the sample presented well-preserved chemosensory abilities, whereas 21% of the participants presented a moderate impairment. Of the sample, 33% presented well-preserved olfactory abilities but strong impairment in gustatory abilities and 3% were nearly anosmic but remained able to perceive the salty taste, demonstrating that gustation and olfaction were not systematically damaged simultaneously. The results showed a link between the level of

dependence (free living vs. living at home with help vs. nursing home) and chemosensory abilities, independently of the age effect. These results strengthen the hypothesis that the decline of chemosensory abilities is not only an effect of age per se; rather, it is related to events that are associated with ageing. The factors that lead to increased dependence (such as poor health) also lead to a decline in chemosensory performance.

2.1. Introduction

Ageing is accompanied by a decline in chemosensory abilities, i.e., the ability to perceive an odour or a taste (Doty et al. 1984a; Murphy 1986; Schiffman 1993; Mojet et al. 2001). However, beyond this overall effect of age on chemosensory abilities, ageing is accompanied by inter-individual variability in olfactory performance scores and, to a lesser degree, in taste performance scores (Stevens et al. 1987; Stevens et al. 1993; Thomas-Danguin et al. 2003; Laureati et al. 2008). For instance, Laureati *et al.* (2008) evaluated the ability of elderly subjects (mean age: 81 years) and younger subjects (mean age: 23 years) to identify odours and tastes using a forced-choice procedure. The results showed that for a composite score with a maximum value of 20, the scores of the elderly subjects varied from 4 to 17.5, whereas those of the younger subjects varied from 12 to 20.

The first objective of the present experiment was to explore this inter-individual variability among the elderly population. This goal was achieved using a multi-centre survey that was conducted in France (AUPALESENS survey). The chemosensory abilities of a large sample of subjects who were aged from 65 to 99 years (n=559) were evaluated using both olfactory and gustatory tests. From these data, we identified groups of elderly people who presented similar chemosensory abilities through clustering analysis.

Several mechanisms have been proposed to explain the effect of age on olfactory and gustatory sensitivity (Boyce et al. 2006). From a physiological standpoint, ageing is accompanied by the drying of the olfactory mucosa; modifications in the flow and composition of saliva, which disrupts the release and transport of aromatic and sapid molecules; changes in cell membranes, leading to the impaired functioning of ion channels and taste receptors; and slower turn-over of sensory cells, leading to a reduction in the number of olfactory receptors (Larsson 1996; Mioche et al. 2004). However, beyond these physiological mechanisms that are inherent in the ageing process per se, factors that are related to the lifetime experiences of each individual are likely to affect chemosensory perception. Mackay-Sim *et al.* (2006) reported a relatively small decline in the olfactory abilities of elderly subjects who were in good health, meaning those who did not require medication, did not smoke, and did not have a history of

nasal problems (age range: 60-79 years old). By contrast, there was a marked decline in the olfactory abilities of elderly persons who did not meet these criteria. Similarly, Griep *et al.* (1997a) reported that independently of the effect of age, poor general health correlated with a decrease in the detection threshold for isoamyl acetate (age range: 53-86 years old). Finally, De Jong *et al.* (1999) showed that institutionalised persons had lower scores on a smell identification task and a taste perception test than did persons who lived independently (see also Pelchat and Burkhardt-Kulpa (1996); Gopinath *et al.* (2012)).

The second objective of the present experiment was to explore the impact of age versus the impact of dependency on the elderly's chemosensory abilities. Dependency was defined as an individual's propensity to rely on others for support in everyday activities. The factor dependency was chosen as a proxy of the physical and mental shape of the elderly respondents. Indeed, elderly people who experience difficulty with everyday activities are more likely to require medical services (Mor *et al.* 1994), suffer from depression (Girling *et al.* 1995; Alexopoulos *et al.* 2002; Covinsky *et al.* 2010), and suffer from cognitive deficiency (Alaphilippe *et al.* 2013). In the Aupalesens survey, interviews were conducted with various categories of elderly people, including people who were living at home, either without or with assistance, and people who were living in a nursing home.

2.2. Materials & Methods

2.2.1. Elderly sample

The data were collected as part of a programme that aimed to study eating behaviour and dependency (AUPALESENS project: Improving the pleasure of elderly people for better ageing and to fight against malnutrition). In 2011, 559 participants who were older than 65 years old (65-99 years old, 387 women, 172 men) were recruited in four French cities and their suburbs (Angers, Brest, Dijon, Nantes). These participants were categorised into four categories that ranged from a high level of autonomy to a high level of dependency. These four categories were defined prior to the survey, as follows: category 1, elderly people living independently at home; category 2, elderly people living at home with help unrelated to food activity (e.g., housekeeping; gardening; personal care); category 3, elderly people living at home with help including that related to food activity (e.g., food purchasing; cooking; home meal delivery); category 4, elderly people living in a nursing home.

The recruitment criteria were as follows: older than 65 years old; no acute pathological episode at the time of the survey; no anosmia, either congenital or due to head injury, viral infection or

sinonasal diseases; no food allergies; not on a doctor-prescribed diet; scoring at least 20 on the Mini Mental State Examination (MMSE) (Folstein et al. 1975). The MMSE screens for cognitive impairment; scores that are greater than or equal to 25 points (out of 30) indicate normal cognition. Below this, scores can indicate mild (21-24 points), moderate (10-20 points), or severe (≤ 9 points) cognitive impairment. An interview was carried out with each candidate to ensure that they met the inclusion criteria. The experimental protocol of the survey was approved by the French Ethics Committee for Research (CPP Est I, Dijon, #2010/42, AFSSAPS# 2010-A01079-30). In accordance with the rules of ethics, all of the participants received written and oral information on the survey before signing a consent form.

2.2.2. Chemosensory tests

The olfactory and gustatory tests were selected based on a preliminary experiment that was conducted with 60 elderly participants (24 men and 36 women; mean age: 73 years; age range: 61-85 years). These participants were not included in the current survey. The preliminary experiment allowed us to select a battery of tests to explore the variability of chemosensory abilities within a population of elderly people, particularly frail, dependent individuals. We sought a compromise between having a sufficient number of tests and stimuli and the risk of tiring/exasperating the participants. In addition, as elderly dependent subjects (notably those living in nursing homes) often tend to be depressive (Girling et al. 1995; Alexopoulos et al. 2002; Covinsky et al. 2010), we selected tests that did not give the impression that the participants consistently failed.

In line with authors who recommend using a different measurements rather than a single measurement to evaluate olfaction (Cain et al. 1989; Weiffenbach 1991; Hummel et al. 1997), we selected olfactory tests that measured the participants' ability to detect, discriminate and categorise different odours. In fact, Weiffenbach (1991) pointed out that "the individual members of the composite family of sensory capabilities that comprise the chemical senses do not all age in the same way".

The gustatory test measured the subjects' ability to detect and identify the salty taste. Indeed, according to the literature review of Mojet et al. (2001), salt perception seems to be more affected by age than are the other tastes. Furthermore, we prioritised olfaction tests over gustation tests, as previous studies showed that olfaction is modified to a greater degree with ageing than is taste (Stevens et al. 1984; Sulmont-Rossé et al. 2010).

Short European Test of Olfactory Capabilities (ETOC). Based on the results of the preliminary experiment, 6 trials (i.e., vanilla, apple, petroleum, orange, rose, and thyme) were

selected from the 16 that were proposed in the ETOC test. Each trial consists of 4 vials, and only one of these vials contains an odorant (Thomas-Danguin et al. 2003). For each trial, the participants were asked to note the odorous vial through a forced-choice detection task. A detection score (/6), corresponding to the number of odours that were correctly noted, was calculated for each respondent. The odorants of the ETOC test were provided by the creators of this test (EZUS LYON, Villeurbanne, France).

Monadic olfactory test. Twelve vials were presented one by one to the participants. These included 6 vials that contained an odorant with a food smell and 6 vials that contained an odorant with a non-food smell (Tableau 2). For each vial, the participants were asked to indicate whether they could smell something in the vial. When they perceived an odour, they were asked to indicate whether it was a food or a non-food smell. The following two scores were calculated: a detection score (/28), corresponding to the number of odours that were perceived and the number of blanks that were correctly “not perceived”, and a categorisation score (/16), corresponding to the number of odours that were correctly categorised according to their edibility value. When the odour was not perceived, the answers to the edibility task were classified as inaccurate.

Tableau 2. Stimuli of the Monadic Olfactory Test.

Odour	Origin	Concentration	Diluent
Food smells			
Caramel	Meilleur du Chef	5 ml/l	Glycol propylene
Lemon	Meilleur du Chef	200 ml/l	Mineral oil
Milk	Sentosphère	-	Encapsulated
Peer	Meilleur du Chef	200 ml/l	Glycol propylene
Pineapple	Sentosphère	-	Encapsulated
Strawberry	Meilleur du Chef	200 ml/l	Glycol propylene
Thyme	Meilleur du Chef	10 ml/l	Mineral oil
Vanilla	Vahiné	500 ml/l	Glycol propylene
Pleasant non-food smells			
Chanel n°5	Perfume	-	-
Eau of Cologne	Mont-Saint-Michel	500 ml/l	Glycol propylene
Lavender	ETOC	-	-
Lilac	Sentosphère	-	Encapsulated
Lily of the valley	Cinquième Sens	-	-
Rolland Garros	Perfume	-	-
Rose	Firmenich	10 ml/l	Mineral oil
Tresor	Perfume	-	-

Odour discrimination test. Three blocks of 3 odorous vials were presented one by one to the participants. Within each block, one vial was identified as the control. Of the other 2 vials, one contained the same odorant as the control and the other contained a different odorant. The two stimuli were chosen to present different qualities of odour (Tableau 3). For each block, the participants were asked to indicate which of the two vials held a smell that differed from the smell in the control vial (duo-trio task). A discrimination score ($/3$), corresponding to the number of successful trials, was calculated from the results.

Tableau 3. Stimuli of the odour discrimination test ¹.

Control	Sample 1	Sample 2
Chicken aroma	80% chicken aroma + 20% onion aroma	Chicken aroma
Chicken aroma	Chicken aroma	80% chicken aroma + 20% garlic aroma
Beef aroma	Fish aroma	Beef aroma

For the monadic and discrimination tests, the odorants consisted of food flavourings, odorous preparations, food and non-food products. The experimenters (authors of the paper) adjusted the concentrations of the odorants during successive trials to equalise the subjective intensity of all olfactory stimuli within each test. The monadic test and the discrimination test were designed to present rather high odour intensities to ensure that above-threshold levels were reached. Ten members of the laboratory staff rated the intensity of each odour on a 7-point scale that ranged from “very weak” (0) to “very strong” (6); the five intermediate points of the scale were anchored by increasing concentrations of butan-1-ol, as follows: 0.05 – 0.10 – 0.20 – 0.40 – 0.80 ml/l. According to this preliminary experiment, the odours of the discrimination test tended to be rated as more intense than the odours of the categorisation test; however, for both tests, the intensity scores were higher than the medium of the scale [categorisation: $M=3.97$; $SE=0.18$; discrimination: $M=4.68$; $SE=0.22$; $F_{1,20}=2.99$; $p=.09$]. Regarding the monadic test, the same ten subjects rated the edibility of each odour on a scale that ranged from “does not evoke a food at all” (0) to “strongly evokes a food” (10). The results showed that the food odours were rated as more edible than the non-food odours [food odour: $M=8.36$; $SE=0.24$; non-food odours: $M=0.60$; $SE=0.13$; $F_{1,14}=477.03$; $p<.001$].

Gustatory test. Eight solutions were presented one by one to the participants. These solutions included 2 blanks (Evian® water) and 4 concentrations of NaCl (S1: 0.21 g/l, S2: 0.59 g/l; S3: 1.90 g/l; S4: 5.90 g/l); the two middle concentrations (S2, S3) were replicated. The concentrations were chosen from the results of Mojet *et al.* (2001) and the preliminary experiments that were conducted with laboratory staff. S1 was lower than the thresholds that

¹ All of the aromas were provided by Frutarom. For the first two trials, the odd stimulus was prepared by mixing 20% of an aroma (onion or garlic) with 80% of the control aroma.

were indicated in Mojet *et al.* (very difficult level); S2 was near the mean threshold (difficult level); S3 was higher than the highest thresholds (easy level); S4 was far above the thresholds (very easy level) to avoid, as far as possible, some participants' failure on all of the tests. The solutions were presented in the following sequence: S1, S2, blank, S2, S3, S3, blank, S4. The participants were asked to taste a glass of water (Evian®) and, then, to taste 20 ml of each sample and to indicate whether they perceived water or a taste. They were asked to rinse with water between each sample. The following two scores were calculated from the gustatory task: a taste detection score (/8), corresponding to the number of salt samples that were perceived as having a taste and the number of blank samples that were perceived as water, and a salt detection score (/6), corresponding to the number of salt samples that were perceived as having a taste.

2.2.3. Background information

Dental status: the respondents were asked to indicate whether their dentition was complete (either natural or including bridges and dental implants - good dentition status) or incomplete with or without a denture (poor dentition status). Depression: depression was measured using the short form of the Geriatric Depression Scale (GDS) (Sheikh 1986). Diseases and drug use: a geriatrician counted the number of diseases, the number of drugs and the number of drugs that were liable to affect olfaction and/or taste from the medical prescription. Instrumental Activities of Daily Living Scale (IADL): this questionnaire assesses one's ability to perform the tasks that are necessary to live independently, such as food preparation, housekeeping, and laundering (Lawton *et al.* 1969). Smoking status: the respondents were asked to indicate whether they had never smoked, they were a former smoker, or they currently smoked. Short Physical Performance Battery (SPPB): this test detects mobility limitations by measuring physical strength, endurance, and balance (Guralnik *et al.* 1994).

2.2.4. Procedure

The respondents participated in two sessions of approximately 90 minutes each. During these sessions, extensive medical, nutritional, psychological, sociological and sensory data were collected on the basis of tests and questionnaires. The sessions were organised as face-to-face interviews that were conducted by six experimenters (all women) who had previously followed a 1-day training session. The monadic olfactory test, the gustatory test and the odour discrimination test were performed during the first session, and the short ETOC test was

performed during the second session. The order of the tests and the order of the odorants within each test were the same for all of the participants, as we intended to compare the participants' performance.

In parallel of this survey, one group of 63 young adults performed the olfactory tests (30 men and 33 women; mean age: 28 years; age range: 18-40 years) and a second group performed the gustatory test (21 men and 42 women; mean age: 26 years; age range: 20-40 years).

2.2.5. Data analysis

The sensory scores were converted into frequency scores that varied between 0 (poor performance) and 1 (good performance). A matrix that contained the elderly subjects in rows and the sensory scores in columns was submitted to a non-normed Principal Component Analysis (PCA). The principal components were then submitted to an Hierarchical Cluster Analysis (HCA; Euclidean distance, Ward criteria, k-Means consolidation), and the number of clusters was chosen based on the dendrogram. The HCA was run on the principal components rather than on the raw data in order to run the HCA on independent variables and thus to improve the stability of the results. To characterize the chemosensory capacities of the different clusters, each sensory score was submitted to an Analysis of Variance (ANOVA) with cluster as a between-subject factor.

The PCA and HCA were conducted using SPAD software (7.4; COHERIS®, Suresnes, France). ANOVA and Analysis of Covariance (ANCOVA) were performed using the General Linear Model (GLM) procedure of STATGRAPHICS plus (5.1) (type III sum of squares). Least-squares means (LS-means) were computed for each significant factor and submitted to multiple comparison analysis using the LSD method. Chi2 tests were performed using Question data 6.7. All of the results that are reported here were significant at a level of 0.05 unless otherwise stated.

2.3. Results

2.3.1. Description of the elderly sample

Tableau 4 Tableau 4 Description of the elderly sample according to the level of dependence displays the variables that are related to the physical, mental and health status of each category of dependency. As stated in the introduction, an increase in dependency is associated with a decrease in physical and mental status.

Tableau 4 Description of the elderly sample according to the level of dependence

Continuous variables: the means for each level of dependence (in brackets: standard deviation). The means associated with the same letter were not significantly different ($p > .05$). *Categorical variables:* the percentages for each level of dependence (in brackets: size). The percentages for each level of dependence were compared using a *Chi2* (χ^2) test. F ratios and Chi2 values: * $p < .05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Level of dependence	At home; without help	At home; unrelated food activity	At home; help to related to food activity	Nursing home	
n	289	74	101	95	
Age mean	74 (6) ^a	81 (6) ^b	85 (6) ^c	87 (6) ^d	$F=161.4^{***}$
Age range	65-90	68-92	67-97	69-99	
Male	31%	27%	34%	28%	$\chi^2=1.2$
IADL ¹	7.6 (0.8) ^a	7.5 (1.0) ^a	5.8 (1.7) ^b	3.7 (1.4) ^c	$F=296.4^{***}$
SPPB ²	10.9 (1.6) ^a	9.1 (2.6) ^b	6.1 (3.5) ^c	5.3 (3.6) ^d	$F=157.6^{***}$
MMSE ³	27.7 (2.1) ^a	26.9 (2.4) ^b	26.4 (2.5) ^b	25.6 (2.8) ^c	$F=22.6^{***}$
Short GDS ⁴	2.5 (2.4) ^a	3.7 (2.8) ^b	5.0 (2.7) ^c	4.8 (3.0) ^c	$F=33.7^{***}$
Pathologies ⁵	2.2 (1.7) ^a	3.6 (1.7) ^b	4.0 (1.9) ^b	4.0 (2.0) ^b	$F=40.2^{***}$
Drugs ⁵	4.2 (3.1) ^a	5.9 (3.8) ^b	8.2 (4.8) ^c	9.4 (5.6) ^c	$F=45.4^{***}$

2.3.2. Correlation between the scores

Significant Pearson's correlations were observed both within the olfactory scores and within the gustatory scores (Tableau 5). None of the olfactory scores correlated with the gustatory scores ($R < .10$, $p > .05$), suggesting that effect of ageing on the olfactory system was independent of that on the gustatory system.

¹ IADL: Instrumental Activities of Daily Living Scale (Lawton and Brody 1969). This questionnaire assesses one's ability to perform the tasks that are necessary to live independently (maximum score: 8).

² SPPB: Short Physical Performance Battery (Guralnik et al. 1994). This test detects mobility limitations by measuring physical strength, endurance, and balance (maximum score: 12).

³ MMSE: Mini Mental State Examination (Folstein et al. 1975). Scores >25 points (out of 30): normal cognition. Scores ranging from 20 to 24: mild cognitive impairment (people with a score <20 were not included in the study).

⁴ GDS: short form of the Geriatric Depression Scale (Sheikh 1986) (maximum score: 15).

⁵ For each respondent, the number of diseases and the number of drugs was collected through medical prescription.

Tableau 5 Pearson's correlations between the sensory scores

In bold: significant correlations; $p < .05$.

	Short ETOC	Odour detection	Odour discrimination	Odour categorisation	Taste detection	Salt detection
Short ETOC	1					
Odour detection	0.48	1				
Odour discrimination	0.28	0.37	1			
Odour categorisation	0.52	0.71	0.35	1		
Taste detection	0.05	0.03	0.04	0.05	1	
Salt detection	0.05	0.06	0.03	0.05	0.84	1

2.3.3. Evidence for different patterns of chemosensory impairment

The clustering analysis highlighted four patterns of chemosensory capacities among the elderly sample. According to the ANOVA, each sensory score was associated with a significant cluster effect ($p < .001$) (Tableau 6).

Tableau 6 Segmentation of the sample of elderly people according to chemosensory performances.

The means for each cluster and for each sensory score (in brackets: standard deviation). The means associated with the same letter were not significantly different ($p > .05$). The last column presents the scores that were obtained with a young panel.

Scores	Elderly sample				Young panel
	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	
n	238	186	120	15	63
Short ETOC	0.77 (0.20) ^a	0.77 (0.21) ^a	0.41 (0.28) ^b	0.08 (0.22) ^c	0.99 (0.02)
Odour detection ¹	0.93 (0.09) ^a	0.93 (0.08) ^a	0.76 (0.17) ^b	0.18 (0.25) ^c	0.97 (0.06)
Odour discrimination	0.78 (0.26) ^a	0.79 (0.27) ^a	0.52 (0.28) ^b	0.04 (0.12) ^c	0.85 (0.30)
Odour categorisation ²	0.73 (0.14) ^a	0.74 (0.14) ^a	0.44 (0.15) ^b	0.08 (0.15) ^c	0.90 (0.09)
Taste detection	0.81 (0.10) ^a	0.54 (0.12) ^c	0.66 (0.14) ^b	0.67 (0.20) ^b	0.84 (0.13)
Salt detection	0.85 (0.12) ^a	0.49 (0.15) ^c	0.67 (0.19) ^b	0.66 (0.26) ^b	0.85 (0.16)

¹ Score computed from the results of the Monadic Olfactory Test

² Score computed from the results of the Monadic Olfactory Test

Cluster 1, which accounted for 43% of the elderly sample (n=238), included the elderly participants who displayed well-preserved olfactory and gustatory abilities. For all of the tests, this cluster obtained the highest scores among those observed in the sample of elderly people (post-hoc analyses – Tableau 6). This cluster was labelled “chemosensory preserved”. The performances of this cluster were compared to those of young participants by computing the t statistic when the variances were equal or the Cochran and Cox (1950) approximation when the variances were unequal (Tableau 6, last column). According to the results, the elderly respondents of the first cluster performed less well than the young participants on the short ETOC detection score [t258=16.77; p<.001], the odour detection score of the monadic test [t143=3.82; p<.001], the odour categorisation score [t143=10.81; p<.001] and, to a lesser extent, the taste detection score [t82=2.00; p<.05] and the odour discrimination score [t299=1.89; p=.06]. No significant difference was observed for the salt detection score [t82=0.07; p>.05]. Notwithstanding their preserved abilities compared with their counterparts, the elderly participants of cluster 1 performed somewhat less well than the young participants on the olfactory tests, specifically the tests that included low intensity odours, such as the ETOC test, and the tests that required semantic processes, such as the categorisation task.

Cluster 2 (n=186; 33% of the elderly sample) included the elderly participants who experienced difficulties in perceiving the salty taste but not odours. In fact, this cluster obtained the lowest gustatory scores among those that were observed in the sample of elderly people, whereas this group’s olfactory scores were not significantly different from those of cluster 1. This cluster was labelled “strong gustatory impairment”.

The elderly participants of cluster 3 (n=120; 21% of the elderly sample) displayed impaired olfactory and gustatory abilities. Regarding olfaction, this impairment was particularly evident for the detection task of the short ETOC and, to a slightly lesser extent, the discrimination test and the categorisation task. However, although their monadic detection test scores were lower than those of clusters 1 and 2, the participants of cluster 3 remained able to perceive odours of moderate intensity. Regarding taste, the scores of this cluster were lower than those of cluster 1 but higher than those of cluster 2. This cluster was labelled “chemosensory impaired”.

Finally, a fourth and small cluster (n=15; 3% of the elderly sample) presented severely impaired olfaction, with very low detection scores, on both the short ETOC and the categorisation test. As can be expected, this impairment in the ability to perceive odours was combined with low scores on the discrimination test and the categorisation test. Not surprisingly, it is difficult to categorise or even distinguish between different odour qualities if the odours are barely perceived. All of the olfactory scores of this cluster were significantly lower than those of cluster 3. However, the gustatory scores of cluster 4 were significantly

lower than those of cluster 1 but higher than those of cluster 2. Cluster 4 was labelled “severe olfactory impairment”.

Based on the background information that was collected during the survey, each cluster was portrayed according to the following variables: age, gender, cognitive status (MMSE score), dental status, drug use, smoking status and dependence (Tableau 7).

Tableau 7 Descriptive characteristics of the clusters

Continuous variables: the means for each cluster (in brackets: standard deviation). The means associated with the same letter were not significantly different ($p > .05$). *Categorical variables:* the percentages for each cluster (in brackets: size). The percentages for each cluster were compared using a Chi2 (χ^2) test. Bold values were significantly higher than expected mean / percentage, whereas underlined values were significantly lower ($p < .05$). *F* ratios and χ^2 values: * $p < .05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	
Age	76.8 (7.8) ^a	79.2 (8.3) ^b	82.5 (7.0) ^c	85.1 (6.2) ^c	$F=17.52^{***}$
Male	27% (64)	30% (56)	38% (46)	40% (6)	$\chi^2=5.54$
MMSE ¹	27.6 (2.1) ^a	27.2 (2.4) ^a	25.9 (2.7) ^b	25.7 (3.0) ^b	$F=13.76^{***}$
% of people with 20<MMSE<24	<u>8%</u> (15)	13% (20)	25% (28)	21% (3)	$\chi^2=19.58^{***}$
Poor dentition ²	<u>19%</u> (45)	25% (46)	33% (40)	60% (9)	$\chi^2=18.95^{***}$
Drugs liable to affect olfaction/taste ³	<u>45%</u> (107)	49% (91)	59% (71)	80% (12)	$\chi^2=11.92^{**}$
Non-smoker	66% (158)	66% (122)	63% (76)	60% (9)	$\chi^2=9.05$
Former smoker	27% (65)	33% (61)	32% (38)	40% (6)	
Smoker	6% (15)	2% (3)	6% (6)	0% (0)	
At home without help	66% (157)	50% (93)	<u>30% (36)</u>	<u>20% (3)</u>	$\chi^2=66.84^{***}$
At home with help unrelated to food	12% (29)	12% (23)	18% (22)	0% (0)	
At home with help related to food activity	15% (35)	18% (34)	21% (25)	47% (7)	
Nursing home	<u>7%</u> (17)	19% (36)	31% (37)	33% (5)	

Regarding the continuous variables (age, MMSE), the means for each cluster were compared using a one-way ANOVA followed by a post-hoc comparison of means. Regarding the

¹ MMSE: Mini Mental State Examination (Folstein et al. 1975). Scores >25 points (out of 30): normal cognition. Scores ranging from 20 to 24: mild cognitive impairment (people with a score <20 were not included in the study).

² Percentage of respondents with incomplete dentition, with or without a denture.

³ Percentage of respondents who reported taking at least one drug that is liable to affect odour or taste perception per day.

categorical variables, the percentages for each cluster were compared using Chi2 tests. As shown in Tableau 7, the cluster 1 (chemosensory preserved cluster) participants were younger and less likely to report poor dentition and the use of drugs with side effects on chemosensory perception than were the other clusters. By contrast, the clusters 3 and 4 (moderate and severe olfactory impairment) participants were older and more likely to report poor dentition and the use of drugs with side effects on chemosensory perception. No differences in gender and smoking status were found between the clusters. Cluster 2 did not stand out from the other clusters in terms of the measured variables. Finally, the respondents in cluster 1 were more likely to be autonomous, that is, living at home without help. By contrast, the respondents in clusters 3 and 4 were more likely to be dependent, that is, living at home with help or living in a nursing home.

2.3.4. Impact of age versus dependency on chemosensory performances

The sensory scores were submitted to an ANCOVA with gender and dependency category as categorical independent variables and age as a numerical independent variable (Tableau 8). Because the interactions were not significant, they were removed from the model.

Tableau 8. Impact of age, gender and dependency category on chemosensory performances.

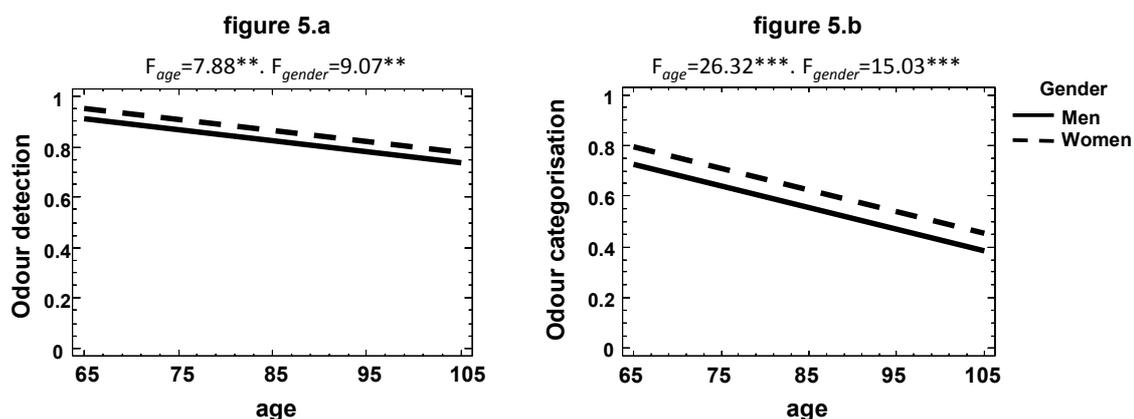
Presentation of the *F* ratios and significance levels (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$) that were obtained from the ANCOVA performed on each sensory score.

	Age	Gender	Dependency category
Short ETOC	10.55 **	2.31	4.08 **
Odour detection	7.88 **	9.07 **	1.96
Odour discrimination	0.01	0.39	2.62 *
Odour categorisation	26.32 ***	15.03 ***	1.31
Taste detection	3.36	0.20	3.45 *
Salt detection	1.28	0.44	1.61

The results showed that the odour detection and categorisation scores of the Monadic Olfactory Test were associated with a significant age effect and a significant gender effect. As shown in Figure 5, the females outperformed the males, and the performances decreased with age for both genders. Interestingly, the short ETOC score, the odour discrimination score and the taste detection score were associated with a significant dependency category effect. The short ETOC

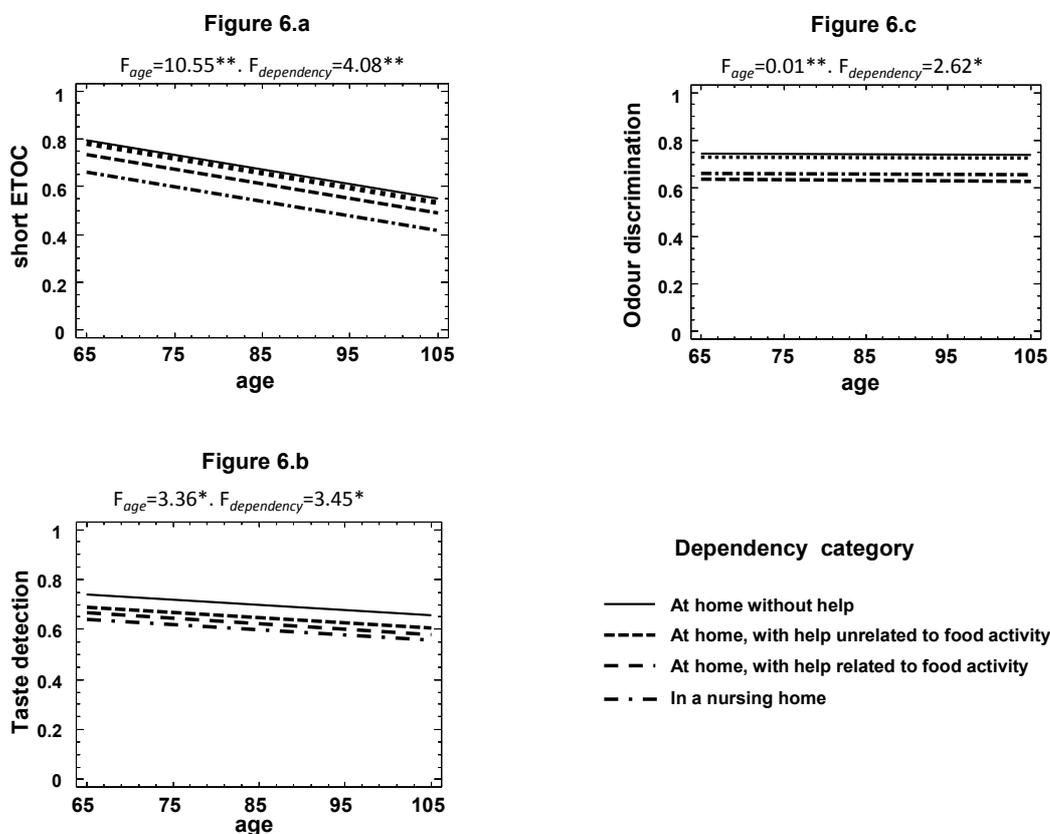
score was also associated with an age effect, and this effect just failed to be significant for the taste detection score ($p=.06$). No age effect was observed for the odour discrimination score.

Figure 5. Relationship between age and the odour detection score (2.a) and the odour categorisation score (2.b) for each gender (Monadic Olfactory Test). F ratios: * $p<.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$.



According to the post-hoc analysis, the autonomous elderly people (category 1) obtained higher ETOC and taste detection scores than did the dependent elderly people (Figure 6.a and 6.b), whereas the performances decreased (ETOC) or tended to decrease (taste) with age for all categories. With regard to the odour discrimination score, the elderly people who lived at home without help or with help that was unrelated to food activities (categories 1 & 2) outperformed the elderly people who lived at home with help that was related to food activities (category 3). The discrimination score of the elderly people who lived in a nursing home (category 4) was intermediate and not significantly different from the scores of the other categories (Figure 6.c). No significant effect was observed for the salt detection score.

Figure 6. Relationship between age and the short ETOC score (3.a), the taste detection score (3.b) and the odour discrimination score (3.c) for each dependency category. F ratios: (*) $p < .10$; * $p < .05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.



2.4. Discussion

Beyond the mean effect of age on chemosensory abilities that has been frequently reported in the scientific literature (Doty et al. 1984b; Mojet et al. 2001; Murphy et al. 2002; Mojet et al. 2003; Mackay-Sim et al. 2004; Schubert et al. 2012), the present work showed substantial variations in the olfactory and gustatory performances of elderly people. The current results showed that 21% of the sample presented impaired olfactory and gustatory abilities (cluster 3). A small number of subjects (3% of the sample) were nearly unable to perceive odours (close to total anosmia) but remained able to perceive the salty taste (cluster 4). By contrast, 33% of the sample presented salt detection impairment without olfactory impairment (cluster 3). Finally, 43% of the sample presented relatively good olfactory and gustatory abilities (cluster 1).

The current results showed that gustation and olfaction are not systematically damaged simultaneously. This was shown through the segmentation of the results and correlations

between the scores. For example, although the seniors of cluster 2 presented severely impaired gustatory abilities, they displayed quite good olfactory abilities. The absence of a significant correlation between gustatory and olfactory scores reinforces the results that were obtained in previous studies with different age groups that ranged from 19 to 87 years (Cowart 1989; Stinton et al. 2010; Sulmont-Rossé et al. 2010; Lundström et al. 2012).

Beyond the physiological mechanisms that are inherent in the ageing process per se, several factors that are associated with ageing are likely to affect chemosensory perception. These factors are most likely responsible for a large part of the variability that was observed in the current sample. Exposure to environmental pollutants, notably in a professional context (exposure to metals, dust, organic compounds, etc.) (Amoore 1986; Corwin et al. 1995), poor dental health (Griep et al. 1997a; Lamy et al. 1999), certain deficiencies and a wide range of pathological conditions (Doty 1991a; Murphy et al. 2002; Imoscopi et al. 2012; Schubert et al. 2012; Henkin et al. 2013) and the use of a large number of drugs (Schiffman 1991; Doty et al. 2004; Henkin et al. 2013) may amplify the age-related decline in chemosensory performance. Furthermore, the senses of taste and smell are not necessarily affected by the same factors or to the same degree (Mor et al. 1994). In fact, both gustatory and olfactory dysfunctions may be associated with oral and systemic diseases, or drugs. However, as the olfactory neurons are in direct contact with the external environment, they are more likely to be exposed to environmental aggressive factors than gustatory cells (Weiffenbach 1991).

Although the current study did not measure exposure to environmental pollutants, it found that seniors who presented impaired olfactory abilities (clusters 3 and 4) were more likely to have poor dental health and to take drugs that had side effects on chemosensory performance than were seniors with preserved olfactory abilities (cluster 1). We also found a negative relationship between olfactory performance and the Mini Mental State Examination (MMSE) score, with lower MMSE scores in cluster 3 than in cluster 1. However, 75% of the participants of cluster 3 obtained an MMSE score that was above 24 and, thus, presented no cognitive decline (Tableau 7). In other words, cognitive impairment alone cannot explain the low chemosensory scores in this cluster. Finally, we found no link between smoking status and impaired chemosensory abilities. This finding remains controversial in the literature, as several authors reported a link between smoking status and olfactory performance (De Jong et al. 1999; Murphy et al. 2002; Doty et al. 2011; Schubert et al. 2012), whereas others found no link (Mackay-Sim et al. 2004). Of note, the current sample included only 5% of current smokers compared with 30% of former smokers and 65% of non-smokers.

The results of the current survey showed a link between the level of dependence (free living vs. living at home with help vs. nursing home) and chemosensory abilities, independently of the

effect of age. A high level of dependence was significantly associated with a decline in the ability to detect low concentration odours (ETOC test), distinguish between different qualities of odours and detect the salty taste. These findings reinforce the results of the studies that were mentioned in the introduction (Pelchat et al. 1996; De Jong et al. 1999; Gopinath et al. 2012). In a study of 89 independently living elderly people and 67 institutionalised elderly people, De Jong et al. (1999) found that independently of age and sex, dependence significantly contributed to variance in the identification of odours and the discrimination between tastes. Together, these results strengthen the hypothesis that chemosensory abilities decline considerably with age (c.f. cluster 3 and 4) and that this decline is not only an effect of age per se (« idiopathic age-related decline »); rather, it is related to events that are associated with ageing (failing health, drugs, deterioration in dental health, etc.) (Mackay-Sim et al. 2006). In other words, the factors that lead to increased dependence (such as a poor health status) may also lead to a decline in chemosensory performance (Nordin 2012).

Nonetheless, the impact of age versus that of dependence varies depending on the chemosensory ability tested. The performances on the ETOC and gustatory test were associated with both an age and a dependence effect (the effect of age just failed to be significant for the taste score; $p=.06$), whereas the performances on the olfactory discrimination test were only associated with a dependence effect. As a reminder, this last test involved odours with intensities that were considerably greater than threshold levels, whereas the former tests included stimuli that were around or slightly above the threshold level. It can be hypothesised that age per se impacts the perception of stimuli at a low intensity level, whereas the factors that are associated with dependence, such as pathological status or drugs, may impact the perception of stimuli at a high intensity level. Finally, the two scores that were determined from the monadic olfaction test were not related to the level of dependence but were associated with sex and age, notably with women displaying better performances than men. This effect of sex confirmed earlier studies (Murphy et al. 2002; Schubert et al. 2012). This effect may be explained by the choice of odours (foods, flowers, perfumes) and the nature of the task – determine whether the odour is of something « edible ». This task has a close relationship with the preparation of meals, which is traditionally the role of women (particularly for the generations that were tested).

Concerning methodology, the current work made it possible to propose a battery of tests to explore the variability of chemosensory abilities within a population of elderly dependent subjects. In line with the authors who recommended the use of a composite score rather than a single measurement to evaluate olfaction (Cain et al. 1989; Hummel et al. 1997), we selected a battery of olfaction tests to evaluate the participants' ability to detect, discriminate and

categorise different odours. The odours were selected to be representative of a daily olfactory environment. In particular, we included many food smells, which made this battery of tests particularly pertinent to study the relationship between olfactory perception and eating behaviour in elderly people. Finally, depending on the test, different concentrations were used, ranging from a concentration that was close to the threshold (ETOC test) to a concentration that was far above this threshold (discrimination test). This method allowed us to explore a wide range of olfactory intensities. We included olfactory tests with different levels of difficulty. Interestingly, we found that the largest difference between cluster 1 (preserved chemosensory ability) and the young participants occurred in the most difficult tests, that is to say, those with the weakest olfactory intensity (short ETOC test) and the test that required the strongest cognitive resources (categorisation task). In other words, the use of difficult tests (particularly identification tests) may lead to an overestimation of the age-related olfactory decline.

CONCLUSION

In conclusion, this work revealed different degrees of olfactory and gustatory impairment in an elderly population. Nearly half of the tested population presented well-preserved chemosensory abilities that were relatively close to those of younger subjects. This was particularly true when the chemosensory abilities were tested using « easy » tests (high olfactory intensity; tasks with little demand on cognitive resources). Nearly one-fourth of the participants presented a moderate decline in olfactory and gustatory abilities. Beyond the effect of age per se, it seemed that this decline was related to factors that were specific to each person's lifetime experiences (poor health, consumption of medication, deterioration in cognitive status, deterioration in dental health...). Finally, showing that gustation and olfaction were not consistently impaired to the same extent, one-third of the sample presented relatively well-preserved olfactory abilities but a clear decline in salt perception.

ACKNOWLEDGMENTS

This study is part of AUPALESENS - Improving the pleasure of elderly people for better ageing and to fight against malnutrition – funded by the French National Research Agency (ANR-ALID, 2010-2013). The authors thank Géraldine Chaillot for running the survey in Angers; Elodie Caumon, Celia Crema for running the survey in Dijon; Marion Provost for running the survey in Nantes; Julia Ménard and Claire Vaugeois (Défi Santé Nutrition) for running the survey in Brest; Abba Atmani for running the first step in Angers; Valerie Feyen for scanning Fizz questionnaires; Philip Bastable for providing language assistance.

Ce qu'il faut retenir:

Les résultats des tests olfactifs et gustatifs ont montré que 43% de l'échantillon présentait des capacités olfactives et gustatives relativement bonnes comparées à des adultes jeunes, contre 21% présentant un déclin de ces capacités. Un petit nombre de sujets (3%) se sont avérés quasi incapables de percevoir les odeurs (proches de l'anosmie totale) tout en restant capables de percevoir la saveur salée. A l'opposé, 33% de l'échantillon présentait un déclin gustatif sévère mais aucun déclin olfactif. Les seniors présentant une altération des capacités olfactives étaient plus nombreux à reporter une mauvaise dentition et la prise de médicaments ayant des effets secondaires sur les sens chimiques que les seniors ayant conservé une bonne capacité olfactive.

Nous avons également observé un lien entre le niveau de dépendance et les capacités chimio-sensorielles, indépendamment de l'effet de l'âge. Ainsi, une augmentation du niveau de dépendance était significativement associée à un déclin de la capacité à détecter des odeurs à faible concentration, à discriminer des qualités d'odeurs différentes et à percevoir la saveur salée.

L'ensemble de ces résultats montrent que le déclin des capacités chimio-sensorielles n'est pas tant dû à un effet de l'âge en tant que tel, mais plutôt à des événements associés au vieillissement (dégradation de l'état de santé, prise de médicaments, détérioration de l'état bucco-dentaire...). Autrement dit, les facteurs qui conduisent à une augmentation de la dépendance conduiraient aussi à un déclin des performances chimio-sensorielles.

3. Exploration des préférences et des rejets alimentaires

L'être humain perçoit les aliments (c'est acide et sucré, ça sent la vanille) et lui attribue une valeur hédonique (c'est bon !). Plus la valeur hédonique est élevée, plus l'aliment sera apprécié, voire préféré aux autres aliments. Quand la valeur hédonique est faible, l'aliment peut être rejeté (je n'aime pas). Les travaux présentés ici visent à **développer des outils** permettant d'évaluer quels types d'aliments ou de recettes sont appréciés ou rejetés. Nous tenterons de répondre à la deuxième question de recherche **Quelle est la variabilité des préférences et des choix alimentaires au sein de la population âgée ? Quels outils pour les mesurer ?**

Les choix alimentaires sont le plus souvent explorés via les fréquences de consommation des différents aliments et les apports nutritionnels associés. De larges études comme « SENECA » (de Groot et al. 1998) ou le programme « NUTRISENE » (Fabian et al. 2008) ou encore l'étude des trois cités (Larrieu et al. 2004) se sont intéressées à la qualité nutritionnelle de l'alimentation, et ont recueilli les consommations alimentaires effectives (carnets alimentaires) ou déclarées (questionnaires). Le projet SENECA visait à étudier le lien entre les cultures alimentaires (repas et composition) et l'état de santé, l'espérance de vie, la morbidité et la mortalité dans six centres de six pays européens (dont la France). Au total, 681 personnes âgées nées entre 1913 et 1918 ont été incluses dans les résultats présentés par De Groot *et al* (1998) Le programme NUTRISENE a compilé des données de onze pays européens (n= 157 à 6500 selon les pays) sur les régimes alimentaires de personnes de plus de 55 ans. Il n'y a pas de données françaises dans cette étude. L'étude des trois cités, réalisée en France auprès de 9250 personnes de plus de 65 ans visait à relier les habitudes alimentaires aux informations sociodémographiques. Il a pu ainsi être déterminés des groupes de produits qui sont associés à des régimes alimentaires, et aussi identifier des groupes de personnes ayant un type de consommation proche. Le CREDOC étudie aussi régulièrement les comportements alimentaires. L'enquête CCAF (comportements et consommation alimentaire en France) de 2004 regroupe ainsi des données de comportement, d'opinion et de consommation recueillies auprès de 1361 adultes dont 265 de plus de 65 ans (Hebel 2007). Cette enquête met en évidence à la fois des aliments consommés par génération, mais identifie aussi des typologies de comportements et d'attitudes alimentaires. Une approche qualitative adoptée par Falk, Bisogni & Sobal (1996) pour analyser les déterminants des choix alimentaires montre clairement l'influence des

facteurs d'apprentissage, sociaux et environnementaux remontant à l'enfance sur les préférences et notamment l'image du repas idéal, sans cependant donner une vision quantitative de cet idéal pour les personnes âgées. Il ne faut pas oublier que la dimension économique joue sur les choix alimentaires tout au long de la vie et influence probablement aussi la construction des préférences, quelle que soit la génération (Drewnowski 1997).

Les aliments préférés semblent avoir été peu étudiés en tant que tels. Laureati, Pagliarini, Calcinoni & Bidoglio (2006) ont réalisé une étude sur 48 sujets vivant en institution et ont identifié les répertoires alimentaires préférés des sujets âgés en Italie : cuisine simple, plats traditionnels et familiers, alors que les aliments non familiers sont les moins appréciés. Ces résultats sont cohérents avec ce que peuvent nous dire les professionnels de la restauration en EHPAD notamment, mais ne suffisent pas à identifier les produits les plus ou les moins segmentant dans cette population. Ces auteurs ont travaillé à l'aide de questionnaires leur permettant d'identifier les aliments préférés dans une liste et les raisons de ces choix, et également via une évaluation hédonique lors d'une dégustation. Dans le projet européen Healthsense, ce sont des variétés de riz qui ont fait l'objet de tests hédoniques au cours de repas et les résultats ont montré avec 900 sujets peu d'effet de la classe d'âge sur la hiérarchisation des préférences (Gourillon-Cordelle et al. 2001). Russel and Cox (2003) ont adapté une version électronique du "repertory grid method" (Kelly 1955) à un public de personnes âgées de 65 à 75 ans mais l'étude était focalisée sur quatorze sortes de viande. La méthode, basée sur le fait d'ordonner des triades de produits par ordre de préférence ne nous a pas paru adaptée aux contraintes de temps que nous avons dans notre enquête.

Il est clair que l'approche la plus largement utilisée dans la littérature est diététique et repose principalement sur les consommations effectives, et non sur les préférences. Or, les consommations ne sont que partiellement le reflet des préférences, de nombreux facteurs pouvant interagir, notamment lorsque la dépendance survient (cf paragraphe 1 du chapitre 1). Les consommations effectives ont été mesurées également dans le projet (via des carnets alimentaires et un questionnaire de fréquence de consommation), ainsi que les fréquences déclarées de consommation. Cela a permis d'établir un bilan diététique des régimes alimentaires des sujets inclus dans l'enquête. Ces résultats ne seront pas présentés dans le cadre de cette thèse.

L'état de l'art ne nous a pas permis de déterminer les aliments préférés ou rejetés par les personnes âgées françaises, ni à identifier des outils adaptés à notre contexte d'enquête pour explorer les préférences. Nous avons donc développé trois outils distincts, dont nous analyserons la complémentarité. Il fallait que les tâches soient courtes car les deux interviews duraient de une à deux heures et devaient explorer de nombreuses dimensions en intégrant

des mesures anthropométriques et des tests sensoriels. Comme un questionnaire de fréquences de consommation par type d'aliment était déjà prévu (une échelle de fréquence par aliment, résultats non présentés dans ce document), il était souhaitable d'éviter de présenter à nouveau une liste de questions trop semblables. Des qualités ludiques étaient également recherchées afin de maintenir l'attention des personnes interrogées.

A l'issue de leur conception, ces outils ont fait l'objet d'un pré-test en Aout 2010 auprès de 60 personnes âgées de plus de 65 ans interrogées aux laboratoires de l'INRA de Dijon et de l'ESA d'Angers, qui nous a permis de modifier la liste des aliments, reformuler certaines questions, d'en supprimer certaines trop peu discriminantes.

Trois outils ont finalement été développés :

- . **un outil de mesure des rejets.** Dans une liste d'aliments, la personne coche simplement ceux qu'elle n'aime pas. Sont ainsi identifiés les aliments rejetés. Un score de sélectivité alimentaire est calculé en comptant le nombre d'aliments rejetés.
- . **un outil d'évaluation du style de mangeur.** Un questionnaire avec 21 items a été mis au point et concerne l'appréciation de différents aliments et recettes, évalués sur une échelle en cinq points.
- . **un outil de choix du menu préféré.** Une carte de menu simplifiée est présentée au sujet qui y choisit ce qu'il préfèrerait manger un jour ordinaire.

Comme nous l'avons fait pour l'observation des capacités sensorielles, nous nous intéresserons ici à la variabilité observée au sein de la population âgée. Ce chapitre est divisé en trois parties : l'approche de la sélectivité alimentaire (paragraphe 3.1), l'approche des styles de mangeur (paragraphe 3.2) et l'approche du menu préféré (paragraphe 3.3).

3.1. La sélectivité alimentaire

Objectifs :

- . mettre au point un outil de mesure des rejets alimentaires
- . mesurer l'effet de la sélectivité alimentaire sur l'état nutritionnel

Food Quality and Preference 32 (2014) 145–151



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Food Quality and Preference

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodqual



Food pickiness in the elderly: Relationship with dependency and malnutrition



I. Maitre^{a,*}, V. Van Wymelbeke^b, M. Amand^c, E. Vigneau^c, S. Issanchou^{d,e,f}, C. Sulmont-Rossé^{d,e,f}

^a LUNAM Université, Groupe ESA, UPSP GRAPPE, Angers, France

^b CHU, Unité de Recherche Service de Médecine Gériatrique, Dijon, France

^c LUNAM Université, ONIRIS, Unité de Sensométrie et Chimiométrie, Nantes, France

^d CNRS, UMR6265 Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, Dijon, France

^e INRA, UMR1324 Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, Dijon, France

^f Université de Bourgogne, UMR Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, Dijon, France

Abstract

Among factors contributing to malnutrition in the elderly, the present study aimed at assessing the impact of food selectivity (also referred as food "pickiness") on the nutritional status of the elderly. A survey with 559 French people over 65 years old was conducted to collect data on food selectivity, dependency and nutritional status. Food selectivity was assessed by asking respondents to tick each food they dislike among a list of familiar foods. Since some foods could be ticked as disliked because elderly people experience physical difficulties in eating these foods, the survey also included self-report assessment about difficulties encountered when eating. Results showed that an increase of food selectivity is correlated with an increase of malnutrition risk, parallel to the effect of eating difficulties on malnutrition. It seems that the eating difficulties have a stronger impact on malnutrition than the food selectivity. However, the prevalence of food selectivity appears to be higher than the prevalence of eating difficulties. Furthermore, we observed that food selectivity increased as dependency increased. Given the fact that food selectivity may increase the risk of malnutrition, and that the number of "picky" eaters is far from being negligible in nursing homes, it seems worthwhile to screen for pickiness when elderly people become culinary dependent (delegation of food-related activities to a caregiver or a home helper, meal home-delivery by a catering service, nursing homes). It may give an opportunity to improve food care dedicated to these persons and *in fine* to prevent malnutrition.

Keywords

food selectivity; elderly; dependence; nutritional status; Body Mass Index; eating difficulties.

Hilights

23% of the elderly are picky eaters, and 36% among nursing home sample.

An increase of food selectivity is correlated with an increase of malnutrition risk.

Food selectivity in the elderly increases as dependency increases.

46% of culinary dependent elderly were malnourished or at risk of malnutrition.

We developed a tool to measure food selectivity easy to administrate in the French elderly

3.1.1. Introduction

Within the context of an ageing population, malnutrition appears today as a major public health stake. Malnutrition results from an insufficient and/or inadequate nutritional intake which causes different deleterious effects such as muscle wasting and impaired body defenses. In the elderly, malnutrition causes or worsens a state of frailty and/or dependency, and contributes to the development of morbidities. It is also associated with a worsening of the prognosis of underlying diseases and increases the risk of death (Corti et al. 1994; Wallace et al. 1995; Ferry 2011). According to the HAS (2007), 4 to 10 % of elderly people living at home are malnourished. However, the prevalence of malnutrition rises up to 15 to 38% for elderly people living in nursing home and 70% for those in geriatric hospitals. The reasons for malnutrition are multi-factorial (Elsner 2002; Donini 2003; Hays et al. 2006). In fact, the ageing process, even when normal, is associated with several modifications such as physiological, psychological, economic and social that may impact on nutritional status. Among those factors, the aim of the present study was to assess the impact of food "pickiness", also referred to as food selectivity or fussiness, on the nutritional status of the elderly.

As pointed out by Potts and Wardle (1998), there is a distinction between rejection of a novel food (food neophobia) and rejection of a familiar food. The latter should be referred to as food "pickiness". Food pickiness has been studied both in the children and in the adult population, either by using self-report questionnaires (Raudenbush et al. 1995; Carruth et al. 2004; Mascola et al. 2010) or by using food attitude questionnaires (Smith 1988; Birch et al. 2001; Kauer 2002; Smith et al. 2005; Monnery-Patris 2009; Mascola et al. 2010). In some studies, food pickiness has also been assessed by asking respondents to tick each food they dislike among a list of familiar foods (Frank et al. 1994; Raudenbush et al. 1995). Despite it was often stated that food pickiness should affect nutritional status, this hypothesis was barely studied and remained controversial (see Dovey, Staples, Gibson and Halford (2008) for a review). In

fact, Galloway, Fiorito, Lee and Birch (2005) reported that picky children had lower intakes of vitamin E, folate and fibre and this could be related to a lower consumption of fruits and vegetables compared to non-picky children. Marchi and Cohen (1990) observed that picky eaters have lower Body Mass Index (BMI) than non-picky eaters. However, other research groups have failed to observe such relationship between pickiness and BMI (Carruth et al. 2000; Kauer 2002).

Regarding the elderly population, we hypothesized that food pickiness may be a considerable problem because it can be an aggravating factor of malnutrition by restricting diet. Such impact of pickiness may even be worse for elderly people who need help for food related activities. Food dependency usually occurs after a physical or psychological break-down. At home, food dependency can range from delegation of food-related activities such as shopping or cooking to a caregiver, to meal home-delivery by a catering service. Ultimately, for elderly people who live in a nursing home, all meals are planned and provided by the catering service of the institution. When dependent for food, elderly people have to face food choices made by a third party, which may be even more difficult for picky eaters.

To challenge these hypotheses, we designed a quick and easy tool to measure pickiness eating among an elderly – and thus frail – population. Rather than using a self-report questionnaire for which a social desirability bias may affect responses (elderly people may have difficulty in acknowledging themselves as “picky”), we asked respondents to tick each food they dislike among a list of familiar foods. Such method was called “list heuristic” by Potts and Wardle (1998). Among others, these authors have pointed out that the nature of foods included in the list was not of great importance while they recommended not using a too small number of items in it. In line with Potts and Wardle (1998) work, we considered that the higher the number of foods ticked as disliked, the pickier the respondent is. However, as Kauer (2002) pointed out that picky adults consider themselves as “selective” rather than “picky”, we chose to refer the number of disliked foods as a “selectivity” score.

A survey with people over 65 years old was conducted to collect data on food selectivity, dependency and nutritional status in order to explore the link between these variables. Since some foods could be ticked as disliked because elderly people experience physical difficulties in eating these foods, the survey also included self-report assessment about dental status and difficulties encountered when eating.

3.1.2. Material and Methods

3.1.2.1 Aupalesens survey

The Aupalesens survey is a study of eating behaviour and dependency in the French elderly. In 2011, 559 participants older than 65 years old (65-99 years old, 387 women, 172 men) were recruited among four categories ranging from a high level of autonomy to a high level of dependency. These four categories were defined prior to the survey as follows: category 1, elderly people living independently at home; category 2, elderly people living at home with help unrelated to food activity (housekeeping; gardening; personal care); category 3, elderly people living at home with help including help related to food activity (food purchasing; cooking; home meal delivery); category 4, elderly people living in a nursing home.

The survey was conducted in four French cities and their suburbs (Angers, Brest, Dijon, Nantes). To be recruited, candidates had to meet the following criteria: older than 65 years old; not suffering from an acute pathological episode at the time of the survey; not suffering from congenital anosmia neither from an anosmia due to head injury; not subject to food allergies; not on a diet prescribed by a doctor; not scoring below 20 in the Mini Mental Scale Examination (MMSE) (Folstein et al. 1975); this questionnaire screens for cognitive impairment). A brief interview was carried out with each candidate to check completion of inclusion criteria. The experimental protocol of the survey was approved by the French Ethical Research Committee (CPP Est I, Dijon, #2010/42, AFSSAPS# 2010-A01079-30). In accordance with the rules of ethics, all participants received written and oral information on the survey before signing a consent form.

Respondents took part in two sessions of about 90-minutes each during which extensive medical, nutritional, psychological, sociological and sensory data were collected on the basis of tests and questionnaires. Face-to-face interviews were run by six experimenters (all women) that followed a 1-day training session. Only data related to nutritional status, food selectivity and eating difficulty in addition to background information such as dependency category, age and gender are reported here.

3.1.2.2 Measurements

Nutritional status

Respondents completed the Mini Nutritional Assessment© (MNA) (Guigoz et al. 2002), a validated screening tool on a scale of 30 points that identifies elderly persons who are nourished normally (score >23.5), at risk for malnutrition (score between 17-23.5) or

malnourished (score < 17). It comprises 18 questions and relies on four dimensions: anthropometric assessment including Body Mass Index (BMI) measurement, global evaluation, dietetic assessment, and subjective assessment. Anthropometric measurements were done by the six trained experimenters.

Food selectivity

Respondents were asked to tick each food item they dislike among a list of 71 familiar products which includes both raw foods and dishes from the following categories: starter, meat, fish, egg, garnish, dairy products, desserts, bread, and beverage (see annex 3). The selectivity score is the number of disliked food items among the list of 71 items. This list has been designed thanks to the help of health care professionals and food manufacturers delivering food for nursing homes. A first list of 80 items was assessed through a preliminary study run with 60 elderly participants who did not participate in the present study. Nine items were removed because they were disliked by more than 20% of the sample. The food selectivity questionnaire was self-administrated except for people who had difficulty in reading and/or writing.

Eating difficulties.

Eating difficulties were assessed through a generic question and four specific questions. Firstly, participants were asked to indicate whether eating is “very difficult”, “difficult”, “not very easy”, “easy” or “very easy”. Secondly, they had to indicate whether they experienced difficulty in cutting the food, in putting the food in the mouth, in chewing the food and in swallowing the food (“yes”, “somewhat yes”, “somewhat no”, “no”). They were also asked to indicate whether they were dentate with or without partial dentures, edentulous with partial or complete denture, edentulous without denture.

3.1.2.3 Data treatment

For each respondent, a selectivity score was computed by counting the number of foods ticked as disliked. Statistical analyses were conducted using STATGRAPHICS Plus (5.1). As some independent variables were categorical (e.g., dependency category, gender) and other continuous (e.g., age, selectivity score), we performed analyses of covariance (ANCOVA) with the General Linear Model (GLM) procedure of STATGRAPHIC (type III sum of squares). Least-squares means (LS-means) were computed for each factor and submitted to multiple comparisons analysis thanks to the Newman-Keuls method. All the results reported here were significant at a level of 0.05 unless otherwise stated. Means (*M*) are given with associated standard deviation (*SD*).

3.1.3. Results

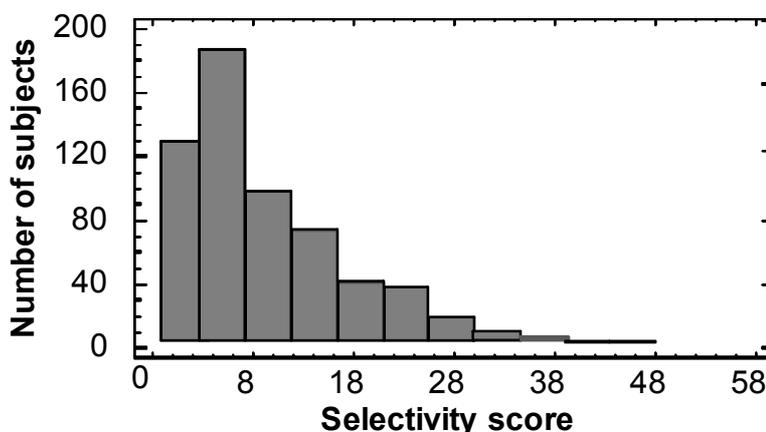
3.1.3.1 Sample characteristics

Five-hundred and fifty-nine participants were included in the survey. Two-hundred and eighty-nine people were interviewed in category 1 (65 to 90 yrs; mean age: 74 yrs; 198 women, 91 men), 74 in category 2 (68 to 92 yrs; mean age: 81 yrs; 54 women, 20 men), 101 in category 3 (67 to 97 yrs; mean age: 85 yrs; 67 women, 34 men) and 95 in category 4 (69 to 99 yrs; mean age: 87 yrs; 68 women, 27 men). As expected, age and malnutrition increased with dependency categories [age: $F_{(3,558)}=161.4$; $p<.001$; malnutrition: $Chi^2=107.4$; $p<.001$]. Female/male ratio was not significantly different between categories [$Chi^2=1.2$; $p=.75$]. According to the MNA score, the proportion of people that were malnourished or at risk of malnourishment was equal to 8% in the first category (people living at home without help), 16% in the second one (people living at home with help unrelated to food activities), and reaches 46% in the last two categories (*i.e.*, people living at home with help related to food activities and people living in a nursing home).

3.1.3.2 Selectivity scores. Impact of age, gender and dependency

Figure 7 depicts the distribution of selectivity scores within the whole panel. Selectivity scores varied from 0 ($n=34$) to 40 out of a total of 71 food items, with a mean of 8.7 ($SD=7.6$). 25% of the sample scored higher than 13 and 10% scored higher than 20.

Figure 7 Distribution of selectivity scores within the whole panel.

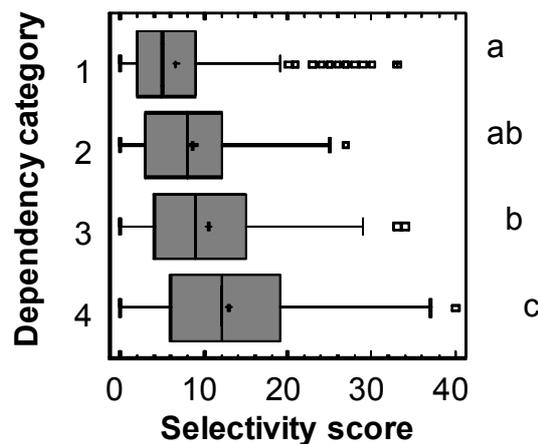


The selectivity scores were submitted to an ANCOVA with *gender*, *dependency category* and *age* as independent variables. As interactions were not significant, they were removed from the

model ($category \times gender: p=.75$; $category \times age: p=.21$; $gender \times age: p=.57$). Results showed a significant effect of *dependency category* [$F_{(3,553)}=8.75$; $p<.001$] while no effect of *age* [$F_{(1,553)}=1.37$; $p=.24$] nor of *gender* [$F_{(1,553)}=0.02$; $p=.88$] were observed. According to *post-hoc* analyses, elderly people living in a nursing home (category 4) were more selective than elderly people living at home with help related to food activity (category 3), who in turn were more selective than elderly people living independently at home (category 1). Selectivity scores of elderly people living at home with help unrelated to food activity (category 2) were intermediate and not significantly different compared to the scores of category 1 and category 3 (Figure 8). To sum up, when adjusted for age and gender, selectivity increases as elderly people become more dependent for food related activities.

also pointed out an increase of between-subject variation with dependency level.

Figure 8 Selectivity score : Boxplot with outliers for each dependency category



3.1.3.3 Eating difficulties

Over the entire panel, only 8% of the respondents ($n=44$) reported in the generic question suffering from moderate to high difficulty when eating. According to a Student *t* test, respondents who reported difficulty when eating were older ($M=82.6$ years old; $SD=7.2$) than respondents who reported no difficulties ($M=78.7$ years old; $SD=8.2$) [$t= -3.05$; $p<0.01$]. Those with difficulties were also more dependent than those without difficulties. 3%, 9%, 11% and 18% of respondents in categories 1 to 4 respectively reported difficulties when eating [$\chi^2=23.70$; $p<.001$]. No gender effect was observed for this variable [$\chi^2=0.25$; $p=0.62$].

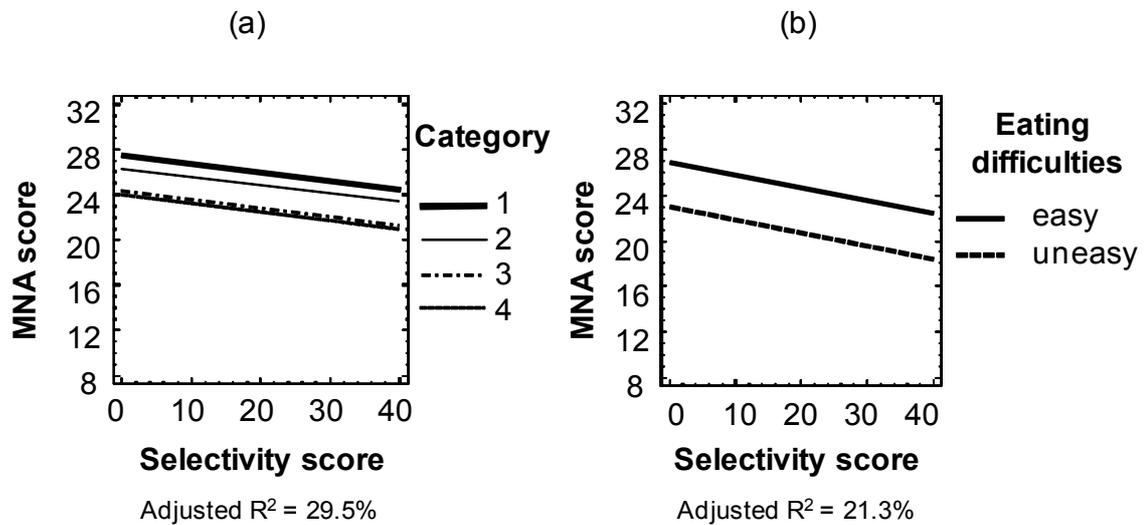
57% of the respondents who reported eating difficulties reported difficulty in chewing the food while they were only 18%, 34% and 16% respectively to report difficulty in swallowing, in cutting and in bringing the foods to the mouth. Furthermore, 48% of the respondents who reported eating difficulties were missing some teeth (they had a partial dentition without denture or they were edentulous with a partial denture or no denture). Only 23% of the respondents who reported no eating difficulties were in the same situation with regard to dentition ($\chi^2=13.1, p<0.001$).

As the generic question about eating difficulties seems to adequately reflect an overall feeling of the respondents about eating, only this question was conserved for the next analyses.

3.1.3.4 Impact of selectivity and eating difficulties on nutritional status

Nutritional scores computed from the Mini-Nutritional Assessment questionnaire (MNA scores) were submitted to an ANCOVA with *dependency category*, *eating difficulties* (uneasy; easy), *age* and *selectivity* as independent variables. As interactions were not significant, they were removed from the model. Results showed a significant effect of *dependency category* [$F_{(3,553)}=28.5; p<.001$], of *eating difficulties* [$F_{(1,553)}=66.0; p<.001$] and of *selectivity* [$F_{(1,553)}=17.9; p<.001$]. No significant effect of *age*, once adjusted to the other effects, was observed [$F_{(1,553)}=0.0; p=.98$]. [Figure 9](#) depicts the relationship between nutritional and selectivity scores for each dependency category ([Figure 9.a](#)), and for respondents who reported difficulties when eating *versus* respondents who reported no difficulties ([Figure 9.b](#)).

Figure 9 Regression lines between MNA score and selectivity score by dependency category (a) and eating difficulties level (b).



This figure shows that MNA score decreases when dependency increases (9.a) or when difficulties in eating occur (9.b). According to *post-hoc* analyses, MNA scores of categories 3 and 4 (category 3: $Lsmean=21.9$; $SD=0.3$; category 4: $Lsmean=22.2$; $SD=0.4$) are significantly lower than the one of category 2 ($Lsmean=24.0$; $SD=0.4$), itself lower than the one of category 1 ($Lsmean=24.9$; $SD=0.3$). At the same time, the estimated coefficient associated with the variable *eating difficulties* is -1.63, meaning that when difficulties in eating are experienced, the MNA score should decrease by 1.63 points. Thus, respondents who reported medium to high difficulties when eating are associated with a lower MNA score ($Lsmean=21.8$; $SD=0.14$) than respondents who reported no difficulties when eating ($Lsmean=25.2$; $SD=0.4$).

Independently of these two variables, an increase of selectivity score is also correlated with a decrease of MNA score. The estimated coefficient associated with the variable *selectivity* is -0.06: when the selectivity score increases by ten points, the MNA score should decrease by 0.6 points, given that the mean value of the observed MNA is 24.1. This is illustrated in [Figure 9](#): an increase of selectivity is associated with a decrease of MNA score, within all dependency categories ([Figure 9.a](#)) and for respondents who both reported no difficulties in eating and respondents who reported difficulties in eating ([Figure 9.b](#)).

The same linear model was applied to respondents' BMI values. As the interaction *category*×*age* was significant [$F_{(3,549)}=5.0$; $p<.01$], it was included in the final model. It appears that BMI was significantly associated with *eating difficulties* [$F_{(1,549)}=15.5$; $p<.001$] but not with

food selectivity [$F_{(1,549)}=2.7$; $p=.10$]. According to *post-hoc* analyses, respondents who reported medium to high difficulties when eating are associated with a lower BMI ($Lsmean=26.6$; $SD=0.8$) than respondents who reported no difficulties when eating ($Lsmean=29.5$; $SD=0.3$). A significant effect of *dependency category* [$F_{(3,549)}=6.2$; $p<.0001$] and of *age* [$F_{(1,549)}=18.4$; $p<.0001$] was also observed, meaning that BMI decreased with dependency and age.

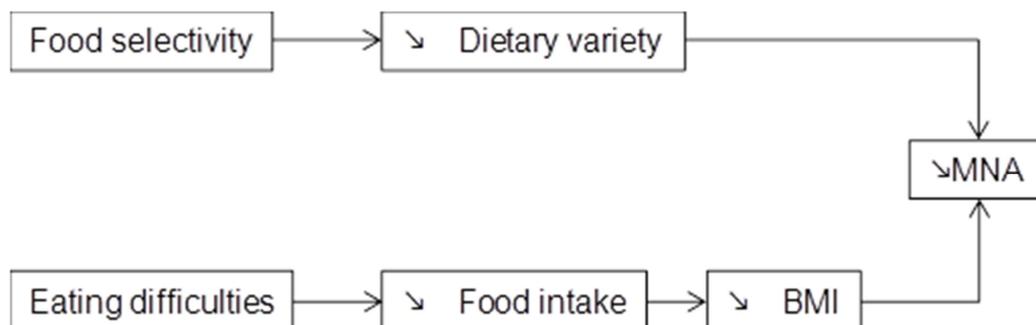
3.1.4. Discussion

To our knowledge, the present study is the first one to explore food selectivity in an elderly population. To achieve this goal, we have succeeded in designing a selectivity questionnaire well-accepted by the respondents and easy to administrate with such a frail population. Moreover, the range of variation in the selectivity score computed from this questionnaire was large enough to reveal inter-individual differences. In particular, we observed that 23% of the sample disliked more than 20% of the food items and thus can be described as rather picky. This result was not necessarily expected as respondents were born around the Second World War. According to popular belief, this population, who suffered from food restrictions, learned to finish whatever was on their plate and to not complain about food.

The main result of the present study is that an increase of food selectivity is correlated with an increase of malnutrition risk, parallel to the effect of eating difficulties on malnutrition. Interestingly, no impact of food selectivity was observed on respondents' Body Mass Index (BMI) while an increase in eating difficulties was correlated with a decrease of respondents' BMI. This suggests different mechanisms behind these effects. On the one hand, one could argue that food selectivity leads to a monotonous and unbalanced diet, which in turn leads to a decline of nutritional status. Despite no studies yet in place for an elderly population, several authors observed that food selectivity was associated with an unbalanced diet in children (Carruth et al. 1998; Arimond et al. 2004; Carruth et al. 2004; Galloway et al. 2005; Mascola et al. 2010). However, it is acknowledged that for the elderly, a lack of dietary variety leads to an imbalance between nutritional supplies and the body's requirements, which in turn deteriorates the nutritional status (Bernstein et al. 2002; WHO 2003; Arimond et al. 2004; Hays et al. 2006) and increases morbidity (Kant et al. 1993). On the other hand, it could be put forward that eating difficulties decrease food intake by causing pain and reducing eating motivation. Intake decrease may in turn lead to weight lost and malnutrition risk (Woo et al. 1994; Lamy et al. 1999; Westergren et al. 2002; Westergren et al. 2009; Lee et al. 2010). These hypothetical pathways, namely a rather "qualitative" pathway between food selectivity and malnutrition, and a rather "quantitative" pathway between eating difficulties and

malnutrition, are depicted in [Figure 10](#). In spite of the fact that this model deserves further studies to be validated, we do hope that it offers a theoretical framework for these further studies.

Figure 10 Hypothetical pathways between food selectivity, eating difficulties and malnutrition risk.



It seems that the eating difficulties have a stronger impact on malnutrition than the food selectivity, even if direct comparisons between a qualitative variable and a quantitative variable are subject to caution. In fact, respondents who reported medium to high difficulties when eating scored 3 points lower on the MNA questionnaire than respondents who reported no difficulties. At the same time, an increase of 10 points for the selectivity score was related to a decrease of only 0.6 points for the MNA score. However, in our sample, the prevalence of food selectivity appears to be higher than the prevalence of eating difficulties. Despite the fact that our data does not allow for setting a “threshold” (namely a score above which people could be categorized as “picky”), we observed that 23% of our sample disliked at least 20% of the food items proposed in the list, while only 8% of the respondents reported medium to high difficulty when eating. This pleads for taking into account food selectivity, parallel to other factors, when one is looking at the etiology of malnutrition.

When planning this research, we assumed that the impact of food selectivity on nutritional status would be worse for elderly people who delegate all or part of food-related activities to a third party (*i.e.*, for the categories 3 and 4 of the present study). Moreover, in the present survey, we observed a drastic increase in malnutrition risk with culinary dependence: 46% of respondents who were culinary dependent were malnourished or at risk of malnutrition while this proportion reached only 8% for autonomous elderly people. However, according to the present results, dependency does not seem to worsen the impact of selectivity on malnutrition among culinary dependent people (no interaction was observed between the level of dependency and food selectivity). Nevertheless, we observed that food selectivity increased as

dependency increased (Figure 9). In fact, 10% of the respondents living at home without help (category 1) disliked at least 20% of the food items but this proportion reaches 36% for respondents living in a nursing home (category 4). As our study cannot allow for determining the causal sense of the relationship between dependency and food selectivity, two hypotheses could be formulated. First, food selectivity may predispose to malnutrition by a lack of dietary variety. This, in turn, may contribute to a decline of functional capacities and autonomy. Second, dependency, which often appears with an increase of physical and psychological sufferings, may also contribute to the development of food selectivity. At this stage, further studies are needed to discover whether food pickiness is a personality trait, steady over the course of a life time, and/or if it increases with dependency.

As noted by Edfors and Westergren (2012), "Meeting the need for optimal nutritional status for older people living at home requires knowledge of individual preferences and habits, from both their earlier and current lives." Given the fact that food selectivity may increase the risk of malnutrition, and that the number of "picky" eaters is far from being negligible in nursing homes, it seems worthwhile to screen for pickiness when elderly people become culinary dependent. It may give an opportunity to improve food care dedicated to these persons and *in fine* to prevent malnutrition. Such screening requires appropriate tools as elderly persons seldom complain about food (Sidenvall 1999b; CLCV 2012). In fact, as pointed out by Sidenvall (1999b), "elderly patients were grateful for food and everything that was done for them, and as a result they remained silent about disgusting food and unfitting caring actions; as an enrolled nurse said: 'She always says it's all right when you ask'". In this sense, using a heuristic list (Potts et al. 1998) as the one used in the present study may offer an interesting perspective to treat this problem.

3.1.5. Conclusion

The present survey showed that an increase of food selectivity is correlated with an increase of malnutrition risk, parallel to the effect of eating difficulties on malnutrition. It seems that the eating difficulties have a stronger impact on malnutrition than the food selectivity. However, the prevalence of food selectivity appears to be higher than the prevalence of eating difficulties. Despite popular belief, French people older than 65 years of age are not necessarily eager to eat whatever is on their plate. Instead, some of them are rather "picky", especially when dependency occurs. At this stage, further research is needed to disentangle the impact of food selectivity on dependency from the impact of dependency on food selectivity. Nonetheless, the relationship between food selectivity and malnutrition challenges catering services dedicated to

the elderly to move from a collective answer toward a more tailored system, better suited to the food preferences of each individual.

Acknowledgments

This study is part of AUPALESENS – Improving pleasure of elderly people for better aging and for fighting against malnutrition – funded by the French National Research Agency (ANR – ALID call). The authors thank Géraldine Chaillot for running the survey in Angers; Elodie Caumon, Celia Crema for running the survey in Dijon; Marion Provost for running the survey in Nantes; Julia Ménard and Claire Vaugeois (Défi Santé Nutrition) for running the survey in Brest; Ronan Symoneaux, Jérémy Tavares and Valerie Feyen for designing and scanning Fizz questionnaires; Fiona Casey for providing language help.

Ce qu'il faut retenir

Une méthode d'évaluation des rejets alimentaire a été développée. Le nombre de rejets dans une liste de 71 aliments permet de calculer un score de sélectivité.

Une plus grande sélectivité est associée à un risque de dénutrition plus élevé.

Il existe une grande variabilité du score de sélectivité au sein de l'échantillon. La proportion de personnes sélectives pour leur alimentation est plus élevée chez les personnes dépendantes. 36% des personnes vivant en EHPAD ont rejeté plus de 20% des aliments de la liste.

3.2. Les styles de mangeurs

Objectifs :

- . **Mettre au point une méthode pour évaluer les aliments et les recettes préférées et ceux qui sont moins aimés**
- . **Mesurer la variabilité des préférences au sein de la population âgée**

La littérature sur les préférences des personnes âgées en France ne suffit pas à dresser des groupes de produits appréciés selon le type de consommateur. Dans la mesure où nous avons trouvé peu d'outils explorant les aliments préférés et rejetés par les personnes âgées dans la littérature, nous avons décidé d'en **mettre au point**.

3.2.1. Matériel et Méthodes

- **Echantillon**

Ce questionnaire a été développé pour être intégré au questionnaire de l'enquête déjà présentée au paragraphe 1 du chapitre 2. Nous avons recueilli les réponses de 559 personnes de plus de 65 ans appartenant aux quatre catégories de dépendance déjà présentées.

- **Questionnaire**

Ce questionnaire a été établi grâce à la liste d'aliments discriminant des groupes de produits identifiés dans l'étude SUVIMAX (Kesse-Guyot et al. 2008). L'enquête avait porté sur 2463 femmes et 2731 hommes de plus de 45 ans, dont on avait recueilli les consommations alimentaires sur 24 heures, six fois par an. Grâce à une Analyse en Composantes Principales, quatre combinaisons d'aliments indépendantes (« patterns ») ont été identifiées : le groupe 1 associait consommation d'alcool et de produits à base de viande, corrélée positivement à celle de viande et volaille, de charcuterie, de bière, de cidre, de vin et d'alcool, et négativement à la consommation de fruits. Le deuxième groupe d'aliments associait la consommation de fruits, de thé, d'huile végétale, de céréales de petit déjeuner, de légumes, de produits de la mer, de produits allégés tout en étant négativement corrélée à la consommation de beurre. Le troisième groupe incluait les confiseries et les gâteaux, les boissons sucrées, les viennoiseries et les produits tout préparés. Le dernier groupe d'aliments était corrélé positivement à la consommation de pâtes et de riz, d'huile végétale, de produits allégés, de sauces allégées ou non et à un niveau plus faible aux légumes. Il était négativement corrélé à la consommation de céréales de petit déjeuner. A partir de cette information, nous avons établi une liste simplifiée de produits pour lesquels nous souhaitons une évaluation hédonique, l'idée sous-jacente étant

de discriminer les sujets selon leur préférence aux groupes d'aliments identifiés dans SUVIMAX. Nous avons notamment réduit le nombre de boissons explorées (« un verre de vin ou de bière au cours du repas ») pour nous focaliser sur les aliments solides.

Les **styles de cuisine et d'aliments préférés** ont été relevés grâce à un questionnaire comprenant 21 affirmations opposées sur lesquelles les personnes indiquaient leur accord ou leur désaccord (j'adore les légumes, surtout quand ils sont cuits à la vapeur – j'ai un faible pour les viennoiseries, ...). Le questionnaire est présenté au Tableau 9. Les personnes devaient se positionner entre deux propositions opposées sur une échelle en 5 points (de -2 à +2). Un score élevé indique un accord pour la proposition située à droite de l'échelle.

D'un point de vue méthodologique, l'outil « styles » n'explore pas uniquement des dimensions de préférence en tant que telles. En effet certaines questions abordent plutôt une notion d'habitude de consommation. C'est le cas du pain, du vin, du sucre, des soupes, des produits allégés, des desserts, des fruits, des féculents. La formulation de ces propositions vise à identifier des habitudes liées à des appréciations élevées (« je ne peux pas me passer de fruits»). D'autres questions reflètent aussi un style de cuisine (« je préfère la cuisine au beurre », j'aime les légumes, surtout à la vapeur »).

Tableau 9 Questionnaire des styles de mangeur

Un rôti de bœuf saignant et bien tendre : c'est dégoûtant !	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Un rôti de bœuf saignant et bien tendre : j'adore
Je n'apprécie pas vraiment les produits laitiers frais (yaourts, fromage blanc...)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	J'apprécie beaucoup les produits laitiers frais (yaourts, fromage blanc...)
Il est rare que j'accompagne mon repas d'un verre de vin ou de bière	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	J'accompagne toujours mon repas d'un verre de vin ou de bière
Je ne raffole pas des douceurs (biscuits et bonbons)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Je raffole des douceurs (biscuits et bonbons)
Je n'aime pas la cuisine un peu travaillée, ni les plats en sauce	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	J'aime la cuisine un peu travaillée, les plats en sauce.
Je ne me considère pas comme un amateur de viande, et surtout pas de viande rouge	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Je me considère comme un amateur de viande, notamment de viande rouge
Je peux tout à fait me passer de fruits	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Je ne peux pas me passer des fruits
Je préfère la cuisine à l'huile plutôt que celle au beurre	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Je préfère la cuisine au beurre plutôt que celle à l'huile
Je ne sucre jamais mes boissons, mes yaourts, avec du sucre, du miel ou de la confiture	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Je sucre toujours mes boissons, mes yaourts, avec du sucre, du miel ou de la confiture
Je mange très peu de soupes	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Je mange beaucoup de soupes
Je ne suis pas spécialement attiré par les viennoiseries	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	J'ai un faible pour les viennoiseries
Je consomme très peu de pain	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Je suis un gros consommateur de pain
J'évite les produits allégés en matières grasses	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Je recherche les produits allégés en matières grasses
Je n'apprécie pas les plats tout préparés	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	J'apprécie les plats tout préparés
Je déteste les légumes, surtout quand ils sont cuits à la vapeur !	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	J'adore les légumes, surtout quand ils sont cuits à la vapeur !
Je préfère la viande au poisson	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Je préfère le poisson à la viande
Je peux sans problème me passer de dessert	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	J'ai du mal à me passer du dessert
J'accompagne rarement mes plats avec du riz, des pommes de terre ou des pâtes	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	J'accompagne presque toujours mes plats avec du riz, des pommes de terre ou des pâtes
Je n'apprécie pas plus que ça un saucisson ou des rillettes	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Rien ne me fait plus plaisir qu'un saucisson ou des rillettes
Je ne raffole pas de la cuisine exotique	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	J'adore la cuisine exotique
Je n'aime pas les œufs	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	J'adore les œufs sous toutes leurs formes, coque, au plat, brouillés...

• **Traitement des données**

La matrice des styles de mangeur regroupe par sujet et par question de style une note entre 1 et 5. Des moyennes sont calculées sur l'ensemble des sujets, ou par groupe de capacités sensorielles identifiés au paragraphe 2 du chapitre 2. Une Analyse en Composantes principales

(ACP) non normée a été suivie d'une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) (critère de Ward et distance euclidienne, avec consolidation par k-Means) sur l'ensemble des composantes et a permis d'identifier les groupes ou segments (clusters en anglais) de styles de mangeurs.

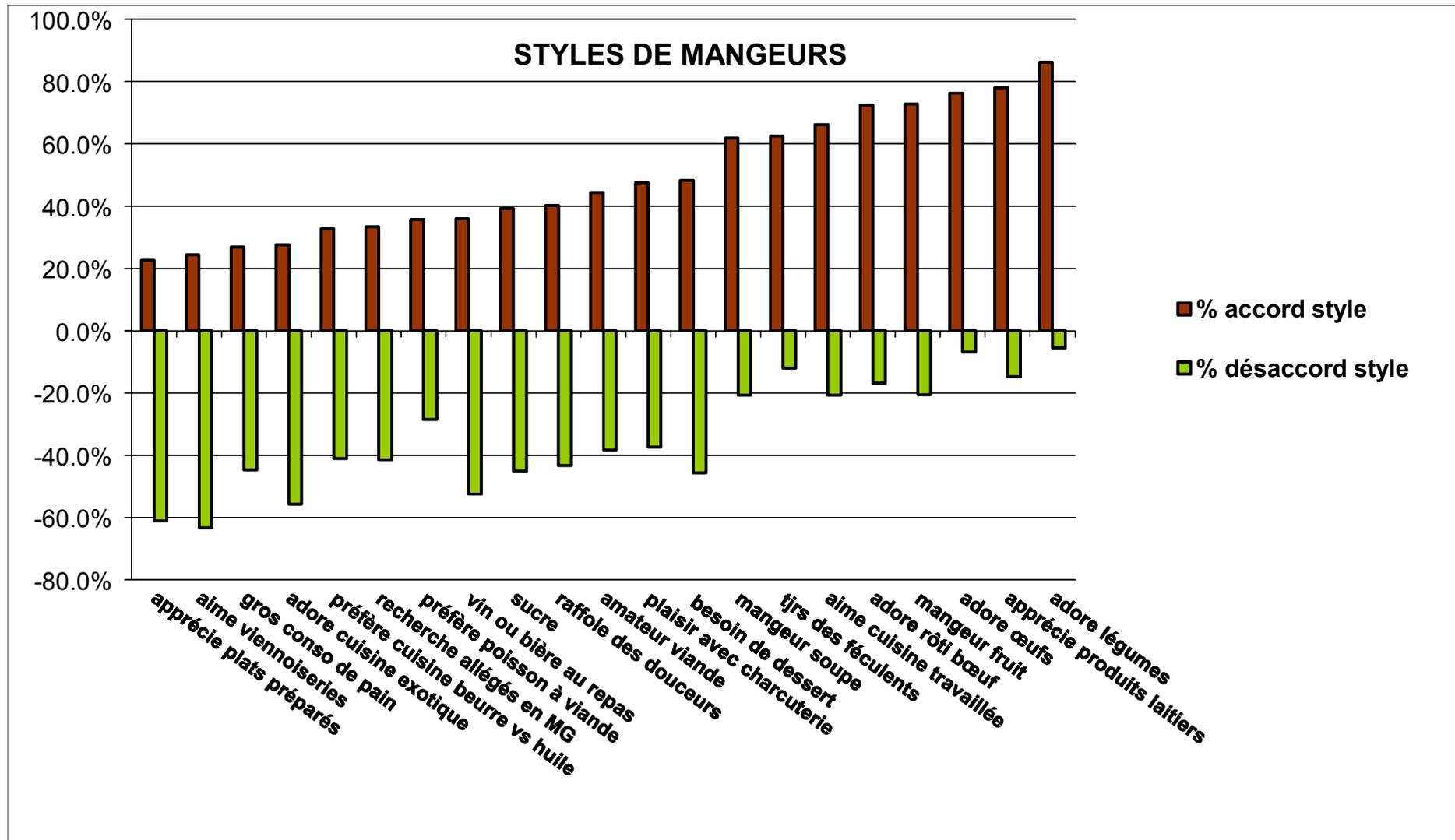
Pour caractériser les groupes, une analyse de covariance (variable quantitative) ou un test de Khi2 (variable qualitative) ont été réalisés par variable. Dans la mesure où l'on pouvait s'attendre à des effets de la génération (âge), du genre et de la dépendance sur les préférences, ces effets ont été introduits dans les modèles d'analyse de covariance. Ainsi, lorsque les effets du style sont significatifs, ils ne sont pas confondus avec un effet de l'âge, ou du genre, ou du niveau de dépendance.

3.2.2. Résultats

- **Résultats sur l'ensemble de l'échantillon**

La Figure 11 présente le pourcentage de personnes en accord avec la question (ayant donné les notes 4 ou 5 à l'item de la question de style précisée en abscisse) ou en désaccord (ayant donné les notes 1 ou 2). Les items sont rangés par ordre croissant de pourcentage de l'échantillon en accord avec cet item. **Les œufs, les produits laitiers et les légumes font l'unanimité** (plus de 75% d'accord). **Les produits sucrés et la charcuterie segmentent fortement** (autant d'accord que de désaccord). **Plus de 50% des personnes interrogées n'apprécient pas beaucoup les plats préparés, viennoiseries, cuisine exotique et le vin ou la bière au cours du repas.**

Figure 11 , Répartition de l'échantillon selon l'accord ou le désaccord à la question de style



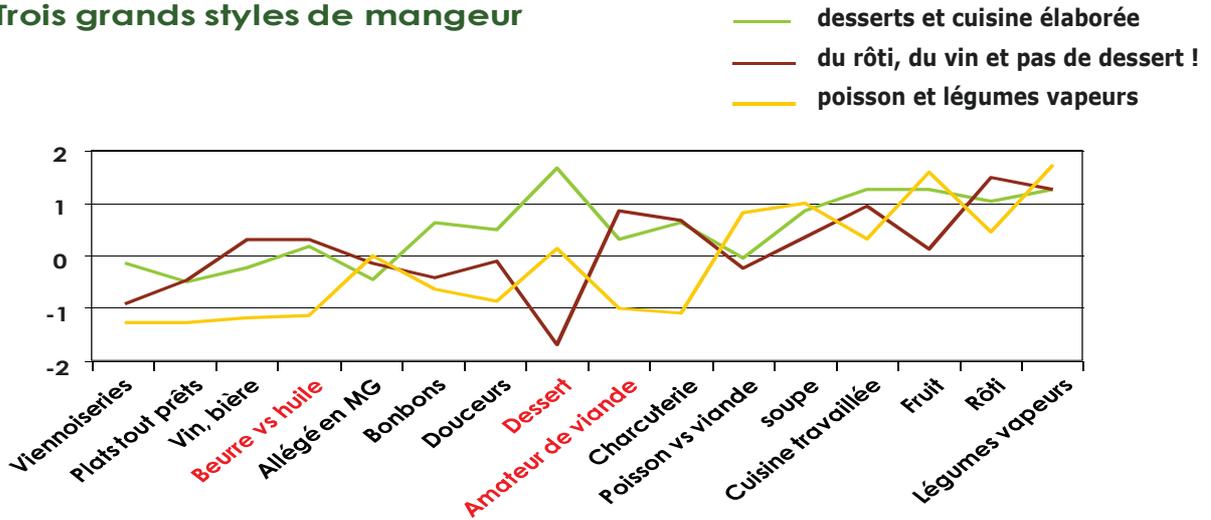
- **Segmentation de l'échantillon : identification de différents styles de mangeurs**

Segmenter l'échantillon permet d'identifier, tout en la simplifiant, la variabilité des sujets. La classification (CAH) a mis en évidence trois groupes de styles de mangeurs, d'effectifs similaires. La Figure 12 présente sur le même graphique la note moyenne par item discriminant ($P < 0.05$) pour chacun des groupes.

- Premier groupe : Les amateurs de **"desserts et de cuisine élaborée"** (33%) apprécient la cuisine travaillée et ne peuvent se passer d'un dessert à la fin du repas. Ils aiment la charcuterie, la viande, les produits sucrés, les fruits et les desserts. Ils préfèrent la cuisine au beurre plutôt qu'à l'huile. Ils ne recherchent pas les produits allégés en matière grasse.
- Deuxième groupe : Ceux que nous avons nommé « **du rôti, du vin et pas de dessert !** » (33%) se passent très bien de dessert et ne raffolent pas de fruit ou de produits sucrés. Ils adorent le rôti bien saignant et la viande en général, ainsi que la charcuterie. Ils préfèrent légèrement la viande au poisson. Pour eux, la cuisine est au beurre plutôt qu'à l'huile. Ils accompagnent volontiers leur repas avec un verre de vin ou de bière.
- Troisième groupe : Enfin, les amateurs de **"poisson et légumes vapeurs"** (33%) préfèrent le poisson à la viande, la cuisine à l'huile plutôt qu'au beurre. Ils aiment les légumes, spécialement à la vapeur, la soupe, les fruits et rejettent les plats tout préparés. Ils n'aiment pas les bonbons, le sucre et les viennoiseries. Manger de la viande, des plats élaborés ou de la charcuterie n'est pas spécialement un plaisir pour eux. Ils accompagnent rarement leur repas d'un verre de vin ou de bière.

Figure 12 Moyenne des scores par item de style de mangeur, pour chaque groupe de style (P<0,05)

Trois grands styles de mangeur



• **Description des trois groupes de styles de mangeurs**

Qui sont les personnes qui forment ces groupes de styles et quelles sont leurs grandes caractéristiques ? Le Tableau 10 indique les moyennes ou les pourcentages d’une sélection de variables pour lesquelles l’effet « style de mangeur » est significatif quand il est testé avec les effets de l’âge, du genre et de la catégorie de dépendance.

Peu de variables différencient les groupes de styles de mangeurs. L’état nutritionnel (MNA) et les capacités fonctionnelles (SPPB) ne sont pas impactés par le style du mangeur. De même, il n’y a pas de lien significatif entre groupe de style et sélectivité alimentaire. Les trois groupes de styles ont des capacités sensorielles comparables.

Tableau 10, Caractéristiques des groupes de styles de mangeurs ¹

% ou moyenne (écart-type)		desserts et cuisine élaborée	du rôti, du vin et pas de dessert !	poisson et légumes vapeurs	P	<i>Khi2</i> ou <i>F</i>
Effectif		189	187	183		
% homme / % femme		30 / 70	45 / 55	16 / 84	0,000	<u>36,7</u>
Âge		79,7 (8,3)	79,9 (7,8)	77,4 (8,1)	0,17	1,8
% 80 ans et plus dans le cluster		52	52	38		
Indicateurs santé	Indice de Masse Corporelle (IMC)	27,6 (4,7)	28,9 (4,9)	26,9 (4,9)	0,002	6,4
	Score de mastication /6	3,5 (2,6)	4,1 (2,4)	4,4 (2,2)	0,002	6,2
autonomie	A domicile, autonomes (% du menu dans cat. 1)	34	26	40	0,000	<u>27,6</u>
	A domicile, aide hors repas (% du menu dans cat. 2)	31	40	28		
	A domicile, aide pour repas (% du menu dans cat. 3)	42	35	24		
	Maison de retraite (% du menu dans cat. 4)	28	49	22		
Plaisir et attitude	Plaisir de manger /20	16,6(3,0)b	16,5(3,0)b	15,8(2,9)a	0,026	3,7
	Satisfaction /5	4,5(0,8)	4,5(0,9)	4,4(0,8)	0,82	0,2
	Intérêt pour une alimentation santé /20	15,1(3,1)a	14,9(3,3)a	16,4(2,5)b	0,000	9,4

3.2.3. Discussion

Il est intéressant de noter que les personnes âgées semblent préférer les produits bruts et frais alors que les produits préparés semblent moins appréciés par cette population. Ceci est cohérent avec la littérature qui montre que les personnes âgées consomment plus de produits

¹ les moyennes en **orange et gras** et en **vert et italiques** sont respectivement **plus élevées** et **plus faibles** (test LSD) à P<0,05. Pour les variables discrètes (genre et catégorie) : les effectifs **en orange et gras** et en **vert et italiques** sont respectivement **sur-** et **sous** représentés dans les clusters (test du Chi2, p<0,05).

frais et moins de produits transformés, probablement parce qu'elles y sont moins habituées (Hebel et al. 2005; Cardon et al. 2009). Au sein de la population française, la consommation de soupe, de fruits frais, de légumes est plus élevée chez les seniors que chez les plus jeunes, alors que les aliments transformés sont peu consommés par les générations anciennes (Hebel 2007).

Le score de mastication est le plus faible dans le groupe le plus attiré par les produits sucrés. Dans ces générations qui ont connu des soins dentaires moins performants qu'aujourd'hui, ce lien entre goût pour le sucré et score de mastication diminué n'est pas incohérent.

Ces résultats de styles sont **difficiles à rapprocher** des enquêtes réalisées sur les consommations alimentaires, puisque les préférences ne sont **qu'un des facteurs** qui gouvernent les choix alimentaires. La qualité nutritionnelle des aliments, leur prix, leur praticité, leur disponibilité, la sécurité alimentaire et l'image de marque influencent également les choix d'aliments. Il est reconnu par ailleurs que si les préférences jouent sur les choix alimentaires, les personnes ne surconsomment pas les produits qu'elles aiment (Drewnowski 1997). Il est cependant intéressant de vérifier si les produits sont **regroupés de façon similaire** lorsqu'ils sont évalués pour leur quantité consommée ou pour leur valeur hédonique. Si c'est le cas, c'est un élément en faveur de la validité de l'outil. Nous étudierons d'abord les travaux de l'étude française SUVIMAX qui a porté sur plus de 12000 sujets suivis pendant huit ans, puis les résultats de l'étude EPIC qui a été menée dans neuf pays européens et a concerné 100 000 personnes. Nous n'avons pas pu comparer nos résultats avec l'étude SENECA, n'ayant pas trouvé de publication détaillant les aliments consommés en tant que tels, mais décrivant plutôt les types de repas (de Groot et al. 1998).

Le style « **du rôti, du vin et pas de dessert !** » a beaucoup de proximité avec la dimension identifiée dans l'étude SUVIMAX appelée « alcohol and meat products » qui comprenait la viande, la charcuterie, les boissons alcoolisées, et était associée négativement aux fruits et aux produits sucrés (Kesse-Guyot et al. 2008). Ce « pattern » était associé au surpoids des sujets dans cette étude, et c'est aussi cohérent avec nos résultats. Le deuxième « pattern » « prudent diet » de SUVIMAX regroupait les fruits, le poisson et l'utilisation d'huile plutôt que de beurre, nous pouvons le rapprocher du cluster « **poissons et légumes vapeur** ». Cette dimension était associée dans SUVIMAX à un âge plus élevé, avec une surreprésentation de la tranche d'âge 55-60 qui était la plus âgée de l'enquête (au moment de l'étude, soit dans les années 2000, ils ont aujourd'hui 70-75 ans). Dans l'échantillon étudié ici en 2011 ; le groupe « poissons et légumes vapeur » caractérise les plus jeunes de notre échantillon (62% ont moins

de 80 ans dans ce style), il s'agit probablement de la même génération. Les deux dernières dimensions de SUVIMAX pourraient être regroupées dans le style « **desserts et plats élaborés** » : « convenience food » associant des produits sucrés, et « starch, sauces and vegetables » intégrant des plats en sauce, des légumes et des sources d'amidon (riz et pâtes). Cependant, il est aussi pertinent de comparer nos données avec celles portant sur des personnes âgées. Les travaux de l'étude EPIC portent sur neuf pays européens et donnent une image de la variabilité européenne des comportements alimentaires, avec une claire dichotomie entre le Nord et le Sud (Bamia et al. 2005). Deux dimensions de produits ont été identifiées par les auteurs. La première dimension s'intitule « vegetable based diet » et regroupe fruits et légumes, pâtes et riz, huile végétale et s'oppose à pommes de terre et margarine. La deuxième « sweet and fat dominated » associe produits sucrés, produits laitiers, gâteaux, sucre et bonbons, sauces et condiments et s'oppose au pain, la viande et les œufs ainsi que le vin. Chaque sujet inclus dans EPIC a un score sur ces deux dimensions. On retrouve comme dans nos travaux le fait que vin et produits sucrés soient opposés, que légumes aillent avec huile végétale, que viande aille avec le vin. L'échelle européenne de l'étude EPIC rend ces résultats moins proches des nôtres que ceux de SUVIMAX qui a travaillé à l'échelle française, même si EPIC a concerné une population âgée et non SUVIMAX.

Les aliments s'associent dans les styles obtenus dans le cadre d'AUPALESENS comme ils s'associaient dans SUVIMAX qui portait sur plus de 7000 personnes et EPIC qui concernait 100 000 sujets. Ceci montre une cohérence entre ces résultats obtenus d'une part sur des consommations déclarées dans SUVIMAX et EPIC, et d'autre part sur des préférences déclarées dans AUPALESENS.

Au-delà de la façon dont les aliments consommés se regroupent, il est également intéressant de rapprocher les styles de mangeurs avec la typologie des comportements et attitudes alimentaires établie par le CREDOC selon des données collectées en 2004 (Hebel 2007). Neuf types ont été identifiés et pour la première fois dans une étude du CREDOC, 26% de l'échantillon affichait un comportement alimentaire tourné vers la santé. Ces 26% se répartissaient en 5% « obsédés par la balance » et 21% adeptes de nutrition. Les plus de 45 ans étaient surreprésentés dans ce groupe. C'est un groupe qui privilégiait les fruits et légumes frais, les soupes, les poissons et les produits laitiers frais. Ce profil serait à rapprocher du style « **poissons et légumes vapeur** » de l'enquête AUPALESENS. En effet, ce dernier affiche des préférences pour des produits recommandés par les nutritionnistes et porte beaucoup d'intérêt pour une alimentation saine (score significativement supérieur aux deux autres styles). Le CREDOC avait identifié aussi un groupe de « bons vivants » dont l'alimentation était tournée vers le plaisir, où la viande, la charcuterie, les plats composés et les boissons alcoolisées

étaient privilégiés. Certaines similitudes avec le cluster « **du rôti, du vin et pas de dessert!** » sont manifestes. Ceux que les auteurs ont appelé « les seniors traditionnels » étaient préoccupés par la fraîcheur des produits, donnant la priorité aux produits non transformés comme le pain, la soupe, les fruits et les légumes. Ce sont des points communs à l'ensemble de notre échantillon qui sont visibles dans la Figure 11.

Dès ce stade, une dichotomie entre motivation « plaisir de manger » et « alimentation saine » apparaît dans la segmentation des styles. Deux styles sont davantage motivés pour le plaisir de manger, un par l'alimentation saine. Les deux premiers styles ont des préférences pour des produits dont il ne faudrait pas abuser dans un régime sain : plats en sauce, desserts, charcuterie. Le dernier style a des préférences cohérentes avec ses motivations santé : poissons, légumes vapeur, cuisine à l'huile. Il est probable que les préférences de ces derniers aient été influencées par les messages nutritionnels. Son score de plaisir de manger est plus faible que dans les deux autres styles. Est-ce que le plaisir de manger a été occulté par les préoccupations santé, ou est-ce que ces personnes ont toujours eu moins de plaisir de manger ?

Il est possible de tirer de ces résultats des applications pour les professionnels de l'alimentation des personnes âgées. La satisfaction des repas n'est pas influencée par les styles, il semble donc que la délégation culinaire ne pénalise pas plus une personne d'un style donné plutôt qu'un autre. En revanche, l'amélioration de la satisfaction des repas en EHPAD ou en délégation à domicile ne serait pas obtenue par les mêmes leviers selon les styles : pour les groupes « **desserts et plats en sauce** » et « **rôti, vin et pas de dessert** », réassocier repas et **plaisir gustatif** semble majeur. Pour le dernier groupe « **poissons et légumes vapeur** », une meilleure satisfaction devrait passer plutôt par une mise en avant des préoccupations diététiques sous-jacentes à l'établissement des menus, et une **information nutritionnelle** plus fournie. De façon plus générale, la connaissance des styles de mangeur par les professionnels est un outil intéressant pour **orienter le style de cuisine et le choix des menus** et trouver un compromis qui pourrait mieux convenir à chacun. D'ores et déjà, compte tenu de la variabilité des préférences et des motivations, se pose la question de l'absence, ou quasi absence de **choix** dans les menus de livraison à domicile ou d'EHPAD.

Ce qu'il faut retenir

La population interrogée se répartit selon trois styles de mangeur : Les amateurs de "desserts et cuisine élaborée" préfèrent la viande au poisson, le beurre à l'huile et ne peuvent pas se passer d'un dessert à la fin de leur repas. Ils ont un moins bon score de mastication. Le groupe qualifié « du rôti, du vin et pas de dessert » apprécie un bon rôti, saignant de préférence ainsi qu'un bon verre de vin pour accompagner leur repas mais ne recherche pas particulièrement les produits sucrés. C'est le groupe le plus masculin et dont l'IMC est le plus élevé. Enfin, les amateurs de "poisson et légumes vapeur" préfèrent le poisson à la viande, l'huile au beurre. Ils apprécient les légumes, en particulier cuits à la vapeur, et rejettent les plats tout préparés. Ce dernier groupe est composé de personnes plus jeunes et de davantage de femmes. Prenant moins de plaisir à manger, ils sont motivés par l'impact santé de leur alimentation.

3.3. Les menus

Objectifs :

- . Développer un outil pour identifier le menu préféré pour un jour ordinaire.
- . Mesurer la variabilité du choix des menus au sein de la population âgée

Au-delà des aliments plus ou moins appréciés, il nous a semblé intéressant d'identifier ce qui pouvait vraiment faire plaisir, ce qu'on choisirait pour un repas ordinaire en dehors de toutes contraintes externes. A notre connaissance, cette démarche n'a jamais été présentée dans la littérature, et il nous fallait là encore développer un outil.

3.3.1. Matériel et Méthodes

- Echantillon

Les données ont là aussi été obtenues grâce à l'enquête présentée en paragraphe 1 du chapitre 2.

- Questionnaire

Des **menus** simplifiés étaient présentés au cours de l'interview et chaque personne **composait** son menu **préfé**ré en choisissant les aliments pour un repas ordinaire du déjeuner (cf carte ci-dessous). La carte présentée proposait des grandes familles d'aliments, et non des recettes spécifiques, à l'exclusion de la quiche, que nous avons elle-même assimilé à une famille de recettes. La question posée était la suivante : « Nous allons vous proposer un menu à choisir pour un déjeuner ordinaire de semaine. Nous vous demandons de choisir ce que vous aimeriez le plus manger parmi les aliments proposés, un jour ordinaire, et que vous apprécieriez de manger assez régulièrement (une fois par semaine) ». La question a été posée pour les menus du midi et du soir, seuls les résultats de celui du déjeuner seront présentés dans ce manuscrit.

Tableau 11. Carte du menu à choisir

<p>MENU</p> <p>Déjeuner ordinaire</p> <p>Au choix, entrée et/ou plat et/ou fromage et/ou dessert</p> <p><i>Choisissez une entrée si vous en souhaitez une (deux choix possibles)</i></p> <p>Crudités</p> <p>Charcuterie (tout sauf le jambon)</p> <p>Thon</p> <p>Œufs</p> <p>Soupe de légumes</p> <p><i>Choisissez un plat de résistance si vous en souhaitez un (un seul choix possible)</i></p> <p>Viande rôtie</p> <p>Viande en sauce</p> <p>Volaille</p> <p>Poisson</p> <p>Jambon</p> <p>oeufs</p> <p>quiche</p> <p><i>l'accompagnement (deux choix possibles)</i></p> <p>pommes de terre</p> <p>pâtes</p> <p>riz</p> <p>légumes verts</p> <p>salade</p> <p><i>Choisissez un fromage et/ou un laitage et/ou un dessert si vous en souhaitez un (zéro à 3 réponses)</i></p> <p>fromage</p> <p>yaourt ou fromage blanc</p> <p>crème dessert ou entremet</p> <p>fruit</p> <p>gâteau ou tarte</p> <p><i>Et avec le repas : choisissez un type de pain si vous en souhaitez un (une seule réponse possible)</i></p> <p>baguette</p> <p>pain de campagne</p>

- **Traitement des données**

La matrice des menus regroupe par sujet et par question une donnée binaire de type 0 (aliment pas choisi) ou 1 (aliment choisi). Véronique Cariou (ONIRIS) a réalisé une partition des individus grâce à une CAH (distance euclidienne, critère de Ward, consolidation par méthode

des k-Means) qui permet d'obtenir des **groupes d'individus** regroupés selon leurs choix de menus.

3.3.2. Résultats

- **La composition des menus choisis pour le déjeuner**

Pour un déjeuner ordinaire, on dénombre quatre grands types de menus préférés par les sujets grâce à la classification (Tableau 12). Plusieurs choix étaient possibles parmi les entrées, les accompagnements, les fromages et les desserts. C'est pourquoi, dans ces catégories, le cumul des pourcentages de sujets dépasse 100.

Ces menus peuvent être nommés de la façon suivante :

Groupe du menu « **rôti** » où 100% des sujets ont choisi une viande rôtie en plat principal (145 personnes, 26% de l'échantillon).

Groupe du menu « **poisson** » où 100% des sujets ont choisi du poisson en plat principal (168 personnes, 30% de l'échantillon).

Groupe du menu « **volaille ou plat en sauce** » où 61% des sujets ont préféré une volaille et 24% un plat en sauce (131 personnes, 23% de l'échantillon).

Groupe du menu « **pommes de terre & pâtisserie** » dont 93% des sujets ont choisi des pommes de terre en accompagnement et 57% une pâtisserie en dessert (115 personnes, 21% de l'échantillon).

Les groupes ne sont pas ici de taille équivalente, comme ils l'étaient pour les styles. Le menu le plus souvent choisi est celui où le poisson est le plat principal. En second vient le menu où la viande rôtie est préférée.

Les trois premiers groupes se différencient par le choix du plat principal mais tous choisissent un produit laitier à la fin du repas et la majorité des crudités en entrée. Ils prennent très souvent des légumes en garniture et un fruit en dessert. Ce sont des choix très sains, et le fait que 79% des sujets de l'enquête se soient tournés vers ces produits est très encourageant.

Seul le dernier groupe « **pommes de terre & pâtisserie** » (20%) se distingue par son accompagnement et non le plat principal : il choisit systématiquement des pommes de terre en accompagnement (93%) et 57% d'entre eux prennent une pâtisserie comme dessert.

Tableau 12 , Pourcentage de personnes du cluster (en colonne) qui choisissent le plat ¹

		Rôti	Poisson	Volaille ou plat en sauce	Pommes de terre & pâtisserie
Entrée	Charcuterie	10	7	7	23
	Oeufs	8	5	9	19
	Thon	13	7	11	29
	Crudités	81	82	70	25
	Soupe	3	6	7	16
Plat principal	Poisson	0	100	0	22
	Viande en sauce	0	0	24	24
	Viande rôtie	100	0	0	37
	Volaille	0	0	61	10
Accompagnement	Legumes verts	83	49	61	10
	Salade	23	17	18	20
	Pâtes	9	4	15	10
	Riz	6	40	13	3
	Pommes de terre	26	31	36	93
Fromage / Dessert	Fromage	76	68	73	69
	Produit laitier	22	28	28	29
	Crème dessert	15	18	13	27
	Fruit	59	65	61	20
	Pâtisserie	30	20	19	57

¹ En gras et coloré, les pourcentages sont surreprésentés dans les groupes (test du Chi2, $p < 0,05$).

- **Description des groupes de menus préférés pour le déjeuner**

L'analyse des caractéristiques de chaque groupe révèle deux menus qui s'opposent (Tableau 13). Le menu « **poisson** » est choisi en majorité par un groupe de personnes plus jeunes (mais 42% de plus de 80 ans quand même !), plus autonome, dont le score de dépression est le meilleur.

A contrario, le menu « **pommes de terre et pâtisserie** » est choisi par des personnes plus âgées, regroupant 44% d'hommes, 57% de personnes de 80 ans et plus, de poids plus élevés ou en surpoids (IMC), plus déprimés. Seulement 30% d'entre eux vivent à domicile sans aide pour leur alimentation. Les scores olfactifs de ce cluster (ETOC) sont les plus faibles.

Le menu « **volaille et plats en sauce** » a l'IMC moyen le plus faible (27).

Il est intéressant de noter qu'il n'y a pas de lien significatif entre le statut nutritionnel (MNA) et les groupes de menus du déjeuner. Là encore, la mesure de la masse musculaire manque pour conclure définitivement car elle aurait permis de détecter les obèses sarcopéniques et d'évaluer si le choix du menu préféré pourrait être lié à plus de sarcopénie.

- **Quels menus sont choisis dans les quatre catégories de dépendance ?**

Dans la catégorie 1 des sujets autonomes, le menu le plus fréquemment choisi est le menu « **poisson** » (38%).

Dans la catégorie 2 des personnes vivant à domicile ayant de l'aide en dehors des actes culinaires, les menus « **poisson** » ou « **volailles et plats en sauce** » sont préférés chacun par 31% des sujets.

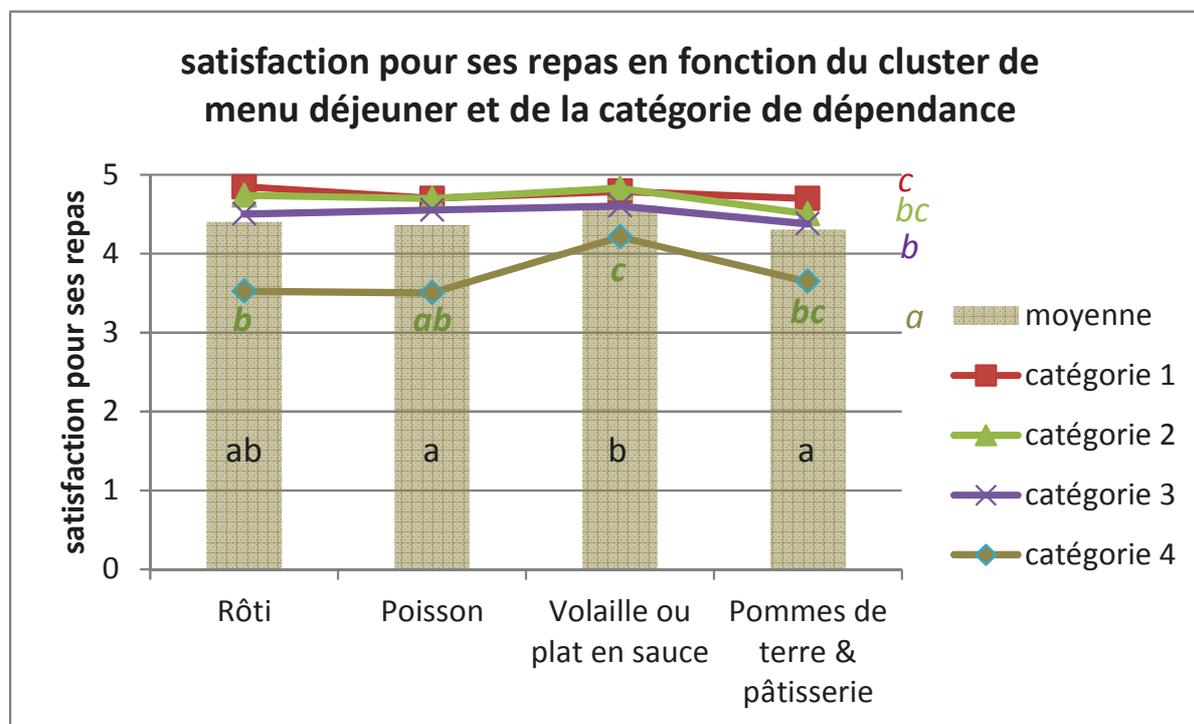
Dans la catégorie 3 dépendante à domicile et la catégorie 4 en EHPAD, ce sont les menus « **rôti** » et « **pommes de terre & pâtisserie** » qui sont plus fréquemment choisis.

Tableau 13 Caractérisation des quatre groupes de menus de déjeuner ¹

	% ou moyenne (écart-type)	Rôti	Poisson	Volaille ou plat en sauce	Pommes de terre & pâtisserie	P	F ou <i>Chi2</i>
	n (%)	145 (26%)	168 (30%)	131 (23%)	115 (21%)		
	Age	79,3 (8,5)	78,0 (7,7)	78,7 (8,2)	80,5 (8,1)	0,45	0,9
	Dont % 80 ans et plus	49	42	45	57		
	% hommes/ % femmes	26 / 74	29 / 71	26 / 74	<i>44 / 56</i>	0,005	<i>13,0</i>
Indicateurs santé	Indice de Masse Corporelle IMC	27,9 (5,2)	27,6 (5,1)	<i>27,0 (4,4)</i>	28,8 (4,8)	0,088	2,2
	Dépression GDS/15	3,7 (3,0)	<i>2,8 (2,5)</i>	3,4 (2,6)	4,3 (3,1)	0,021	3,3
Indicateurs sensoriels	Détection olfactive ETOC	0,70 (0,25)	0,70 (0,28)	0,70 (0,28)	<i>0,58 (0,31)</i>	0,000	6,0
Autonomie	A domicile, autonomes (% du menu dans cat. 1)	24	38	24	<i>15</i>	0,000	<i>39,4</i>
	A domicile, aide hors repas (% du menu dans cat. 2)	23	31	31	15		
	A domicile, aide pour repas (% du menu dans cat. 3)	33	<i>20</i>	<i>15</i>	33		
	Maison de retraite (% du menu dans cat. 4)	28	<i>17</i>	25	29		
Plaisir et attitudes	Plaisir de manger	16,8(2,6)	16,5(2,6)	16,1(3,2)	<i>16,0(3,5)</i>	0,10	2,1
	Satisfaction des repas	4,5(0,8)	<i>4,5(0,8)</i>	4,7(0,7)	<i>4,3(1,0)</i>	0,034	2,9
	Intérêt pour une alimentation saine	15,5(3,1)	16,1(2,6)	15,3(2,7)	<i>14,2(3,7)</i>	0,000	8,6

¹ les moyennes en **orange et gras** et en *vert et italiques* sont respectivement **plus élevées** et *plus faibles* que la moyenne générale ($p < 0,05$). Pour les variables discrètes (genre et catégorie) : les effectifs **en orange et gras** et en *vert et italiques* sont respectivement **sur-** et *sous* représentés dans les clusters (test du Chi2, $p < 0,05$).

- Satisfaction pour les repas, plaisir de manger et intérêt pour une alimentation saine
 - Satisfaction des repas

Figure 13 Satisfaction pour les repas selon la catégorie de dépendance et le groupe de menu¹

A la différence des styles de mangeur, il y a une différence de niveau de satisfaction selon le choix du menu du déjeuner. Les plus satisfaits en général sont les personnes qui choisissent le menu « **volaille ou plat en sauce** ». Les moins satisfaits sont les clusters « **poisson** » et surtout « **pommes de terre & pâtisserie** ».

Si l'on étudie seulement la catégorie 4 en EHPAD en faisant une analyse de variance sur les 95 personnes recrutées en EHPAD, la hiérarchie est légèrement différente. En EHPAD, ce sont les personnes qui préfèrent le menu « **poisson** » qui sont les moins satisfaites de leur repas (3,5/5), suivies du cluster « **rôti** », alors que le cluster préférant le menu « **volaille ou plat en sauce** » garde un niveau de satisfaction plus élevé (4,2/5) ($F_{3/94}=2,1$; $P=0,108$) (Figure 13). La Figure 13 illustre clairement que les niveaux de satisfaction restent élevés dans

¹ Les lettres indiquent les groupes de moyennes homogènes selon un test LSD à 95%. Les lettres a, b, c montrent les groupes selon les 4 clusters de menus. Les lettres en italiques indiquent les groupes selon les catégories de dépendance. Les lettres en italiques et gras indiquent les groupes homogènes selon les clusters de menus dans la catégorie 4 (EHPAD).

les catégories de dépendance 1 et 2, décroissent légèrement en catégorie 3 et décrochent en EHPAD (catégorie 4).

- **Plaisir de manger**

Le groupe qui prend la meilleure capacité à prendre un plaisir à manger est celui qui a choisi le menu « **rôti** » et celui qui en a le moins est le groupe qui a choisi le menu « **pommes de terre et pâtisserie** ». Le fait que ce dernier groupe a un score moyen de dépression plus élevé pourrait expliquer ce résultat.

- **Intérêt pour une alimentation saine**

Sans surprise car très cohérent avec les résultats obtenus avec les styles de mangeur, ce sont les personnes choisissant le menu « **poisson** » qui portent le plus d'intérêt pour une alimentation saine. Leur choix est en accord avec les recommandations nutritionnelles, et il est possible que la question « qu'aimeriez-vous manger ? » ait été comprise comme « quel est le menu le plus sain ? » par ces sujets préoccupés par l'impact santé de leur alimentation. Pour ces personnes, les messages nutritionnels ont toutes les chances d'être efficaces.

Les sujets qui choisissent le menu « **pommes de terre & pâtisserie** » sont les moins préoccupés par l'impact santé de leur alimentation. Là encore, leurs choix sont cohérents avec cette attitude. Quand les autres clusters choisissent crudités, légumes et fruits, ce cluster préfère d'autres aliments moins en accord avec les recommandations nutritionnelles. Les scores plus faibles de ce groupe pour la dépression, le plaisir de manger, la satisfaction des repas marquent une baisse de motivation pour l'alimentation. Ils sentent aussi moins bien les odeurs, ce qui pourrait renforcer ce manque d'intérêt. Il paraît essentiel de chercher la cause de cette perte de lien à l'alimentation, qui pourrait être ici la dépression.

3.3.3. Discussion

Il n'y a pas d'intérêt à comparer les résultats des menus avec les comportements alimentaires étudiés dans les enquêtes nutritionnelles. A notre connaissance, aucun auteur n'a à ce jour utilisé ce type de méthodologie pour identifier les préférences des personnes âgées. Les données collectées via les menus concernent un choix pour un repas et ne reflètent pas des habitudes de consommation mais ce qui ferait le plus plaisir à un moment donné.

La segmentation selon le choix du menu du déjeuner est liée à des données santé comme l'IMC ou la dépression. Le fait que le groupe « **pommes de terre & pâtisserie** » soit le seul à ne pas choisir des crudités, des légumes et un fruit, ait la plus grande proportion de personnes dépendantes et ait des scores plus élevés de dépression et d'IMC ainsi que de moins bonnes performances olfactives n'est probablement pas neutre. C'est aussi un groupe qui ne porte pas

d'intérêt pour une alimentation saine. Le choix de son menu du déjeuner est cohérent avec des habitudes alimentaires, peu soucieuses des recommandations nutritionnelles, qui pourraient les avoir conduits à moins bien vieillir.

Le choix du menu préféré doit être considéré comme un **outil** pour les professionnels concernés par l'alimentation des personnes âgées pour **guider** l'établissement des menus. Chaque résident d'EHPAD ou bénéficiaire de portage de repas à domicile **devrait disposer de son menu préféré** au moins une fois par semaine. Ce choix de menu n'exige pas non plus qu'il soit systématique. Bien évidemment, chaque personne recherche de la variété alimentaire qui est nécessaire pour une alimentation variée et aussi une des sources de plaisir (McAlister et al. 1982; Fischler 1990). Les moins satisfaits en EHPAD sont ceux qui préfèrent une viande rôtie ou un poisson alors que ceux qui choisissent une volaille ou un plat en sauce gardent un bon niveau de satisfaction. Au cours du projet, nous avons recensé les menus dans plusieurs EHPAD, et avons pu constater que les plats en sauce, et les volailles sont plus fréquemment proposés que les viandes rôties, ou que le poisson. Une personne aimant les viandes en sauce trouvera plus facilement son compte en EHPAD qu'une personne appréciant la viande rôtie ou le poisson vapeur. Les groupes des menus « **rôti** » et « **poisson** » représentent 45% des sujets en EHPAD. Ces derniers méritent qu'il leur soit proposé régulièrement leur menu préféré. Les motivations pour ces menus diffèrent aussi selon les groupes. Le groupe du menu « rôti » est motivé par le plaisir, le groupe du menu « poisson » veut une alimentation saine. S'il faudra probablement particulièrement soigner la qualité sensorielle des plats pour le premier groupe, garantir des produits et des modes de cuisine sains sera essentiel pour le second.

Ces résultats militent pour que l'on prenne en compte les menus préférés des personnes qui délèguent leurs repas, afin de **leur proposer au moins une à deux fois par semaine le menu** du déjeuner qu'elles préfèrent. Ceci devrait permettre d'améliorer leur niveau de satisfaction. La composition du menu n'est probablement pas la seule en cause, **la qualité du plat est probablement aussi en jeu ici**. Il est bien plus difficile de réussir une viande rôtie ou un poisson en collectivité, et ce d'autant plus que le niveau de cuisson préféré est variable (bleu, saignant, à point). C'est donc une piste de recherche importante à développer : quelles **technologies** compatibles avec des nombres de repas importants et des liaisons froides ou chaudes permettraient de servir ce type de plats plus souvent ? Un autre élément particulièrement important pour ces plats de viande rôtie ou de poisson est la qualité de la **matière première**. Même quand la viande rôtie est servie en EHPAD, elle ne correspond pas nécessairement à ce qu'en attendent les résidents. La tendreté, la jutosité sont autant de qualités reliées à la qualité du produit et à son mode de préparation. L'argument économique

est souvent mis en avant pour justifier une moins bonne qualité des matières premières. Mais le gaspillage est souvent associé à une qualité insuffisante. Il est sûrement plus efficace de servir moins d'un plat consommé à 100% que davantage d'un plat qui ne sera pas mangé et ira à la poubelle. Peut-être faudrait-il envisager de limiter le grammage des produits coûteux en compensant par d'autres apports nutritionnels (de protéines notamment) moins coûteux, sous d'autres formes à inventer, à d'autres moments de la journée. AUPALESENS ne s'est pas penché sur le petit déjeuner, mais c'est un moment privilégié pour les résidents qu'il ne faut pas négliger. 10 à 20 % seulement de l'énergie totale est ingérée pendant le petit déjeuner (de Groot et al. 1998), il pourrait être intéressant de l'enrichir en énergie et en protéines, d'autant plus qu'il rompt le jeûne nocturne. Cependant, c'est le repas qui est plus soumis aux habitudes (Wong et al. 2009), et les français sont habitués à un petit-déjeuner de type continental, sa modification demandera de se plier à ces habitudes ancrées ou de trouver de bonnes sources de motivations pour les changer.

Des progrès sont donc à faire dans plusieurs axes : **prise en compte des préférences, possibilité de choix pour satisfaire les préférences de chacun, qualité des produits et technologies de transformation.**

Les menus préférés permettent de catégoriser les sujets en quatre types pour le déjeuner. Des variables de santé ou sensorielles moins favorables sont associées au choix du menu « pommes de terre et pâtisserie » à déjeuner. L'enjeu pour les EHPAD semble bien d'améliorer le niveau de satisfaction, et notamment en proposant plus souvent à déjeuner de la viande rôtie ou du poisson qui sont plébiscités par 56% dans l'échantillon étudié.

Ce qu'il faut retenir

Pour le déjeuner, sont identifiés quatre groupes de consommateurs correspondant au choix de quatre menus différents. Les trois premiers groupes ont choisi des crudités en entrée, des légumes en accompagnement, du fromage et un fruit en dessert. Ces groupes se distinguent par le choix du plat principal : le premier a choisi de la «viande rôtie» (26%), le second a choisi du «poisson» (30%) et le troisième une «viande en sauce ou de la volaille» (23%). Le quatrième groupe se caractérise par le choix de pommes de terre en accompagnement et d'une pâtisserie en dessert (21%)

Les participants ayant choisi le menu «poisson» sont plus jeunes, plus autonomes et ont un meilleur score de dépression que la moyenne observée dans la population enquêtée. A l'opposé, les participants ayant choisi le menu «pomme de terre & pâtisserie» sont plus âgés, plus dépendants, plus dépressifs et présentent un IMC plus élevé. Leur score olfactif est plus faible que le reste de l'échantillon.

Ce sont les menus «rôti» et «pommes de terre & pâtisserie» qui sont plus fréquemment choisis par les plus dépendants (catégories 3 et 4).

Les menus du midi sont associés à des niveaux de satisfaction différents, abaissés en EHPAD. Un effort particulier devrait être fait pour proposer régulièrement les menus préférés des résidents lors du déjeuner en EHPAD, notamment un menu comprenant de la viande rôtie ou du poisson. Ces résultats soulignent la difficulté de répondre à des préférences individuelles par une offre alimentaire globale, telle qu'elle est actuellement proposée en EHPAD.

Le choix du menu est un outil utile pour les professionnels chargés de l'alimentation des personnes âgées pour s'assurer de répondre aux attentes de leurs clients.

3.4. Des méthodes différentes pour des informations complémentaires

Objectifs :

- . Evaluer si les outils proposés sont complémentaires ou redondants
- . Identifier leurs champs d'application

Il est intéressant de se demander si les personnes difficiles pour leur alimentation ont des préférences différentes de celles qui acceptent une plus large gamme d'aliments et s'ils choisissent préférentiellement tel ou tel groupe de produits. De même, est-ce que le style de mangeur conduit à choisir un menu plutôt qu'un autre ?

3.4.1. Méthodes

Pour évaluer si un lien existe entre sélectivité et groupe de styles ou de menus, une analyse de covariance intégrant les effets du groupe de style, ou du groupe de menus, l'effet de l'âge, du genre et de la catégorie de dépendance sur le score de sélectivité a été réalisée.

Pour croiser les groupes de styles de mangeurs et de choix de menus, un test de Chi2 sur le tableau complet et par case a été réalisé.

3.4.2. Résultats

Aucun lien n'est significatif entre les groupes de styles ($F_{2/558}=1,4$; $P=0,25$) ou les groupes de menus ($F_{3/558}=0,8$; $P=0,47$) et le **score de sélectivité**. Le fait d'être difficile ou non pour son alimentation n'est pas relié au style de mangeur ni au menu choisi.

Il y a **un lien significatif entre les styles de mangeur et les menus choisis à déjeuner** ($Khi2 =63,5$; $P=0,000$). (Tableau 14. Choix du menu préféré pour le déjeuner par les groupes de styles de mangeur).

Les personnes du groupe de style « **desserts et cuisine élaborée** » sont réparties de façon homogène dans les quatre groupes de menus. Leurs choix sont éclectiques. Les personnes du groupe de style « **du rôti, du vin et pas de dessert** » choisissent d'avantage un menu « **rôti** » (32%, mais seulement 32% !) ou « **pommes de terre & pâtisserie** » (30%). Peu d'entre elles ont choisi le menu « **poisson** » (18%). Les personnes du style « **poisson et légumes vapeur** » choisissent plutôt le menu « **poisson** » (46%), puis « **volaille** » (29%), 17% d'entre eux seulement ont choisi du rôti.

Tableau 14. Choix du menu préféré pour le déjeuner par les groupes de styles de mangeur¹

		Groupe de styles de mangeurs		
% colonne		Desserts et cuisine élaborée	Du rôti, du vin et pas de dessert !	Poisson et légumes vapeur
% de personnes du groupe de style ayant choisi le menu	Rôti	29%	++ 32%	-- -17%
	Poisson	26%	-- -18%	+++ 46%
	Volaille ou plat en sauce	22%	19%	++ 29%
	Pommes de terre & pâtisserie	23%	+++ 30%	-- - 8%
Total		100%	100%	100%

3.4.3. Discussion

Ces résultats valident que les trois outils : sélectivité, styles et menus sont complémentaires et apportent des informations différentes et complémentaires.

La liste heuristique permettant de mesurer la **sélectivité** est un bon outil de dépistage du caractère difficile pour son alimentation, qui est un facteur de risque de dénutrition. Cela devrait être un **critère d’alerte** à l’entrée dans la dépendance. Une fois dépisté, il faudrait aller plus loin dans l’investigation lorsque la personne est prise en charge pour ses repas. La liste de 71 aliments est probablement trop courte pour être complètement opérationnelle. Elle pourrait être améliorée de deux façons : tout d’abord en l’élargissant à plus d’aliments. Un outil de ce type avait été utilisé pour les forces armées américaines avec 378 aliments proposés aux soldats à qui il était demandé pour chaque produit le niveau d’appréciation (sur une échelle) et la fréquence à laquelle ils souhaitaient le consommer (Meiselman et al. 1978). Il est effectivement possible d’allonger cette liste quand le contexte de l’interview est moins contraint

¹ Un calcul du Khi2 par case permet d’identifier pour chaque croisement, si l’effectif est significativement supérieur à l’effectif théorique (cases oranges) (++ significatif à 0,05% ; +++ significatif à 0,01%) ou significativement inférieur à l’effectif théorique (cases vertes) (- - significatif à 0,05% ; - - - significatif à 0,01%).

que le nôtre. La deuxième voie d'amélioration serait de poser, en plus du questionnaire actuel, la question ouverte «quels aliments n'aimez-vous pas ? ».

Selon Tuorila (Tuorila 2014), le choix d'un aliment semble inclure une première phase de tri où les aliments les moins appréciés sont écartés. L'exercice du **choix de menu**, exactement comme au restaurant, impose d'écartier des aliments que l'on apprécie aussi. Les sujets ont une plus ou moins grande flexibilité hédonique. Certains choisissent facilement leur option favorite, alors que d'autres ont une large gamme de produits appréciés, et ont donc de nombreux choix possibles. Selon les motivations (plaisir ou alimentation saine), l'option favorite peut être celle qui fait le plus plaisir parce qu'on l'aime, ou parce que c'est la plus saine. L'outil des **menus** permet de savoir ce qui plairait le plus à la personne âgée, ce dont il ne faudrait pas la priver. La dégradation de la satisfaction pour certains groupes de menu en EHPAD illustre bien qu'il **faut pouvoir proposer autant que possible ces menus qui font plaisir**.

Le **questionnaire des styles** apporte plus de nuances. L'information collectée nous informe sur une grande palette d'aliments, sur lesquels les personnes interrogées peuvent moduler leur réponse. Le fait de faire partie d'un « style » qui apprécie d'avantage le rôti que la moyenne de l'échantillon ne signifie pas que l'on rejette le poisson. Les scores obtenus pour chaque item du questionnaire de style permettent d'identifier ce qui est très apprécié (qui doit être présent régulièrement au menu) de ce qui est accepté mais moins aimé (que la personne acceptera facilement) et de ce qui ne plait pas (à éviter). Cet outil informe sur **la gamme d'aliments possibles et donne des informations sur un style de cuisine** dans lesquelles celui qui est en charge de préparer les repas peut puiser pour satisfaire la personne âgée.

Lorsque l'on étudie un échantillon de personnes en utilisant des méthodes statistiques, l'outil style est bien plus simple à traiter et peut être **priorisé** (contexte recherche). Si l'on s'intéresse à l'individu seul, lors d'une admission en EHPAD par exemple, je suggérerais de **conserver aussi le menu préféré pour le déjeuner** comme une trace du déjeuner favori. Il serait bon d'étudier ce qu'un tel outil donnerait si on l'élargissait à l'ensemble de la journée, collations comprises. Compléter par **le questionnaire HTAQ** qui informe sur les motivations serait très utile.

De futurs travaux seraient intéressants pour valider ces questionnaires, même si la cohérence des résultats obtenus nous permet de poursuivre en utilisant ces outils avec confiance. Au-delà de procédures de type test-retest qui permettrait de vérifier la reproductibilité des outils, la meilleure validation serait de les comparer à des données comportementales. Quel serait le comportement de ces sujets s'ils choisissaient un menu qu'ils devraient consommer ensuite ? Quel serait leur niveau de satisfaction si les informations données par le questionnaire de styles

étaient suivies à la lettre par le cuisinier ? Plusieurs autres facteurs que le menu et le type de recette interviennent dès lors qu'il y a prise alimentaire, notamment la qualité du plat lui-même. De telles mesures comportementales sont d'autant plus compliquées avec la population âgée dépendante qu'il est très difficile de les sortir de leur contexte, et de maîtriser tous les biais. Ce sont donc des voies de recherche intéressantes mais complexes à mettre en œuvre, qui nécessiteraient encore beaucoup de travail.

Pour conclure, l'étude des types d'aliments et de plats rejetés et préférés par la population âgée répond à plusieurs objectifs :

- Pour les projets futurs : **développer des outils simples** à mettre en œuvre pour recenser les aliments rejetés et préférés d'une personne âgée donnée
- Pour les professionnels de l'agro-alimentaire : **identifier quels produits** travailler et proposer en priorité
- Pour les professionnels de la restauration en EHPAD : permettre de **construire des menus** qui soient à la fois équilibrés et appréciés, identifier les meilleures **recettes**.

Ce qu'il faut retenir

Les approches d'identification des aliments rejetés, du choix du menu préféré et des styles sont complémentaires. La sélectivité alimentaire est un signal d'alerte qui nécessite des investigations plus approfondies. Le choix du menu pointe les aliments préférés qui doivent revenir régulièrement au menu pour maintenir la satisfaction de la personne âgée. L'outil style offre au cuisinier plus d'informations pour à la fois varier les choix, tout en restant dans le style de cuisine apprécié.

Chapitre 3 Comportement alimentaire, perception des aliments, mode de vie, statut nutritionnel et état de santé : Identification de profils au sein d'un échantillon de personnes âgées en France.

Objectifs :

Observer comment les variables s'associent autour de variables latentes, afin d'identifier les facteurs qui jouent dans le même sens, et notamment ceux qui sont associés au statut nutritionnel..

Observer comment se répartissent les sujets en groupes, et quel est le poids des variables pour ces groupes, afin d'identifier ce qui différencie les personnes à risque de dénutrition des autres.

Identifier ainsi les facteurs associés à la dénutrition.

Eating behavior, food perception, lifestyle, malnutrition risk and health status in the elderly: Profiles identification among a French sample

Maître I.¹, Van Wymelbeke V.², Sulmont-Rossé C.³, Cariou V.⁷, Bailly N.⁴, Ferrandi J.M.⁵, Salle A.⁶, Amand M.⁷, Crema C.², Symoneaux, R.¹, Issanchou S.³, Vigneau E.⁷

Article en cours de relecture auprès des co-auteurs.

1 UPSP GRAPPE, Groupe ESA, SFR QUASAV 4207, Angers, France

2 CHU, Unité de recherche service de médecine gériatrique, Dijon, France

3 INRA, UMR1324 Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France

4 University François Rabelais, E.A. 2114. « Psychologie des Ages de la Vie », Department of Psychology, Tours, France

5 ONIRIS, UPSP LARGECIA, Nantes, France

6 CHU, Service d'endocrinologie, diabétologie et nutrition, Angers, France

7 ONIRIS, USC "Sensométrie et Chimiométrie", Nantes, France

Corresponding author: i.maitre@groupe-esa.com, 33(0)2 41 23 55 55

Abstract

Few studies have investigated nutritional risk with a multidisciplinary point of view among the French elderly. In Aupalesens survey, we aimed to identify the link between malnutrition and health, sensory, sociological, psychological, food behavior and preferences. 559 women and men over 65 years old were enrolled. Typical profiles were identified using a double clustering approach aiming to reduce both observations and variables complexity (CDPCA), (Vichi et al. 2009). A partition of the 50 items into five latent variables was kept: (1) good health state (2) depressed-low food enjoyment (3) healthy eating (4) meat and deli products (5) eating difficulties.

Simultaneously seven clusters of people were identified:

. Three clusters of people younger than 80, all healthy and active: (1) men and women, the healthiest ones, i.e. who have the better health status, the better physical capacities and the better nutritional status among the sample; (2) mainly women, driven by emotion in food choice, having less pleasure while eating; (3) women guided by health in food choice.

. Two clusters of people over 80 with intermediate nutritional status: (4) old men and women having the better nutritional, physical and functional status among the >80 years; (5) women, with good appetite and eating pleasure but paying attention to their diet.

. Two clusters of people older than 80 with a clear decrease in nutritional status and health status: (6) people having eating difficulties, and (7) people who are depressed and having no more interest for food. These two groups are the most at risk of malnutrition.

According to these clusters, psychological dimensions and attitudes toward food seem to play a significant role in ageing and evolution of elderly nutritional status. The identification of the various ways factors are associated for different profiles of at risk subjects may help to better depict and prevent malnutrition.

1. Introduction

Malnutrition, a recognized disease in the elderly, corresponds to a deficiency in nutritional intake, in terms of calories and/or nutrients and micronutrients. The many consequences include muscle wasting and impaired immune defenses. An elderly person with malnutrition is at risk of entering a "vicious spiral": Without prevention and without care, malnutrition leads to decreased mobility, an increased risk of falls or fractures, increased vulnerability to infectious diseases and exacerbation of chronic diseases, which in turn contribute to loss of appetite, exacerbated malnutrition and poor health (Nicolas et al. 2001; Margetts et al. 2003; Ferry 2012a; Agarwal et al. 2013). The ageing process, even when it takes place normally, is associated with many physiological, sensory, psychological and sociological changes likely to have an impact on food intake and the nutritional status of the elderly (Morley 2001; Elsner 2002; Lesourd et al. 2002; Hays et al. 2006; Ferry et al. 2012b; de Boer et al. 2013). Elderly malnutrition can be related to age *per se* (metabolic, hormonal changes,...) but also and even more to each individual trajectory (health, drugs, mouth or dental pathologies, loss of chemo-sensory abilities, depression, life style, loneliness, culinary dependency) (Duffy et al. 1995; Gojard et al. 2002; Bowman 2007; Cabrera et al. 2007; Cardon et al. 2009; Vanderwee et al. 2010; Ramic et al. 2011; Hybels et al. 2012; Landi et al. 2013; van Bokhorst-de van der Schueren et al. 2013). Sensory capacities decrease, food attitudes and preferences changes

may lower food enjoyment and also contribute to an increased risk of malnutrition (Drewnowski 1997; Schiffman 1997).

Among this large amount of malnutrition risk factors, some may play a more or less important role, depending on each subject. The identification of the various ways factors are associated for different profiles of subjects may help to better depict and prevent risk of malnutrition.

As reported in reviews on malnutrition risk and anorexia (Elsner 2002; Hays et al. 2006; de Boer et al. 2013), previous studies have mainly investigated malnutrition risk in the elderly with a disciplinary point of view exploring the impact of physiological and non-physiological changes, for example, the identification of a link between malnutrition status and -chemosensory loss in sensory field (Duffy et al. 1995), and -geriatric syndromes and blood parameters in nutrition and medicine fields (Saka et al. 2010), and -loneliness in sociology field (Ramic et al. 2011), and -depression in psychology field (Cabrera et al. 2007). A few studies have considered a large range of factors related to several disciplines. In these studies, pathologies, depression, functional dependency, food intake and chewing difficulties were studied simultaneously but without looking through food attitudes, habits and preferences and sensory capacities (Saka et al. 2010; Vanderwee et al. 2010; Donini et al. 2013; Landi et al. 2013; van Bokhorst-de van der Schueren et al. 2013). Moreover, studies often dealt with specific populations: independent living only (van Bokhorst-de van der Schueren et al. 2013) or living in nursing homes (Ji et al. 2012; Landi et al. 2013), which does not make it possible to evaluate the culinary dependency impact. A better understanding of real life situations is expected with multidisciplinary studies. However, data analysis has to be carefully performed in order to deal with potentially redundant variables. It is well-known that multicollinearity may compromise stability and interpretability of models. Therefore, most authors use stepwise selection methods (Vanderwee et al. 2010; van Bokhorst-de van der Schueren et al. 2013) so that redundant because collinear variables are discarded from the models. In order to fully reflect the broad range of valuable information in such a multidisciplinary survey, we will show the interest of a sophisticated multivariate descriptive methodology.

Thus, the aims of the present study were to explore variables referring to different disciplinary fields (medicine, nutrition, sociology, psychology, food behavior and sensory), including food perceptions, preferences and attitudes, expected to be associated with the nutritional status of the elderly, and to identify and characterize profiles of elderly people, in relation to different levels of nutritional status. It is based on the Aupalesens survey related to eating perception, nutritional status and culinary dependency in the French elderly. Information on living place, social life, food habits, food perception, food preferences, sensory abilities, physical capacities and health, psychological health and nutritional status have been collected in a French elderly

sample with different levels of culinary dependency (from free-living people without help to people living in nursing homes). The statistical methodology makes it possible to identify participants' profiles and at the same time to exhibit patterns of variables highlighting the relationships between these factors. Associated factors with a bad or good nutritional status are identified and different profiles within the population under study are also highlighted.

2. Material and Methods

- **Ethics statement**

The experimental protocol of the survey was approved by the French Ethical Research Committee (CPP Est I, Dijon, #2010/42, AFSSAPS# 2010-A01079-30). Written and oral information was given and written informed consent was obtained from all participants.

Participants

In 2011, 559 participants older than 65 years old (65-99 years old, 387 women, 172 men) from four cities completed the study. They were recruited among four categories ranging from a high level of autonomy to a high level of dependency. These four categories were defined as follows: category 1 is composed of elderly people living independently at home (n=)289); category 2 corresponds to, elderly people living at home with help unrelated to food activity (housekeeping; gardening; personal care) (n=74); category 3 comprises elderly people living at home with help related to food activity (food purchasing; cooking; home meal delivery) (n=101); and category 4 refers to elderly people living in a nursing home (n=95). The category 1 has been over-represented in order to follow up later this sub-sample in a subsequent study.

Cognitive health was a recruitment criteria and subjects having a Mini Mental Scale Examination (MMSE) (Folstein et al. 1975) score higher than 20 were included in the sample.

- **Procedures**

Respondents took part in two sessions of about 90-minutes. Face-to-face interviews were run by six experimenters (all women) who followed a 1-day training session.

- During these two sessions, they answered to a multidisciplinary questionnaire on autonomy, general health, nutritional status, psychological health, social life, food behavior and attitudes, food preferences, food intake, and sensory capacities. Some variables are already published and will not be detailed here, other ones have been specifically developed for the survey and will be presented more in detail. These variables are described in the following subsections.

→ **Autonomy, general health.**

To assess *independent living skills*, Instrumental Activities of Daily Living Scale (*IADL*) score was evaluated (Lawton et al. 1969). *Physical capacity* was measured thanks to the Short Physical Performance Battery (*SPPB*) (Guralnik et al. 1994). Number and type of drugs were collected thanks to the prescription, drugs were classified as impacting taste and olfaction or not. This information made it possible to categorize subjects as *taking or not drugs impacting taste and olfaction*. The respondents also declared *the number of diseases* they had.

→ **Nutritional status.**

Respondents completed the Mini Nutritional Assessment© (*MNA*) (Guigoz et al. 2002), a validated screening tool which aims at identifying elderly persons normally nourished (score >23.5), with a malnutrition risk (score between 17-23.5) or malnourished (score < 17). We call it *nutritional score* below. The score has been included in the multivariate procedure, and the categories of nutritional status used to describe the clusters.

Subjects reported *eating difficulties* which is a qualitative variable (0 or 1, no difficulties or with difficulties)

→ **Psychological health**

Depression was measured using the short form of the Geriatric Depression Scale (*GDS*) (Sheikh 1986; Bourque et al. 1990; Mitchell et al. 2010). *Self-esteem* was assessed by the French Version of the Rosenberg Self-Esteem Scale (Rosenberg 1965; Vallieres et al. 1990).

→ **Social life**

A large questionnaire has been addressed to collect information concerning the way of life. In the present work, we finally included four variables measuring the concept of being in a social active network or not. People evaluated their feeling of being *isolated* on a 4-point Likert scale from "not at all" to "a lot". The three other variables were constructed by combining several variables according to their sociological meaning. The latent variable called "*social contact*" combines questions about contacts with the family and phone contacts. The second one called "*social activities*" gathers activities as artistic ones, associative ones and children care. The last one called "*outings*" merges all the variables related to outings (visiting friends or family, purchasing, having fun, going to restaurant or other outings). Higher scores indicate active social life (contacts, activities and outings).

→ **Food behaviour and attitudes**

The interviewees rated their *appetite* (do you have a good appetite?) on a 4 point Likert scale from "not at all" to "a lot".

A shorten French version of the Dutch Eating Behavior (*DEBQ*) was used to explore food behavior (Van Strien et al. 1986; Lluch et al. 1996; Bailly et al. 2012). It measures three

dimensions of food behavior regardless the internal state of hunger or satiety: the “*emotional eating*” which is a latent variable referring to eating in response to negative emotions (6 items); the “*external eating*” which refers to eating in response to food-related stimuli (5 items) ; the “*restrained eating*” which reflects the degree of conscious food restriction (in order to lose or maintain a particular weight for instance) (5 items).

Eating pleasure and *health interest* were assessed by two subscales of the Health and Taste Attitude Questionnaire (HTAQ) (Roininen et al. 1999). To get *satisfaction with meal*, a general question was asked: “what do you think of your meals?” according to four situations: 1. Meal prepared by you or your spouse, 2. Meal prepared by your helper, 3. Meal delivered to you, 4. Meal of the nursing home. The score retained was the mean of the scores of the various situations weighted by their frequency of occurrence, for each respondent.

Three other dimensions were measured thanks to a selection of seven items from the Authenticity scale (Camus 2004): “*origin*” or how far I know the origin of foods I eat, “*identity*” or how far foods I eat are an image of myself and “*naturality*” or how far I agree that foods I eat are natural.

→ **Food preferences**

Food selectivity was obtained by asking the respondents to tick each food item they dislike among a list of 71 familiar products. The selectivity score is the number of disliked food items among the list of 71 items (Maitre et al. 2014).

To get *specific food liking*, interviewees were asked to rate their level of agreement between two opposite items according to a 5-point Osgood's semantic differential scale (For instance: “A rare and tender roast beef, I love it!” and at the opposite: “A rare and tender roast beef, it’s disgusting!”). Such questions were asked regarding beverage during meal, red meat attractiveness, meat vs fish, deli products, fruit, pastry, dessert, ready-made foods and fat free products, butter vs oil cooking.

→ **Food consumption frequencies**

Interviewees declared their food consumption frequencies. Only those regarding fish, red meat, deli products, vegetable and fruit have been used in the follow-up, as they were correlated with other health and nutritional variables.

→ **Changes in food consumption**

Participants were asked, for each large category of food, if they have modified their consumption since they were 40 years old. For each participant, a score was calculated to count the number of occurrences corresponding to changes for health on the one side and changing for liking on the other side. These scores were called “*changes for health*” and “*changes for liking*”.

→ **Chemosensory abilities**

Different sensory abilities were measured with water solutions or odorants (Maitre et al. 2012). For each subject, scores for salty detection, for odor detection thanks to a short version of ETOC test (Thomas-Danguin et al. 2003) and for odor discrimination were collected.

→ **Statistical analysis**

The Clustering and Disjoint PCA (CDPCA) procedure was used in order to understand the ways variables can be gathered around latent variables due to their correlations and ability to discriminate different clusters of subjects.

The main objective was to identify a typology of elderly people and to highlight the main characteristics of each group. For this purpose, a clustering approach appeared to be very appropriate. Nevertheless, increasing the number of variables not only makes more difficult the interpretation of clusters of people but also causes unstable solutions when applying conventional clustering algorithms partitioning (such as k-means). In order to reduce the observed complexity within the population of the individuals and the great amount of variables, several methodologies have been proposed among which we can cite reduced-, factorial-, or subspace-kmeans (De Soete et al. 1994; Stute et al. 1995; Vichi et al. 2001; Timmerman et al. 2013), sparse clustering (Witten et al. 2010) or mixtures of factor analyzers (McLachlan et al. 2003). In the same vein of factorial k-means, the CDPCA procedure (Vichi et al. 2009) is very appealing as far as both clustering of the variables and clustering of the individuals are performed simultaneously. In CDPCA, the variables are grouped together and each cluster of variables is represented by a specific latent dimension. It turns out to exhibit a reduced number of dimensions, where each of them is likely easy to interpret in so far as it is the linear combination of the only variables associated with a cluster.

For a given number of clusters of individuals, let's say G , and a given number of groups of variables, denoted by K , the CDPCA results in the group's membership for each subject, the group's membership for each variable, and the loadings of the variables on their associated latent dimension. The choice of the size of the partitions (G and K) may be obtained in order to achieve the best value of the between cluster deviance in the reduced space (which is the criterion to be maximized in CDPCA). However, the more complex the model is (in terms of the number of clusters considered), the highest the optimization criterion is. Thus, a compromise must be done between performance and complexity after inspecting different combinations (herein G varying from 2 to 10 and K from 1 to 8).

In the following, the results of the double clustering procedure are interpreted, first, by the means of the loadings of the original variables in order to qualify the exhibited latent dimension. Then the question is to assess which one of the latent dimensions, and at a more

detailed level, which original variables discriminate the best the clusters of elderly people. Since most of the variables were quantitative, their discrimination abilities were tested by the means of one-way ANOVA models, followed if necessary by paired comparisons using the LSD procedure. Given categorical information (i.e. the category of dependency), the chi-squared test procedure was adopted. A level of risk $\alpha = 5\%$ was considered for all hypothesis testing. 50 active variables were included in the CDPCA. Age, gender, dependency categories were only illustrative.

3. Results and Discussion

3.1. Participants' characteristics

Means and standard deviation of socio-demographic characteristics of the 559 participants are indicated in table 15. Means and standard deviations of nutritional score, IADL, SPPB, MMS and GDS for the overall sample are reported in table 16.

3.2. Latent dimensions

The results of the CDCPA analysis led to the choice of **five latent dimensions** and **seven clusters of participants**.

The five latent dimensions are linear combinations of the individual variables merged in the same group of variables. A deep examination of the variables involved in each group and their loading to the corresponding latent dimension (Figure 14) makes it possible to interpret them as: (1) "Good health state", (2) "Depressed-low food enjoyment", (3) "Healthy eating", (4) "Eating difficulties", (5) "Meat and deli products".

Figure 14. Latent dimensions

Figure 14.a, Good health state

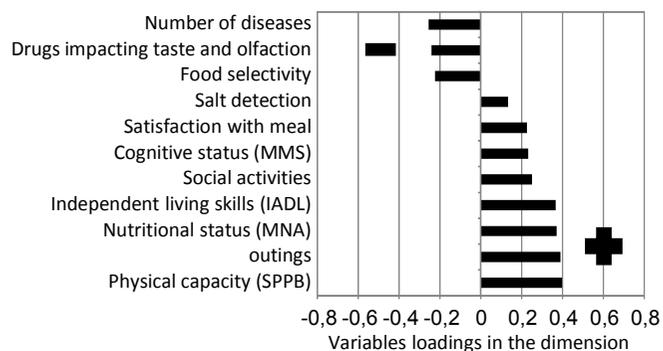


Figure 14.b, Depressed – low food enjoyment

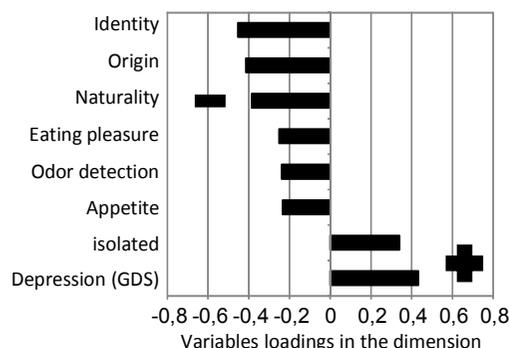


Figure 14.c, Healthy eating

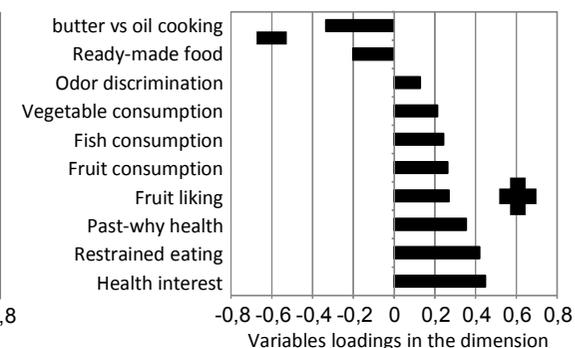


Figure 14.d, Meat & Deli products

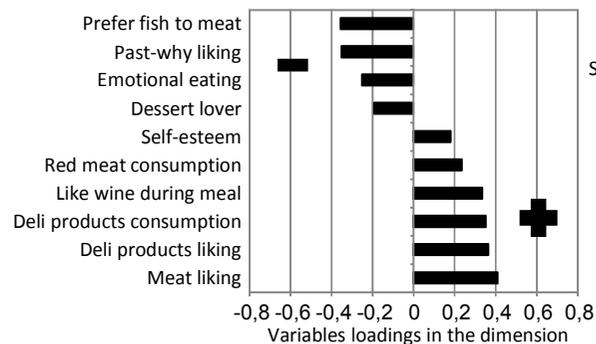
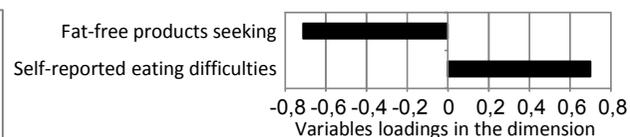


Figure 14.e, Eating difficulties



The first dimension, is untitled "**Good health state**" (Figure 14.a) because it is positively associated with good physical abilities (SPPB score), good autonomy in daily activities (IADL score), good nutritional status (nutritional score), good cognitive health (MMSE score). It is negatively linked to the number of pathologies and the number of drugs with side-effects on taste and olfaction. In this dimension, many of the variables relative to health were combined. Besides, variables from other fields are associated to this dimension: social life (outings frequency, social activities), autonomy in daily living (obtained by IADL), food perception and behavior (salty perception, food selectivity (with a negative loading) and satisfaction with meals). It is worth noting that such link between social life and health has been also pointed out by several authors and seems to be consistent: activities and active social life are positively linked to good health and good nutritional status (de Castro et al. 1989; Lennartsson et al. 2001; Rizzuto et al. 2012; de Boer et al. 2013). Finally, the fact that low selectivity, salt detection and satisfaction with meals are lumped together within this dimension gives new information.

The second dimension, called "**Depressed-low food enjoyment**" (Figure 14.b), is positively associated with the depression score (GDS), and the feeling of being isolated while it is negatively associated with the three variables of perceived authenticity: identity, origin and naturalness. Having a good appetite, being able to have pleasure during meals and keeping a high odor detection capacity (obtained by ETOC) have negative loadings for this latent dimension. These associations are consistent with previous works where appetite reduction in depressed elderly people has been reported (Hybels et al. 2012), as loneliness leading to loss of appetite and decrease of meals number (Ramic et al. 2011).

The third dimension, labelled "**Healthy eating**" (Figure 14.c), is positively linked to the health interest dimension (HTAQ score), the restrained eating dimension (DEBQ score) and the variable which measures how much participants have changed their food behavior for health concern. This latent dimension is positively associated with fruit liking or high fruit, fish and vegetable consumption frequencies. On the contrary, it is negatively linked to butter cooking and ready-prepared meals liking. Being concerned by food health impact, having a restriction food behavior and having changed food consumption for health concern are positively linked to liking and following a healthy diet (fruit, vegetables, oil cooking and fish). It seems that health concerned people apply nutritional recommendations, as those from the French "Programme National Nutrition Santé" (PNNS) which claims to eat frequently fruit and vegetables, regularly fish, and to limit consumption of saturated fatty acids (PNNS 2011).

The fourth dimension, called **“Meat and deli products”**, (Figure 14.d), mainly gathers variables related to liking and food behavior: Meat and deli products liking and consumption frequencies, habit to take a glass of wine during meals are positively weighted. On the contrary, fish vs. meat preference and dessert loving are negatively linked to this dimension. Furthermore, self-esteem is opposed with emotional trait (DEBQ score) and “change for liking”. These food associations are consistent with the dietary pattern “alcohol and meat products” found in SU.VI.MAX French cohort where meat, deli products, alcohol consumptions were positively correlated, and negatively correlated with fruit and sweet products (Kesse-Guyot et al. 2008). The association between these food likings and habits and self-esteem and emotion eating could be due to a gender effect, even though gender is not an active variable in the analysis. The “meat & deli products” dimension has significantly higher scores for men than for women ($F_{1,558}=67.3$; $P<0.0001$); as it is also the case for self-esteem ($F_{1,558}=24.5$; $P<0.0001$). On the contrary, emotional eating significantly scored lower for men ($F_{1,558}=31.8$; $P<0.0001$). As reported by Gana et al (Gana et al. 2013), relation between gender and self-esteem is not systematically shown in literature, even though some studies establish that men have higher self-esteem scores than women (Pinquart et al. 2001; McMullin et al. 2004). Concerning the emotional eating, as authors have previously hypothesized (Bailly et al. submitted) older women could be more incline to this than older men.

The last dimension, interpreted as **“Eating difficulties”**, (Figure 14.e) is quite specific as it only gathers two individual variables: the score of perceived eating difficulties and on the opposite, fat-free products seeking. Again, the link could be indirect, as facing difficulties to eat probably makes fat-free products seeking not a priority.

Some chemosensory variables (salty detection, odor detection and odor discrimination) were included in our study: Their roles in the latent dimensions are relatively low since they have small loadings. Among all the different measured factors in our survey, chemosensory disabilities do not seem critical, perhaps because they are accompanied by other diseases. However, a consistent point with previous studies is that salty detection and taking or not drugs impacting taste and olfaction variables are included simultaneously in the “good health” latent dimension, with opposite loadings (Schiffman 1991; Doty et al. 2004; Henkin et al. 2013).

These five latent dimensions are not necessarily independent to each other’s. Namely, it can be observed that the first three (“Good health state” GH, “Healthy eating” HE and “Depressed-low food enjoyment” Dep) are moderately correlated, the last one negatively with the two first ones

($GH \times HE$, $r=0.45$, $P<0.001$; $GH \times Dep$, $r=-0.53$, $P<0.001$; $HE \times Dep$, $r=-0.43$, $P<0.001$). These correlations were expected. In the elderly, depression is regularly associated to reduction of food intake and loss of motivation to eat, and so to malnutrition risk (Donini 2003; Hays et al. 2006). Feeling of isolation has also been reported as a risk factor for survival (Rizzuto et al. 2012).

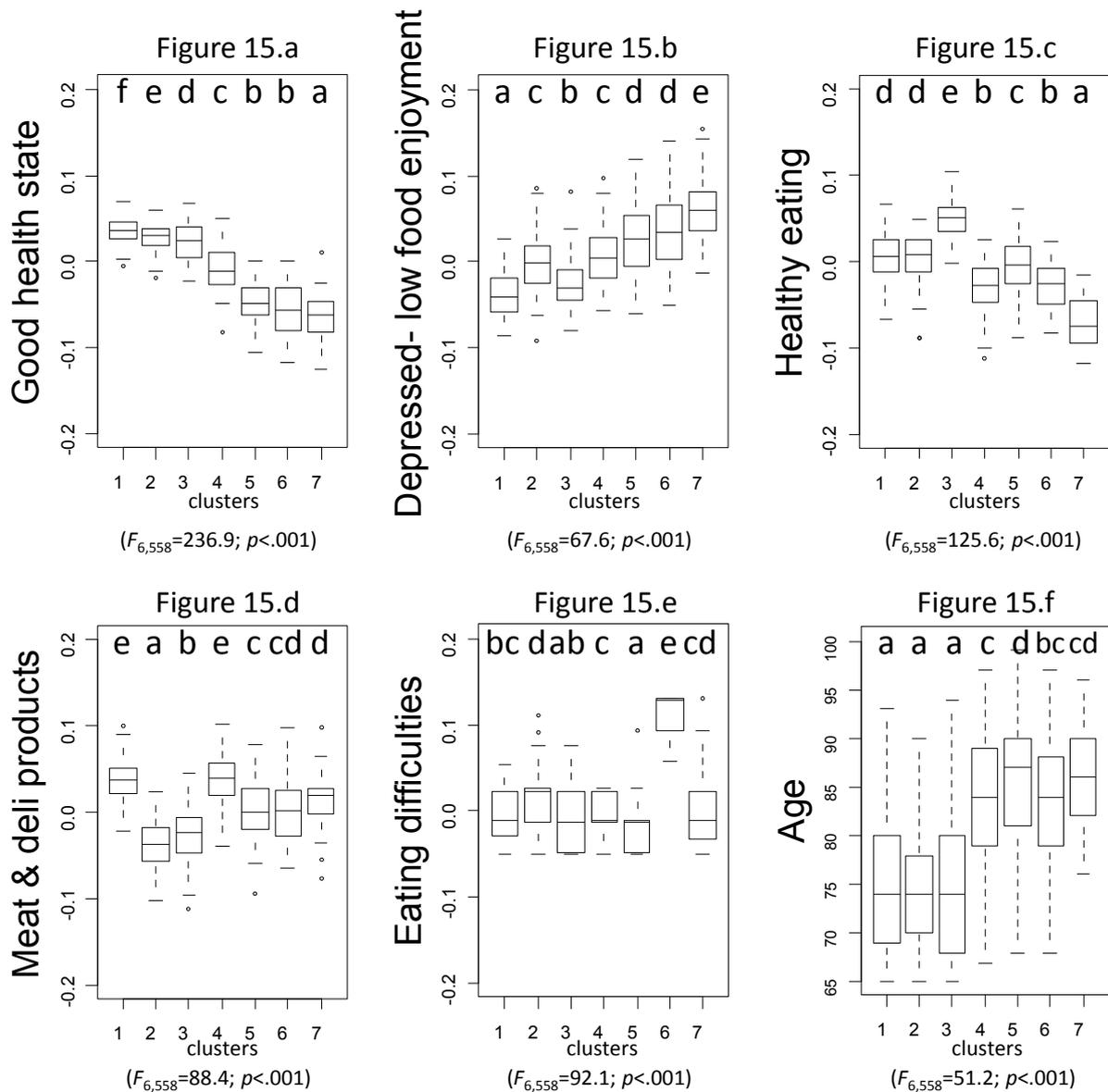
3.3. Clusters of participants in the population

Position of clusters on latent dimensions

Seven clusters of subjects have been exhibited. They have been ordered in a descending order according to their "Good health state" score. Figure 15 (subplots (a) to (e)) represents the distribution of the scores (by the means of boxplots) in each cluster for the five latent dimensions.

Participants' profiles can be distinguished thanks to a specific level on the latent dimensions. "Good health state" dimension separates clusters 1 to 3 from clusters 5 to 7. Individuals of the cluster 4 have an intermediate position (Figure 15.a). "Depressed, -low food enjoyment" dimension highlights the cluster 7, and also the cluster 2 among the 3 first ones (Figure 15.b). "Healthy eating" dimension shows specific profile for cluster 3 and cluster 5 among the four last ones (Figure 15.c). "Meat & deli products" dimension separates clusters 1 and 4 from the others (Figure 15.d). Finally, "Eating difficulties" dimension shows positive values only for member of cluster 6 (Figure 15.e).

Figure 15. Distribution of each cluster on 5 latent dimensions and age ¹



¹ The F ratios and associated p-value given under each subplot in figure 2, indicate that each of the latent dimension discriminate the clusters of people. The results of the pairwise comparisons between clusters are indicated by letters at the top of each figure.

Background characteristics

The description of the clusters of participants regarding their background characteristics, which were not taken into account for the clustering, is provided Tableau 15.

Tableau 15 Profiles of socio-demographic characteristics by cluster (all differences are significant at P<0.05)

cluster	1	2	3	4	5	6	7	Overall sample	Fratio or chii2 (bold italics)
n	87	118	110	94	78	35	37	559	
Age (mean and SD)	75.1 (7.0) a	74.5 (5.5) a	74.9 (6.8) a	83.5 (7.1) c	85.8 (6.3) d	83.4 (7.3) bc	85.3 (5.1) cd	79.1 (8.1)	51.2
men %	59	14	20	50	14	37	32	31	162.6
women %	41	86	80	50	86	63	68	69	
category 1 % living independently at home	80	89	74	21	6	17	5	52	740.7
category 2 % living at home with help unrelated to food activity	15	10	20	17	4	23	8	13	
category 3 % living at home with help related to food activity	5	1	5	39	39	46	43	18	
category 4 % living in a nursing home	0	0	2	22	51	14	43	17	
living alone (%)	29	64	53	63	90	80	73	61	215.6

Age: The obtained clusters are clearly organized into two sub-groups of different ages (Figure 15.f). It is worth noting that the age of 80 years appears to be a clear cut within our sample of elderly. Indeed, the boxes, represented in Figure 15.f, associated with the three first clusters are below this level, whereas they are above for the four last clusters.

80 is an usual age limit used by scientists in medical literature when focused on the so-called oldest-old (Harris et al. 1989; Manton et al. 1995; Campbell et al. 1999; Nourhashémi et al. 2001; Beckett et al. 2008). Even if age was not a variable included in the clustering, it turns out that the limit of 80 years old naturally appears as a pertinent partitioning criterion. This is in accordance with the frailty model of Ravaglia (Ravaglia et al. 2008) for which the age over 80 is one of the nine predictors. Nicolas (Nicolas et al. 2001), in her review, has distinguished three patterns of aging: disease, successful aging and usual aging. In the so-called “usual aging”, physiologic capacities tend to decrease over 80 years old

Tableau 16. Active significant variables discriminating clusters (P<0.05) (for quantitative variables mean and (SD) are given, according to the groups of means from LSD tests)

clusters	1	2	3	4	5	6	7	Mean (SD) overall sample	Fratio or chii2 (bold italics)
score nutrition /30	28.0 (1.7) f	26.6 (1.8) e	26.7 (1.8) e	25.9 (2.2) d	23.8 (2.2) c	21.2 (2.9) b	20.0 (3.8) a	25.6 (3.1)	99.6
Diseases nb	1.7 (1.4) a	2.2 (1.7) a	3.1 (1.9) b	2.9 (1.7) b	4.5 (1.9) c	4.0 (1.7) c	4.6 (1.8) c	3.0 (2.0)	28.8
BMI (kg/m ²)	27.4 (3.7) abc	27.1 (4.3) ab	27.3 (5.0) ab	28.8 (4.6) cd	29.5 (6.0) d	25.6 (5.1) a	28.3 (5.7) bcd	27.8 (4.9)	4.2
IADL /8	7.3 (1.1) c	7.8 (0.5) d	7.6 (0.9) cd	6.2 (1.7) b	4.8 (1.8) a	4.9 (2.3) a	4.5 (2.1) a	6.6 (1.9)	73.6
SPPB /12	11.2 (1.2) d	10.8 (1.6) cd	10.2 (2.4) c	8.6 (3.1) b	5.1 (3.2) a	5.2 (3.9) a	5.1 (3.4) a	8.8 (3.5)	78.6
MMS /30	28.0 (1.8) c	27.8 (2.1) c	27.8 (2.0) c	26.2 (2.7) b	25.9 (2.6) ab	26.1 (2.8) ab	25.2 (2.7) a	27.0 (2.5)	16.1
GDS /15	1.4 (1.4) a	3.2 (2.6) c	2.4 (2.0) b	3.8 (2.3) cd	4.9 (3.0) e	4.4 (2.9) de	7.8 (2.7) f	3.5 (2.8)	39.9
Isolated /4	1.3 (0.6) a	1.6 (0.8) b	1.5 (0.8) b	1.6 (0.8) b	2.1 (1.1) cd	1.7 (1.0) bc	2.3 (1.2) d	1.7 (0.9)	10.0
Social activities	0.5 (1.0) b	0.3 (0.9) b	0.4 (1.0) b	-0.5 (0.8) a	-0.5 (0.8) a	-0.4 (0.9) a	-0.7 (1.0) a	0.0 (1.0)	24.8
Outings	0.6 (0.5) c	0.5 (0.4) c	0.5 (0.5) c	-0.1 (0.8) b	-1.0 (0.9) a	-1.0 (1.0) a	-1.2 (1.0) a	0.0 (1.0)	93.9
self esteem /40	36.0 (3.4) d	30.8 (5.2) ab	32.9 (5.0) c	34.7 (4.2) d	32.1 (5.9) bc	32.3 (7.1) bc	29.1 (7.3) a	32.8 (5.6)	13.5
Pleasure /20	17.9 (1.9) c	16.3 (2.8) b	17.4 (2.1) c	16.2 (3.3) b	16.1 (3.5) b	15.3 (2.9) ab	14.6 (3.5) a	16.5 (3.0)	9.7
Emotion /30	9.2 (4.2) bc	13.4 (5.4) e	12.1 (5.9) d	8.1 (3.1) b	9.7 (4.9) c	8.6 (2.6) bc	8.1 (2.6) ab	10.4 (5.1)	17.6
Restriction /25	12.2 (4.0) de	13.1 (4.0) e	18.0 (3.6) f	9.6 (3.7) ab	11.9 (4.2) cd	10.6 (4.9) bc	8.4 (3.2) a	12.7 (4.9)	53.0
Externality /25	11.8 (3.7) bc	13.2 (3.8) d	12.3 (4.3) cd	10.3 (3.4) a	11.0 (3.9) ab	11.0 (4.9) abc	11.0 (3.9) abc	11.7 (4.0)	6.0
Origin	0.6 (0.8) e	0.0 (0.9) c	0.4 (0.9) d	-0.2 (1.0) bc	-0.6 (0.9) a	-0.4 (0.9) ab	-0.4 (1.1) ab	0.0 (1.0)	19.1
Identity	0.5 (0.7) c	-0.0 (0.9) b	0.4 (0.7) c	0.0 (1.0) b	-0.4 (1.0) a	-0.7 (1.2) a	-0.7 (1.1) a	0.0 (1.0)	16.5
Naturality	0.2 (0.9) bc	-0.2 (0.9) a	0.3 (0.9) c	0.0 (1.0) abc	-0.1 (1.0) ab	-0.2 (1.3) a	-0.4 (1.0) a	0.0 (1.0)	3.8
health interest /20	15.8 (2.7) c	15.2 (2.5) bc	17.7 (1.7) d	14.6 (2.9) b	15.6 (3.1) c	14.7 (3.6) bc	11.4 (3.6) a	15.5 (3.1)	28.8
past why health	1.6 (1.5) b	1.3 (1.2) b	2.8 (2.1) c	0.5 (1.0) a	0.7 (1.1) a	2.3 (1.2) a	0.7 (1.4) a	1.3 (1.6)	29.9
Eating difficulties %	1	3	1	0	1	100	8	8	439
meal satisfaction /5	4.9 (0.3) d	4.6 (0.7) c	4.9 (0.4) d	4.6 (0.6) c	4.1 (1.1) b	3.4 (1.3) a	4.0 (0.9) b	4.5 (0.8)	28.0
Selectivity /71	6.9 (6.2) a	5.9 (6.0) a	6.9 (6.9) a	9.3 (7.0) b	11.2 (7.4) bc	13.0 (8.7) cd	16.2 (8.9) e	8.7 (7.6)	16.2
good appetite /4	3.7 (0.5) d	3.5 (0.6) bc	3.5 (0.6) cd	3.3 (0.8) b	3.5 (0.7) bc	2.5 (1.0) a	2.4 (0.9) a	3.4 (0.8)	25.2
odor detection /1	0.78 (0.21) d	0.70 (0.29) c	0.78 (0.22) d	0.58 (0.29) ab	0.64 (0.25) bc	0.52 (0.36) a	0.49 (0.29) a	0.7 (0.3)	11.9
odor discrimination /1	0.79 (0.24) c	0.65 (0.32) ab	0.79 (0.26) c	0.63 (0.35) a	0.72 (0.30) bc	0.67 (0.29) ab	0.64 (0.31) ab	0.7 (0.3)	4.8
salty detection /1	0.73 (0.15) c	0.70 (0.18) bc	0.69 (0.16) bc	0.67 (0.15) ab	0.62 (0.17) a	0.68 (0.16) abc	0.65 (0.18) ab	0.7 (0.2)	3.7
meat liking /5	4.0 (1.1) d	2.3 (1.4) a	2.9 (1.5) b	3.5 (1.6) c	3.0 (1.6) b	2.8 (1.7) b	2.9 (1.7) b	3.1 (1.6)	13.0
fruit liking /5	4.3 (1.2) c	4.4 (1.3) c	4.3 (1.3) c	3.4 (1.6) b	4.1 (1.4) c	3.5 (1.7) b	2.7 (1.7) a	4.0 (1.5)	11.7

Dependance and family situation : People from clusters 1,2 and 3 live at home, and for a large majority without any help for food (very few of them belong to the recruitment categories 3 and 4) (Tableau 15). It is important to note that the living in couple people is over-represented in the first cluster (61% of the group).

In clusters 4, 5, 6 and 7, there are more individuals living in nursing homes (i.e. category 4), and there are more culinary dependent individuals (i.e. category3 + category 4) in clusters 5 and 7. Moreover, in cluster 4, 37% live in couple, whereas they are 10% only in cluster 5.

The IADL score which illustrates the autonomy level for current daily tasks is globally in accordance with the pre-determined categories of autonomy (Tableau 16). Consequently, it is significantly higher for clusters 1 to 3 and significantly lower for clusters 5 to 7, cluster 4 showing an intermediate level. Among the oldest clusters, the IADL score of the individuals in cluster 4 remains quite good.

Characteristics of the three youngest clusters of elderly (clusters 1, 2 and 3)

The common point of clusters 1, 2 and 3 is their good health, good nutritional status (nutritional mean score from 26.7 to 28.0) and good autonomy level (IADL mean score above 7) (Tableau 16). Eating pleasure (ability to have pleasure with food), as appetite still remain high in these three groups. None has eating difficulties. These people are also not food selective. Nevertheless, they differ each other from this common profile.

As expected in relation with the "Good health state" latent dimension, cluster 1 (n=87) is characterized by the best physical ability (SPPB) and the best nutritional status, high scores in self-esteem, pleasure of eating, appetite and satisfaction with meals, fruit and meat liking.

Cluster 2 (n=118) has a specific position among the youngest groups, especially in comparison with cluster 1, on a lot of variables. Cluster 2 has the highest score for depression among the first three and the highest score for emotion (that is to say these people are more likely to eat when they feel negative emotions), with low scores for self-esteem, eating pleasure (ability to have pleasure with food), meal satisfaction, authenticity scoring, meat liking and olfactory capacities.

The specificities of the cluster 3 (n=110) deal with a special relation to food. This is illustrated by a specific position on the "Healthy eating" latent dimension. People in cluster 3 are characterized by eating pleasure and a profound interest for food health impact and products authenticity and in the same time high scores in DEBQ variables: emotion and particularly restriction (which reflects the degree of conscious food restriction).

Characteristics of the four oldest clusters (4 to 7)

As shown in Figure 15.a, the "Good health state" level decreases from cluster 4 to cluster 7. The common point of all individuals belonging to these clusters is a lower mobility (SPPB) and a more or less severe loss of autonomy (IADL) comparing to the three first youngest clusters (table 2). DEBQ dimensions get smaller scores than in the three younger clusters. Authenticity scores are low in the four clusters, showing a weaker interest in food, too.

Among these four types, the cluster 4 (n=94) is really specific, including 50% of men, showing the best physical ability (SPPB), autonomy level (IADL), and nutritional status but also the lower number of diseases among the oldest groups. Its position on "Good health state" is median. They have still frequent outings, have still interest in food compared to the three clusters 6 and 7 (authenticity scores), love meat and keep a good self-esteem level. Only 16% of them are at malnutrition risk.

Cluster 5 (n=78) is a female group which presents a still correct nutritional status but low physical capacities. Their food health awareness is the highest among the oldest ones. Even if their food behavior is sensitive to negative emotion and they are inclined to restrain their diet, they keep a good appetite, a good level of satisfaction with meal and food pleasure. 38% in this cluster are at risk of malnutrition.

Cluster 6 (n=35) gathers men and women with eating difficulties. The qualitative variable (0 or 1, no difficulties or with difficulties) characterizes by itself this group (Figure 15.e). Their nutritional score is lower than for the clusters 1 to 5, as for several other variables: the lowest BMI amongst all clusters, low appetite, low satisfaction with meal, low meat and fruit liking scores and low olfactory detection capacity. Seventy four% of them are at risk of malnutrition, and 6% malnourished.

Cluster 7 (n=37) seems to gather elderly people having the worst health, with the lowest nutritional score, highest depression scores (GDS), perception of isolation, selectivity and the lowest self-esteem and eating pleasure. They have no awareness on health impact of food, little appetite and low authenticity scores and sensory performances. Seventy% are at risk of malnutrition and 16% malnourished.

The four oldest and most vulnerable profiles present the lowest sensory scores, which is consistent with literature (Doty et al. 1984a; Mojet et al. 2001; Murphy et al. 2002; Mojet et al. 2003; Mackay-Sim et al. 2004; Maitre et al. 2012; Schubert et al. 2012) . As previously presented by Maitre *et al.*, sensory capacities decline is variable among the elderly population, depending on age and on vulnerability associated with dependence (Sulmont-Rosse et al. submitted).

4. General discussion and conclusion

The originality of this work comes from (i) the broad range of investigation covering different disciplines, (ii) the repartition of the sample on the basis of the participants' culinary dependency level (not their age), and (iii) the statistical methodology which optimize simultaneously a clustering of the variables and of the subjects.

Thanks to the statistical methodology used, the CDPCA approach (Vichi et al. 2009) which consists in a simultaneous clustering of the variables and of the observations, we have been able to clarify a complex data set and identify different elderly profiles with variable nutritional status and health levels. In this way, co-linear variables from different disciplinary fields were gathered into a small number of latent dimensions which provide a synthetic view of the information collected during the survey. In the same time, the clustering of the individuals enables us to highlight an understandable typology of the population under study. Using a similar statistical method, Timmerman et al. (2013) have also pointed out, in research on child and family psychology, the interest of such approaches which combines variable-centered analysis (use of component or factor analysis to retrieve a limited number of latent dimensions) and subject-centered analysis (identification of mutually exclusive types of individuals). In other studies, as in Donini *et al.* (2013) inferential approaches, like multiple regression analysis, have been performed. However, the stability and the interpretability of such models may be compromised due to the presence of multiple co-linear dependent variables. Thus, a selection of a reduced number of variables among potentially interesting information must be undertaken (Vanderwee et al. 2010; Donini et al. 2013; van Bokhorst-de van der Schueren et al. 2013). The explorative point of view adopted with CDPCA prevents this prior selection and allows exploring the co-variability among a wide range of multidisciplinary features.

These results lead to identify bad-ageing profiles and well-ageing profiles. The two worst profiles, from a nutritional status point of view, show either eating difficulties (cluster 6), or depression and associated mood (cluster 7).

Oral health is known as a risk factor for nutritional status and health, playing a key role in eating behaviour (for a review, see Mioche et al. (2004)). In this survey, the variable related to oral health is self-reported eating difficulties, which is an easy but rough way to explore it. This choice was made to avoid a too long questionnaire, and the results show its efficiency. Nevertheless, it could be worth exploring eating difficulties origins more in details, as difficulties to chew or to swallow or mouth pains. Chewing problems have been identified as one of the risk factors for nutritional status (Donini 2003; Vanderwee et al. 2010; Wang et al. 2012). Van Lancker (2012), in her review, shows association between oral health status and malnutrition in

the elderly residing in a long-term care facility, even though those results should be taken with caution, due to some methodological limitations. Oral health is too often neglected at early ages by the elderly themselves and should be facilitated, both practically and economically. An awareness campaign on the importance of taking care of oral health for younger elderly people could be useful to prevent later problems leading to malnutrition.

The second main factor associated with a risky profile is depression, feeling of isolation, and indifference in food (even no more interest at all), as shown for cluster 7. An association between depression and malnutrition risk has already been shown and depression is often cited as a risk factor for the elderly's anorexia (Hays et al. 2006; Morley 2012; de Boer et al. 2013; Landi et al. 2013). Link between feeling of isolation, loneliness and depression and risk of malnutrition has already been established in several works and is cited as a main factor for anorexia of aging (Holmén et al. 2002; Donini 2003; Hays et al. 2006; Ramic et al. 2011; Rizzuto et al. 2012; Conklin et al. 2014). It is worth noticing how variables of food attitudes (DEBQ, HTAS and authenticity scales) are scored the lowest in association with this profile, illustrating a deep indifference for food. It could be interesting to search ways to keep elderly people interested in food, despite their psychological health. The profile of individuals in cluster 2 which refer to the youngest elderly people seems to have first depression symptoms. This should be taken into account early to avoid them to move close to the profile of cluster 7.

Moreover, it is interesting to note that our methodology makes it possible to identify factors associated with well ageing and highlights the importance of the threefold base: nutrition/ physical activity / psychological health. The two profiles which show the best "Good health state" scores among their respective age group (cluster1 regarding the clusters of the youngest people and cluster 4 for the oldest ones) differ from the others by their best nutritional status, their best physical activity score (SPPB), their lowest depression score (GDS) and feeling of isolation and their best self-esteem. They are also meat and fruit likers and they have pleasure while eating. In their review (2005) Peel et al. show how behavioral determinants including physical activity level, diet, and health practices play a role in healthy ageing. Exercise and healthy diet are keys to mental well-being and healthy ageing (Estaquio et al. 2008; Windle et al. 2010; Rizzuto et al. 2012; Hammar et al. 2013).

Another dimension which is shown to be positively linked to a good health and a good nutritional status is "Food health eating". Considering the profiles associated to clusters 3 and 5, in their respective age groups, it can be outlined that people take advantage of being interested in food impact on health and frequent fruit, vegetable and fish consumption. In the EPIC elderly survey, eating a balanced diet is associated with lower all-cause mortality (Trichopoulou et al. 2005; Bamia et al. 2007). Our results are consistent with previous

literature on fruit & vegetable diet's interest and support the nutritional recommendations relevance (Van Duyn et al. 2000; Seccareccia et al. 2003; Kesse-Guyot et al. 2011a; Kesse-Guyot et al. 2011b; PNNS 2011) whilst demonstrating that these healthy behaviors are not enough for maintaining a good health. The two profiles for clusters 3 and 5 are indeed not the healthiest ones of their age group, with a lowering of physical capacities (SPPB). We may ask the impact of restriction attitude on the individual stories, as it is well known that diets could lead at long term to overweight and nutritional deficiencies. These relative good nutritional scores of the profiles 3 and 5 (especially for profile 5) should be discussed regarding the nutritional criteria chosen in our survey. The MNA score does not explore body composition and it is probably missing for profile 5 understanding where BMI is the highest. To be overweight could mask muscle mass loss leading to sarcopenia but this sarcopenia may be revealed by a decline in physical capacities. The clusters 3 and 5 have actually lower physical capacities (SPPB) than respectively cluster 1 and 4. Despite this, having good appetite, food pleasure or food satisfaction are positive in advanced age as it contributes to prevent loss of food intake. Low autonomy (IADL) and culinary dependency, even though they are associated to more vulnerable and older clusters, are not always associated to the lowest nutritional status and poorest health. People in cluster 5, where the proportion of culinary dependent elderly people is the highest, are not showing the worst profile regarding health dimension and nutritional status. Depression and eating difficulties seem to penalize more significantly nutritional status of the elderly than culinary dependence.

The age of 80 years seem to be a threshold which could lead to different positions for the physicians and caregivers. Before this age, watch-points about oral health, depression risk, and too strict diets have to be at the top of mind for physicians and caregivers. Policies of prevention on oral care, physical activity and well eating when age comes could be set up. After 80 years old, reinforced prevention for the healthy elderly could be maintained, and care set up for those having reduced physical capacities, eating difficulties, or depression

Acknowledgements

The authors thank Géraldine Chaillot for running the survey in Angers; Elodie Caumon, Celia Crema for running the survey in Dijon; Marion Provost for running the survey in Nantes; Julia Ménard and Claire Vaugeois (Défi Santé Nutrition) for running the survey in Brest; Valerie Feyen and Jérémy Tavares for scanning Fizz questionnaires.

Ce qu'il faut retenir

L'un des enjeux du programme AUPALESENS était d'évaluer le poids respectif de facteurs médicaux, sensoriels, psychologiques et sociologiques sur le statut nutritionnel de la personne âgée. Pour cela, les données recueillies (50 variables) sur les 559 participants de l'enquête ont été soumises à une analyse statistique permettant à la fois de construire des groupes d'individus et des groupes de variables (CDPCA1). Les résultats ont révélé sept groupes d'individus correspondant à des typologies différentes.

Trois typologies correspondent à des personnes de 65 à 80 ans, en bonne santé, actives et autonomes. Le groupe I comprend des hommes et des femmes « les plus en forme », c'est-à-dire qui présentent le meilleur état de santé, de forme physique et le meilleur statut nutritionnel au sein de l'échantillon enquêté. Le groupe II comprend essentiellement des femmes ayant un moral moins bon que les deux autres. Le groupe III comprend des femmes soucieuses d'avoir une alimentation saine et équilibrée.

Deux typologies correspondent à des personnes de plus de 80 ans, présentant un état de santé et un statut nutritionnel intermédiaire. Le groupe IV comprend des hommes et des femmes présentant le meilleur état de santé et nutritionnel chez les plus de 80 ans, ainsi qu'une bonne estime d'eux-mêmes. Le groupe V comprend des femmes ayant un bon appétit mais soucieuses du lien alimentation santé.

Deux typologies correspondent à des personnes de plus de 80 ans, en mauvaise santé et dépendantes. Le groupe VI comprend des personnes ayant des difficultés à manger et le groupe VII des personnes déprimées, présentant peu d'intérêt pour l'alimentation. Ces deux groupes sont les plus à risque de dénutrition.

Les meilleures capacités sensorielles caractérisent le groupe I.

Les plus faibles capacités sensorielles caractérisent les plus de 80 ans.

En conclusion, ce travail a permis d'identifier les facteurs de risque associés à la dénutrition chez la personne âgée (difficulté à manger, dépression), ce qui devrait permettre de mieux anticiper une altération de l'état nutritionnel en l'absence de pathologie aiguë.



Chapitre 4 Quelle est la meilleure stratégie sensorielle pour améliorer des produits pour des personnes âgées dont les capacités sensorielles sont altérées ?

La population des personnes âgées est variable, tant au niveau des capacités sensorielles que des préférences. Quels produits faudrait-il leur proposer pour maintenir un bon niveau de satisfaction, notamment quand il y a délégation culinaire ? Une première hypothèse est que des méthodes de mesures sensorielles hédoniques peuvent être adaptées aux personnes très âgées et dépendantes, non démentes. Une deuxième hypothèse est que développer des produits en tenant compte des attentes exprimées par les personnes âgées est plus efficace que tenir compte des capacités sensorielles. La cinquième question de recherche à laquelle nous tenterons de répondre dans ce chapitre est : **Quelle est la meilleure stratégie sensorielle pour améliorer des produits pour des personnes âgées dont les capacités sensorielles sont altérées ?**

Après avoir discuté l'état de l'art (paragraphe 1) et présenté l'organisation de nos travaux (paragraphe 2), nous aborderons tout d'abord les aspects méthodologiques : mise au point d'une échelle de mesure hédonique et précautions à prendre lorsque des produits sont testés auprès d'une population âgée (paragraphe 3). Puis seront présentés des travaux visant à déterminer quelles recettes sont les plus appréciées. Nous montrerons comment ont été développées différentes variantes de trois recettes (deux plats principaux et un dessert), soit sur la base de préférences déclarées par des sujets âgés, soit sur la base de compensations sensorielles (addition de saveurs ou d'arômes) (paragraphe 4.1 et 4.2). Des tests hédoniques permettent d'évaluer comment ces recettes sont appréciées des personnes âgées (paragraphe 4.3.2 à 4.3.4). Enfin, les préférences pour les différentes variantes de produits seront reliées aux capacités sensorielles des sujets (paragraphe 5).

1. Etat de l'art : préférences des personnes âgées pour des produits renforcés en saveurs ou en arômes.

La baisse des capacités sensorielles avec l'âge est identifiée comme l'un des facteurs de perte de motivation à manger (Schiffman 1997) et de risque de perte d'appétit chez les personnes âgées (Elsner 2002; Hays et al. 2006). Une réduction de la perception des stimuli conduirait à une moins bonne régulation de la prise alimentaire, et prendre moins de plaisir en mangeant amènerait à réduire encore l'envie de manger. Aider les personnes ayant des capacités sensorielles réduites à conserver un comportement alimentaire normal grâce à une alimentation qui leur plaise et les stimule est un enjeu important auquel plusieurs chercheurs ont cherché à répondre.

En l'absence de traitement permettant de restaurer les capacités sensorielles, les auteurs se sont naturellement tournés vers le renforcement des arômes et des saveurs dans les aliments dans l'objectif d'améliorer l'appréciation des aliments. **L'hypothèse partagée dans la littérature est que des aliments plus « goûteux » conviendraient mieux à des personnes percevant de façon moins intense les saveurs (=saveurs + arômes des aliments).** Le tableau présenté en annexe 4 regroupe les travaux sur ce sujet qui sont discutés ici. Les études portant respectivement sur le renforcement des arômes (6 articles), de la saveur (arômes + saveurs) (6 articles) ou des saveurs (8 articles) y sont regroupées. Sont distingués les plans d'expériences inter-sujet où les réponses des personnes âgées sont comparées aux réponses de sujets plus jeunes (il y a un effet si les personnes âgées donnent une note supérieure aux variantes renforcées par rapport aux personnes jeunes) et les plans d'expériences intra-sujet où les réponses entre l'aliment renforcé et le standard sont comparées au sein de la population âgée.

Schiffman *et al.* présentent des résultats très positifs d'un renforcement aromatique chez des personnes de plus de 70 ans, sans en donner malheureusement tous les détails (Schiffman et al. 1988). Lorsqu'il leur a été présenté en consommation libre trois produits comprenant un standard, une variante renforcée avec le même arôme et une variante renforcée avec un autre arôme, 75% des sujets âgés ont choisi une des variantes renforcées. Ceci a été vérifié pour quatre types de légumes, trois viandes, trois recettes de soupes et un jus de pommes. Les résultats des études ultérieures montrent cependant des conclusions plus nuancées.

Deux articles de la même équipe ont étudié l'impact du renforcement aromatique de soupe, de Quorn (un substitut de viande) et de yaourt (Griep et al. 1997b; Griep et al. 2000) et concluent à un effet positif, dont l'ampleur dépend du produit et du groupe de personnes âgées. Leur deuxième étude qui portait sur un effectif plus significatif que la première (178 et 54 sujets en

2000 contre 36 en 1997) montre effectivement une plus grande proportion de sujets âgés que de sujets jeunes qui préfèrent la version renforcée pour le Quorn, et ce dès l'âge de 40 ans (20% chez les moins de 40 ans, 60% chez les plus de 60 ans), alors que la différence est plus faible pour le yaourt et le taux de préférence nettement moins en faveur de la variante renforcée (21% chez les moins de 40 ans et 42% chez les plus de 60 ans).

Un travail sur du lait fermenté d'avoine aromatisé aux fruits rouges en Finlande a montré en revanche que la variante renforcée était moins appréciée que le standard par les jeunes et les âgés, mais que ces derniers faisaient moins de différences entre les deux produits au niveau de leurs scores hédoniques (Koskinen et al. 2003a). Les chercheurs de Wageningen ont comparé des groupes jeunes et âgés pour différents produits : jus de tomate, crème dessert et gaufres salées et sucrées. Les résultats ne sont positifs que pour une partie des produits (Kremer et al. 2007a; Kremer et al. 2007b). Plusieurs concentrations d'arôme ajouté ont été testées et la crème dessert par exemple, n'est davantage appréciée que pour une certaine dose optimale.

L'intérêt d'un renforcement aromatique semble donc dépendre des sujets, des produits et du niveau de renforcement.

Pour les saveurs, la plupart des résultats montrent un effet positif du renforcement sapide, mais ils ont tous porté sur des produits ne nécessitant pas de mastication (boissons ou aliments de type purée). Le travail de Drewnowski (1996) est le seul à montrer que les personnes âgées préféraient une recette moins salée que les plus jeunes. Un seul article ne montre pas d'effet (De Graaf et al. 1994).

Lorsque les composantes aromatiques et sapides sont renforcées en même temps (flaveur renforcée), les réponses divergent selon les études. C'est une saveur sucrée plus intense d'un jus de pêche qui est préférée par les personnes âgées et pas le jus renforcé en arôme dans le travail de Laureati *et al.* (2008), alors que le travail de De Graaf *et al.* (1994) a montré l'impact positif d'une augmentation de la flaveur globale. Les plans d'expériences intra-sujets montrent des résultats plus nuancés, où le renforcement ne serait positif que pour certains produits, ou que pour certains sujets. Comme pour les saveurs, les travaux sur le renforcement de la flaveur mettaient en œuvre des produits testés ne nécessitant pas de mastication.

Les performances sensorielles ont été mesurées seulement dans une partie de ces études.

Lorsque les performances sensorielles sont reliées à l'appréciation des variantes renforcées, peu d'effets significatifs sont mis en évidence. Kremer *et al.* ne trouvent un effet significatif des capacités sensorielles sur les préférences que pour les crèmes desserts, et pas pour le jus de tomate (Kremer et al. 2007a) mais montrent qu'une modification de texture a été plus bénéfique qu'un renforcement aromatique pour les personnes âgées dont les

performances au test olfactif ETOC étaient faibles. Laureati *et al.* montrent un lien faible entre les performances d'identification olfactive et gustative et l'appréciation pour les différents plats testés et aucun pour le jus de fruit (Laureati *et al.* 2008). Kälviäinen *et al.* (2003) identifient eux un effet de la perception acide sur le niveau idéal de flaveur et de la détection olfactive sur l'appréciation globale. Ces travaux dont les résultats divergent **méritent d'être poursuivis**, huit d'entre eux seulement ont mesuré les capacités sensorielles et les ont reliées à la préférence pour des produits modifiés.

La texture a fait également l'objet d'investigations, même si elles semblent moins nombreuses que la flaveur. **Les études montrent un impact moins élevé sur le niveau d'appréciation de changements de la texture que des arômes** lorsque les deux dimensions sont modifiées dans la même expérience, même si Kremer *et al.* ne le vérifient pas pour tous les produits testés (Kälviäinen *et al.* 2003; Kremer *et al.* 2007a; Kremer *et al.* 2007b). Là encore, les réponses des sujets ne sont pas homogènes, comme l'illustrent les travaux de Forde *et al.* (2004) où une modification du caractère juteux n'est davantage appréciée que par les sujets les moins sensibles sur un plan sensoriel (d'après leurs résultats à des tests olfactifs, gustatifs, de texture et de sensibilité trigéminal). On retrouve pour la texture comme nous l'avons vu pour les arômes et les saveurs, des résultats qui dépendent des produits et des sujets.

Ces résultats tendent à montrer que l'impact du renforcement aromatique ou sapide d'un aliment sur l'appréciation dépendrait de l'aliment lui-même, comme en ont fait l'hypothèse DeGraaf *et al.* (1994) et Kremer *et al.* (2007b). Cette dernière avance que la **familiarité** vis-à-vis d'un aliment pourrait expliquer que les réponses varient selon les produits : un produit familier, que la personne âgée a consommé régulièrement tout au long de sa vie, bien connu, ne nécessiterait pas de renforcement, alors qu'un produit non familier bénéficiant d'un renforcement aromatique ou sapide, aurait plus de chance d'être apprécié. L'hypothèse avancée par Kremer *et al.* est que le déclin des perceptions sensorielles serait progressif. S'il est accompagné de la consommation régulière d'un produit familier, les caractéristiques sensorielles de ce produit continueraient à satisfaire le consommateur. En revanche, un produit nouveau bénéficierait d'emblée d'une intensité en flaveur plus élevée.

Par ailleurs, **toutes les études n'ont pas cherché à optimiser le renforcement d'un point de vue qualitatif**. En effet, il ne suffit pas d'augmenter simplement la dose d'arôme, celle-ci pouvant entraîner une modification de sa perception qualitative, mais il faut s'attacher à augmenter l'intensité aromatique sans dégrader le profil aromatique du produit. L'étude de Kremer *et al.* qui ont testé plusieurs concentrations d'arômes montre des réponses différentes selon la dose ajoutée (Kremer *et al.* 2007a). Prenons l'exemple de l'éthyl-butyrates : à

concentration basse, son odeur évoque le fruité de la fraise ; à concentration élevée, la fraise mûre, voire pourrie pour certains. Ceci nécessite donc l'intervention de professionnels spécialisés dans le développement du produit à étudier et demande un travail précis. Une étude en amont avec les personnes âgées pour orienter les dimensions sensorielles à renforcer et comment les renforcer n'a pas non plus été réalisée dans ces travaux et serait nécessaire.

On peut également pointer **l'effectif** de sujets recrutés dans ces études. Alors que nos travaux (paragraphe 3 du chapitre 2) montrent une grande variabilité des préférences au sein de notre échantillon, les études présentées ici travaillent rarement avec plus de 100 personnes. Seuls les travaux d'Essed *et al.* (n=97) (2007), de Griep *et al.* (n=178) (2000) et Murphy *et al.* (n=86) (1986) reflètent les résultats de panels assez nombreux. Or, étudier la moyenne des sujets lorsque l'on travaille sur les préférences est toujours risqué compte tenu de leur grande variabilité (Köster 2003). C'est d'autant plus difficile si l'on souhaite relier capacités sensorielles et appréciation. Segmenter la population n'est également possible que sur de larges effectifs, le risque étant de découper l'échantillon en sous-groupes d'effectifs trop faibles pour être représentatifs. Ces méthodes de segmentation sont largement utilisées lorsque les préférences des consommateurs sont explorées et se justifient pour étudier une population aussi hétérogène que celle des personnes âgées. Elles permettent d'étudier la variabilité en la simplifiant. Cet élément confirme l'intérêt de travailler sur un assez large échantillon, comme le projet AUPALESENS l'a permis.

Enfin, comme illustré dans l'avant dernière colonne du tableau en annexe 0, les **outils de mesure hédonique** utilisés variaient selon les études, sans faire l'objet d'évaluation de leurs performances en tant que telles. Garantir l'utilisation d'un outil adapté et validé auprès d'une population de personnes âgées, sécuriserait les données obtenues.

Ce qu'il faut retenir

Pour pallier les pertes de sensations olfactives et gustatives, plusieurs auteurs ont testé des variantes renforcées en arômes ou en saveurs. Les effets du renforcement aromatique et de la flaveur sont variables. Pour les renforcements sapides, les résultats sont plus consensuels mais n'ont porté que sur des boissons ou des produits ne nécessitant pas de mastication. Les résultats pourraient dépendre du type de produit, de la qualité du renforcement et de la familiarité des sujets pour ce produit. Le lien entre préférence pour une variante renforcée et performances sensorielles n'est pas établi. A noter que les effectifs de sujets mis en œuvre sont souvent faibles et ne permettent pas d'étudier la variabilité des préférences. Les méthodes de mesure hédonique ne sont pas validées.

2. Organisation des travaux

Tenant compte de cette revue de littérature et de nos premiers résultats montrant une grande variabilité dans les capacités sensorielles et dans les préférences qualitatives (produits préférés), plusieurs hypothèses ont été identifiées :

- Il est possible et fiable d'utiliser des méthodes hédoniques avec des personnes âgées, même dépendantes, pour tester des variantes d'un même produit. Cependant, des méthodologies et précautions spécifiques liées à une cible plus fragile sont à prévoir.
- La prise en compte des attentes sensorielles des personnes âgées pour améliorer le niveau de satisfaction des produits est une stratégie pertinente. Cette stratégie peut être plus intéressante que le renforcement des saveurs et des arômes, mis en œuvre pour pallier des déficits sensoriels.

Ces hypothèses amènent à plusieurs pistes de travail:

- **Développer une échelle hédonique et valider la méthodologie** de mesure hédonique auprès d'une cible âgée, voire très âgée notamment celle vivant en EHPAD
- Tester les produits sur un nombre de sujets suffisant pour **identifier des segments de préférence homogènes**, et relier ces préférences aux capacités sensorielles.
- **Tenir compte de l'appréciation des personnes âgées** pour orienter le développement de nouvelles recettes
- Renforcer les dimensions sensorielles **en restant vigilant sur l'équilibre global du produit.**

Cette thèse s'intégrant dans un projet plus large AUPALESENS, il est utile de se replonger dans le contexte du projet pour situer nos travaux (cf paragraphe 3.3 du chapitre 1). Dans le projet AUPALESENS, le deuxième « work-package » que je coordonnais visait à développer des produits de qualité améliorée pour la cible âgée, et notamment très âgée. Cette étape intermédiaire dans le projet avait pour objectif de sélectionner des variantes améliorées. Ces variantes devaient permettre de composer un repas qui serait testé en EHPAD afin de vérifier les quantités consommées. Il fallait donc :

- **identifier quels aliments seraient suffisamment consensuels** pour être proposés en EHPAD (vérifié grâce au questionnaire de sélectivité). Notre choix s'est porté sur deux plats : blanquette de veau en texture normale (recette appréciée par 97% de l'échantillon Aupalesens) et bœuf carottes en texture modifiée (mixée) (recette bœuf

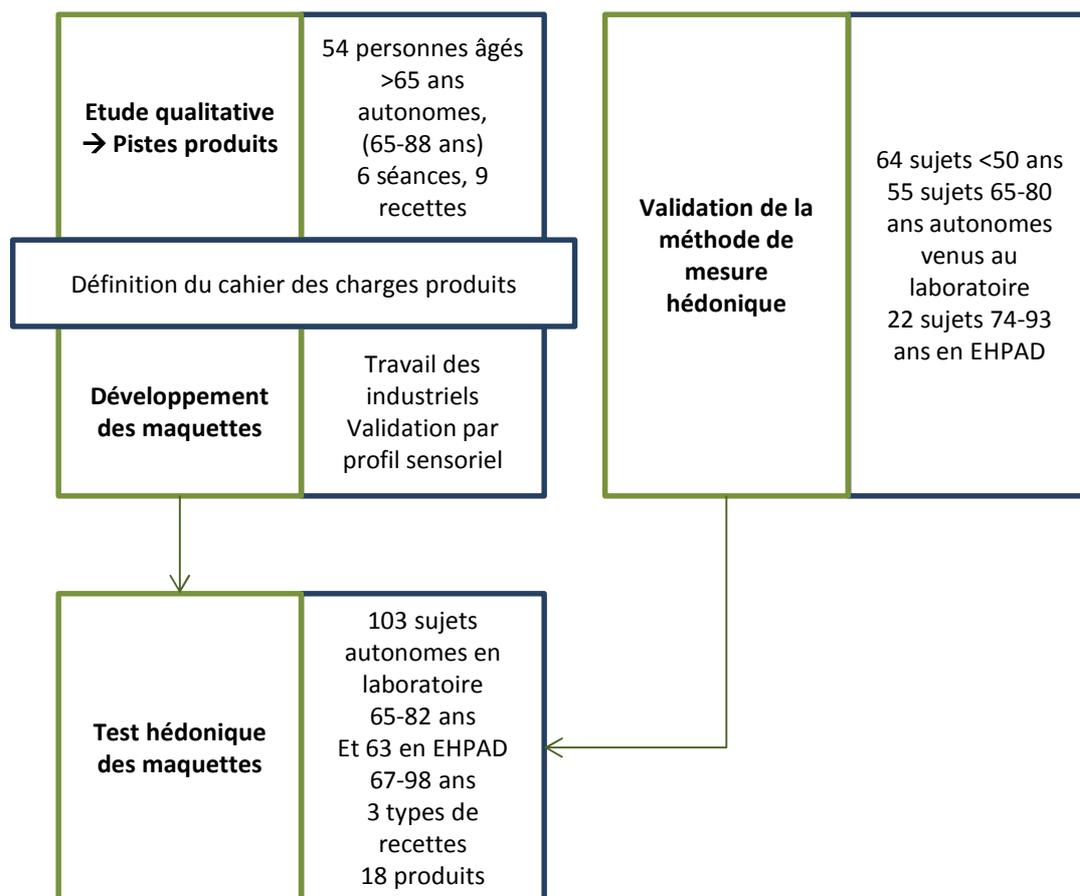
carottes appréciée par 93% des personnes de l'enquête), des fromages et un dessert : la crème à la vanille (appréciée par 89% des personnes enquêtées). Nous ne présenterons pas ici l'étude sur les fromages.

- s'assurer que la **méthodologie utilisée** pour mesurer l'appréciation hédonique des produits était fiable
- **sélectionner des variantes et les tester**. Pour ceci, les résultats des capacités sensorielles obtenus lors de l'enquête (chapitre 2) ont été utilisés.

Le schéma ci-dessous présente l'organisation du work-package (rectangles verts : tâches ; rectangles bleus : résumé du dispositif expérimental). Les aspects méthodologiques font l'objet du paragraphe 3. Ce dernier recense les facteurs qui peuvent jouer sur la performance d'une personne âgée lorsqu'on lui demande de réaliser une tâche sensorielle. Puis il présente l'expérience qui nous a permis de valider la répétabilité intra-session et inter-session de l'échelle, et termine par des recommandations méthodologiques adaptées aux tests avec des personnes âgées. A la fin de ce paragraphe, la méthode de test hédonique utilisée dans la partie 4 est présentée.

La démarche de mise au point des produits et les tests d'acceptabilité des maquettes sont présentés dans la partie 4. A noter que dans ce manuscrit, les produits développés pourront être appelés « produits » ou « maquettes » ou « prototypes » ou « variantes ».

Figure 16 Schéma d'organisation du work-package 2 d'Aupalesens



En conséquence des conclusions de l'état de l'art, la suite des travaux intègrera la validation d'une échelle hédonique adaptée aux personnes âgées, et la comparaison de deux stratégies d'amélioration des produits : l'une visant à compenser les déficits de capacités sensorielles, l'autre visant à répondre aux préférences.

3. Développement et validation d'une méthodologie de mesure hédonique chez les sujets âgés. Recommandations méthodologiques.

Objectifs :

- . Mettre en avant les facteurs pouvant modifier la réponse d'un sujet âgé lors d'un test sensoriel sur des produits alimentaires
- . Développer une méthodologie de mesure hédonique adaptée au contexte du sujet âgé.
- . Valider une échelle de mesure hédonique
- . Proposer des recommandations méthodologiques pour des tests sensoriels auprès de personnes âgées.

Sensory testing in new product development: working with older people

Chapitre de livre accepté, en cours d'édition

I.Maitre¹, and R. Symoneaux¹, and C. Sulmont-Rossé²,

1 : UPSP GRAPPE, Groupe ESA, SFR QUASAV 4207, France

2 : INRA, UMR 1324, CNRS, UMR 6265, Université de Bourgogne, Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, France

in "Rapid sensory profiling techniques and related methods , Applications in new product development and consumer research", Edited by: Julien Delarue, Ben Lawlor and Michel Rogeaux, *Woodhead Publishing Series in Food Science, Nutrition and Technology*, en cours de publication.

Abstract

Very few studies today validate the use of various sensory tools amongst elderly subjects, while population is aging rapidly. This chapter deals with applied sensory assessment in the food sector. It first presents heterogeneity factors in this population: physical and psychological health and dependency, decrease of chemo-sensory capacities, changes in oral-motor skills and modifications of cognitive abilities. Then, a study aiming at comparing the capacity of young and more or less dependent elderly subjects to use a discrete scale (discriminatory power and repeatability) in a monadic sequential presentation is described. Finally, recommendations are given about the cases where a panel of elderly people should be necessary and the precautions to undertake during a sensory test amongst elderly subjects.

Keywords:

Elderly, sensory descriptive analysis, hedonic scaling, repeatability, discrimination

3.1. Introduction

In the context of an aging population, the development of products meeting the elderly’s needs and expectations becomes a major challenge for the food industry as well as for society. As a result, it is highly important to use sensory assessment tools with elderly subjects “as their perceptions may not be interchangeable with those of adults who are under 60 years of age” (Murray et al. 2001). However, few sensory descriptive studies exist which include a panel of older subjects and very few publications have compared the performances of young and elderly subjects in sensory tests.

After a brief emphasis on the social and economic challenge that represents the development of products destined to the elderly, we will describe first the specificity of this population with a main focus on its heterogeneity and its consequences on sensory tasks. Second, we will present a study which aims at comparing the capacity of young and elderly subjects to use a discrete scale. This trial, based on a hedonic measure, has allowed the assessment of the discriminatory power and repeatability in elderly subjects living at home or in nursing homes. This trial has also enabled us to gain knowledge about the practical organization of a sensory test amongst an elderly population (number of samples, size of scale...). In the last part, we will present the precautions to undertake during a sensory test amongst elderly subjects. However, it is important to keep in mind that there exist very few studies today that validate the use of sensory tools amongst elderly subjects. We are, nonetheless, hopeful that these first recommendations may be a good start for future studies. Furthermore, this chapter will deal with applied sensory assessment in the food sector, in compliance with the authors’ skills, but we also hope that future studies will further expand our conclusions to other fields.

3.2. The elderly market: a challenge between needs and pleasure

In most developed countries, the proportion of elderly people in the population is growing quickly and the elderly market represents a key issue. The global population aged of 60 years old and above has doubled since 1980 and should reach two billion by 2050. Europe counts 17% of 65 years old and above and 4.7% 80 years old and above (Eurostat 2011). The

population of elderly people in Europe is increasing fast and, in 2060, there will be nearly 30% over 65 years old, and 12% over 80 (Eurostat 2011). Developing age-friendly products and services for this target is one of the WHO's recommendations to face the specific health challenges for the 21st century, caused by the population ageing (WHO 2012).

Ageing is a universal, natural and physiological mechanism which is imposed upon somebody without choice. During this period, a healthy human being is affected by impairments which can weaken him. Cognitive capacities, functional deficiencies and energy storages progressively decrease during ageing, inducing a vulnerable status which increases the risk of disease, aggravating dependence and so to the end of life. The question of the needs of this population in nutritional and sensory terms in order to allow a longer life and a better ageing without deficiencies is one that food industry and scientists have to address.

Having a "good" diet is considered an important factor to assist the elderly in maintaining optimal levels of health and preventing the onset of disease (HAS 2007; PNNS 2011)¹. But a "good" diet does not only meet the nutritional needs of the elderly population. It also maintains "eating pleasure", an essential component in the regulation of food intake (Grunert et al. 2007). This becomes even more crucial when elderly people have to delegate all or part of their meal shopping and/or preparation to others (home help, meals-on-wheels, nursing homes, catering service) because of the onset of disabilities (lack of skills, physical disability, cognitive impairment).

Recently, we conducted a large survey in French people over 65 years old (AUPALESENS survey). Different categories of the elderly were interviewed: elderly people living independently at home (n=289), elderly people living at home with help unrelated to food activity (housekeeping, gardening, personal care) (n=74), elderly people living at home with help including help related to food activity (food purchasing, cooking, home meal delivery) (n=101), and elderly people living in a nursing home (n=95). Results showed that "pleasure to eat" remained the same whatever the level of dependence ("Is eating a source of pleasure?"), whereas satisfaction with the consumed meals decreased by 22% with culinary dependence at home or in nursing homes ("Do you enjoy your meals these days?") (Sulmont-Rossé et al. 2012). In parallel, it was observed that 46% of the elderly dependent for their meals, whether

¹ Several French political organisations and national institutions (Ministère Français de la Santé et de la Solidarité, Institut de la Veille Sanitaire, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments – AFSSA, Assurance Maladie, Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé – INPES) promoted a plan for 2006 to 2010 entitled "National Health Nutrition Plan" (Plan National Nutrition Santé – PNNS) to prevent malnutrition in the elderly population.

living at home or in an institution, suffered from malnutrition or were at risk of malnutrition against 8% among autonomous elderly persons (Maitre et al. 2014).

In view of these results, it is essential to develop foods for the elderly that meet both their nutritional needs but also their sensory preferences, to make eating still enjoyable in this population. Consumer testing with this population is therefore highly requested in order to develop nutritious food that meets the preferences of older adults. However, frailty and appearance of cognitive alteration question the relevance of sensory tests, in particular with very old or dependent people.

3.3. The heterogeneity of the elderly

At what age does one become a senior? Even the notion of senior is variable. For the professionals in marketing, the consumer becomes a senior at the age of 50 years old. For the public authorities, the person is considered a senior between 60 and 65 years old (the access age to certain social financial supports). For health professionals the age is over 70 because it is at the age of 73 on average that the first health accident occurs. In the survey AUPALESENS previously described the age of 80 represents a decisive moment when nutritional frailty seems to appear (Maitre et al. 2013). In this book, we chose to consider senior everyone over 65.

Beyond the physiological age, a high heterogeneity is seen in the elderly population in terms of health and physical condition. Comparing a young retiree in good health with an elderly person aged over 90 would be considered a serious error of method. Likewise, a 78-year person can do long walks whereas another person of 67 will struggle gardening. Two persons of the same age may show dissimilar functional, sensory and cognitive abilities (Ferry 2009).

Conducting techniques of sensory analysis in a specific population requires know-how in order to establish the most appropriate criteria for recruitment and also to forecast difficulties the assessors may be confronted with during sensory tests. The following chapters will review the factors likely to affect the recruitment of a panel of elderly tasters and /or the response of the elderly during a sensory test.

3.3.1. Physical and psychological health and dependency

According to a Health and Social Protection survey conducted in France by CREDES in 2002, 43 % of the elderly aged between 60 and 65 and half of the elderly over 70 had at least one chronic disease (against 23 % in 30-50 year olds) (Auvray et al. 2003). In addition to eye and dental pathologies, the diseases most frequently encountered are cardiovascular diseases,

endocrine and metabolic diseases (diabetes) and osteoarticular diseases. The high prevalence of these pathologies goes along with a frequent use of drugs which are likely to have harmful side effects on chemo-sensory abilities and/or the oral and dental status of the elderly. On average, the persons over 60 take on a regular basis three different drugs per day (four in the elderly aged over 80) against one in 30-50 year olds.

In addition to clinical pathologies, anxiety and depressive states are disorders more frequently encountered in the elderly than in younger subjects. The prevalence of depression is assessed at 8-15 % in the elderly (Alaphilippe et al. 2013). Depression could be associated with olfactory anhedonia or/and olfactory negative alliesthesia (Atanasova et al. 2008). Although depressed people are reluctant to participate in a sensory study, an under-representation of this segment of seniors can be a problem if the aim is to assess acceptability of products among an aged population, particularly with frail and dependent people.

Finally, the life of an elderly person can undergo changes (such as an illness of a spouse, widowhood) leading to the appearance of a physical or cognitive disabilities, hence the necessity to delegate a part or all the daily activities (cleaning, shopping, grooming, meal preparation). The last stage of dependence is the admission to an institution. The survey 'Disabilities-Dependence-Incapacities' carried out between 1998-2001 in homes and institutions in France counted 10 % of dependent people in 80 year olds, 25 % of dependent males and over 35 % of dependent females in 90 year olds (Duée et al. 2006). Moving to nursing homes, whether it is a personal decision or not, disrupts the elderly person's life: the habits, the physical and social environment are modified. Apart from the adaptation to community, the elderly has to accept the rules imposed by a third party, in particular in terms of eating habits. In most of the nursing homes, the time and the location where food is served as well as the composition of the menu are imposed on the residents. Obviously, the elderly who are more dependent and, a fortiori, those who live in nursing homes are less fit, more depressive and show more cognitive disorders compared to the autonomous elderly living at home. For these reasons, conducting a sensory assessment study of dependent elderly people would be costly and difficult.

3.3.2. Chemo-sensory capacities

Several authors have shown that ageing is accompanied by a deterioration in taste and smell, which is reflected by an increase in detection thresholds, a decrease in perceived intensity of supra threshold concentration, and a decrease in the ability to distinguish between odours (for a review, see (Murphy 1986; Schiffman 1993; Sulmont-Rossé et al. 2010; Methven et al. 2012;

Sulmont-Rossé et al. 2012). Compared to young adults, the elderly have also shown stronger olfactory adaptation and slower recovery (Stevens et al. 1989). Concerning taste, more than 60% of studies cited in Mojet's review of the literature (2001) reported an increase in the detection threshold of sapid molecules with age (also see (Murphy 1986; Stevens et al. 1991). In their own experiments, Mojet and collaborators (2001; 2003) observed an overall decrease in taste detection and taste intensity perception with ageing, but a larger difference was observed between the young and the elderly for salt detection than for sweet and sour detection. Beyond this "mean" effect of age on chemosensory abilities, ageing is also accompanied by inter individual variability in olfactory performance scores and to a lesser degree in taste performance scores (increased dispersion of scores) (Stevens et al. 1987; Stevens et al. 1993; Thomas-Danguin et al. 2003; Laureati et al. 2008). Thanks to the AUPALESENS survey previously described, we evaluated the chemosensory capabilities of respondents through olfactory and gustatory tests. Four profiles were observed among our French elderly sample. A first group (43% of the respondents) showed preserved chemosensory capabilities, while 21% of the respondents faced an olfactory and gustatory decline. A few people (3%) were not able to perceive odours (close to anosmia) while they were still able to taste salt. Finally, 33% of the respondents showed preserved olfactory capabilities but a strong alteration of salt perception. The number of people with preserved sensory capabilities is higher among the group of those living independently and counts up to 54% of this group. On the other hand, the cluster with low olfactory and gustatory abilities rises to 39% of people living in nursing homes.

Several factors have been reported to account for age-related changes in olfaction, such as the drying out of the mucous layer, reduction of the production of new sensory cells (Schiffman et al. 2000; Boyce et al. 2006). In addition to these neurophysiological changes associated with the normal ageing process, extrinsic factors may also impact on the chemosensory decline, such as the number of diseases, medication, prior upper respiratory tract infection, prior exposure to certain air-borne chemicals known to affect odour sensitivity adversely (Murphy et al. 2002). These factors, closely related to the life story of each individual, probably account for a large part of the variability observed in the elderly population.

3.3.3. Oral-health status

The cumulative effects of physiological ageing, diseases and drugs, impact on different aspects of oral physiology that plays a key role in eating behaviour (for a review, see Mioche et al (2004)). With regard to the masticatory function, ageing goes along with a reduced strength in

jaw muscles of mastication and an alteration of dental status (Mioche et al. 2002). If the elderly are able to cope relatively well with muscular weakness by extending the time cycle of mastication, losing teeth on the contrary highly diminishes the masticatory efficiency. According to Steele et al. (1997), the conservation of at least 21 well distributed teeth is necessary to maintain a good masticatory function. However, the average number of lost teeth increases with age. A US survey showed that, in the age range 65–69 years, individuals have, on average, eighteen remaining teeth (Carlos et al. 1989). In France, according to a survey conducted by the CREDES in 2002, 35 % of 65-79 year olds and 56 % of over 80 year olds claim they have lost all or roughly all their teeth against 11% in 40-64 year olds (Auvray et al. 2003). Wearing prosthesis may restore the masticatory function, which is, however, less efficient compared to natural dentition (Fucile et al. 1998; Veyrune et al. 2000).

With age may also appear swallowing disorders and dysphagia. The prevalence of dysphagia could reach 13 to 35% of elderly people living independently (Forster et al. 2011). However, this prevalence is probably underestimated as these disorders are not always detected in their early stages. Ekberg et Feinberg (1991) conducted a radiological study among 56 seniors without dysphagia (average age: 83 years old). The findings showed that only 16 % of the participants had normal swallowing function. The oral function was abnormal in 63 % of the participants showing inaccurate initial insertion and foodstuff control, drooling and rapid movements of the tongue, longer chewing and delayed swallowing response. Swallowing disorders, when aggravated, may even be harmful when foods or liquids enter the airway. Finally, ageing may also induce symptoms such as dry mouth or xerostomia likely to make food intake painful.

As for chemosensory capacities, there is a large variability in elderly people regarding oral health. While some alterations in the oral functions can be linked to an aged-related physiological state; others depend highly on the life story of each subject: the appearance of pathologies, the use of drugs, good oral hygiene practices, access to dental care. The alteration of oral health in elderly adults may induce eating difficulties (avoidance of hard and fibrous foods, loss of appetite when food intake becomes painful). This may in turn lead to an alteration of the elderly’s nutritional status (Bailey et al. 2004; Maitre et al. 2013). For a sensory manager, the alteration of oral health may impact on food perception by changing texture perception (Veyrune et al. 2000; Mioche et al. 2002) and the release of flavour components (Duffy et al. 1999). However, very few studies on this subject exist. The research studies on meat texture produced by Mioche and collaborators showed no aged-related effect in terms of texture perception when comparing young subjects and old adults with good dental health (Mioche et al. 2002). On the contrary, Veyrune et Mioche (2000) noticed that subjects

with complete dentures were more sensitive to changes in juiciness of meat samples compared to dentate subjects. Furthermore, it has been shown that for elderly subjects retronasal flavour perception can be more impaired by age than orthonasal odour perception, which could be associated with a change in oral food manipulation (Duffy et al. 1999).

3.3.4. Cognitive abilities

In the case of normal (non-pathological) ageing, age can induce an alteration in cognitive functions, namely an alteration of the functions allowing to acquire, use and store information. In their review, Alaphilippe and Bailly (2013) report that age does not affect the different cognitive functions in the same way. Age has very little effect on the semantic memory which stores factual knowledge about the world (knowing that an apple is fruit) and the procedural memory dealing with skills (knowing how to peel off an apple). However, age can induce an alteration of the episodic memory (Did I buy some apples yesterday?) and the working memory. Working memory is the system that stores and manipulates transitory information in the mind, where they can be manipulated. This processing fluency involves reasoning and problem solving –and makes them available for further information-processing. This system of transitory memory is particularly requested for classic tests of difference used in sensory assessment (the apple I am eating right now is identical or different from the one I have just had?). Finally, ageing can also lead to a decline in attentional capacities, namely in capacity to select relevant information in a flow of information (selected attention) and capacity to analyse several items of information in parallel (divided attention) (Alaphilippe et al. 2013). For instance, an older adult will have more difficulties than a younger subject in following a tasting protocol requiring attention both to oral movements and sensory properties ("Carry the product to the mouth, chew it for ten seconds, rate sugar intensity, chew until swallowing, rate sugar intensity before swallowing, swallow, ...").

With regard to the cognitive treatment of chemosensory inputs, many studies have shown a decrease in the capacity to identify odours with age (see for instance, (Larsson et al. 1997; Lehrner et al. 1999). Hedner et al (2010) have recently tried to dissociate the impact of perceptive versus cognitive processes on the capacity of older adults to detect, discriminate and identify odours. In this study, participants completed olfactory tests (the use of Sniffin' Sticks test developed by Hummel et al (1997), as well as a cognitive test covering executive functioning (memory span), semantic memory (e.g., verbal fluency), and episodic memory (word recall and recognition). Results showed that proficiency in executive functioning and semantic memory contributed significantly to odour discrimination and identification

performance, whereas all of the cognitive factors proved unrelated to performance in the odour detection test.

In addition to age-related physiological effect on cognitive capacities, ageing can also go along with more serious cognitive disorders ('senile dementia') generally induced by neurodegenerative diseases (Alzheimer's disease, Parkinson's disease), strokes, or sometimes just a simple decline in overall health status. The prevalence of dementia has been estimated to be 5 to 10% over 65 year olds and up to 16 % in octogenarians in Belgium (De Deyn et al. 2011). The prevalence of cognitive disorders in nursing homes shows that Alzheimer disease represents 72 % of diagnosed dementias with a prevalence of 0.5 % before 65 years old, 2 to 4 % over 65 to reach 15 % in 80 year olds (INSERM (2007)). The afore-mentioned disorders in the elderly may be an obstacle for the application of surveys and classic tests used in sensory assessment. Besides, it is important to notice that neuro-degenerative disorders such as Alzheimer's disease are often associated with a severe decline in odour identification even at the beginning stage of the disease (Doty et al. 1987; Doty et al. 1991; Wong et al. 2010).

In conclusion, all the factors that have been described in this section emphasize the heterogeneity of the elderly population in terms of their ability to perceive sensory stimuli, their difficulties during food intake, their capacity to understand and perform a task, and their wish to participate in sensory tests.

3.4. Impact of age and dependence on performance at a sensory task: key findings on scale use in a monadic sequential presentation.

Several authors used scales with elderly panels in sensory tests, both to get hedonic scores and intensity ones. However, these studies were usually carried out with healthy elderly people, who were able to come into the lab, rather than with frail and dependent elderly people (Mojet et al. 2001; Kremer et al. 2007b; Methven et al. 2012; Withers et al. 2013). Furthermore, these authors were interested in the evaluations obtained thanks to the scales rather than in the way elderly people use scales. The capacity of the elderly to execute sensory tasks effectively is still an outstanding issue.

3.4.1. Description of a case study

Thanks to the AUPALESENS program, we set up a study aiming at assessing whether elderly people (including frail and dependant people) are able to carry out a classic sensory

methodology. Specifically, we assessed the elderly ability to carry out discriminative and repeatable judgement on hedonic scales and the suitability of a monadic sequential presentation for this population. This study was also an opportunity to get insights on practical considerations that should be considered when one is willing to run a sensory test with elderly people.

For this study, we recruited 3 groups of participants: young participants (n=64; 18-49 years), elderly participants living at home (n=55; 65-80 years) and elderly participants living in a nursing home (n=22; 74-93 years). To be recruited, elderly candidates had to score at least 20 in the Mini Mental Scale Examination (MMSE) (Folstein et al. 1975). The MMSE screens for cognitive impairment: scores greater than or equal to 26 points (out of 30) indicate normal cognition. Below this, scores can indicate severe (≤ 15 points), moderate (16-19 points) or slight (20-25 points) cognitive impairment (Derouesné et al. 1999). Five dairy dessert creams from the French market including three oral nutritional supplements (A,B,C,D,E) were tested. Consumers attended two sessions with a one-week interval. During each session, participants received a monadic serie of 7 samples which included a warm-up sample and two samples corresponding to the same product (A1 and A2). The presentation order was designed to allow testing for intra and inter-session repeatability (Tableau 17). For each sample, participants were asked to taste it and to give a liking score on a 7-point categorical scale combining labels and pictograms, which has been adapted thanks to in-depth interviews (Figure 17). Sessions were conducted in a sensory lab for the young and the independent elderly. For the dependent elderly, sessions took place in a meeting-room at the nursing home.

Tableau 17 Experimental design.

	Consumers	Warm-up	block 1	block 2
Session 1	1 à 15	E	ABC	ADE
	16 à 30	E	ABD	ACE
	31 à 45	E	ADE	ABC
	46 à 60	E	ACE	ABD
Session 2	1 à 15	E	ADE	ABC
	16 à 30	E	ACE	ABD
	31 à 45	E	ABC	ADE
	46 à 60	E	ABD	ACE

Figure 17 Hedonic scale developed in the AUPALESENS program.



3.4.2. Running a sensory test in nursing home: practical considerations

The course of the sessions carried on with the autonomous elderly people was quite similar to the ones with young respondents. For both groups, sessions took place in a sensory room through collective sessions (12 to 16 respondents came at the same time), with respondents seated in individual booths. However, in nursing home, we had to adapt ourselves to the constraints of the environment and to respondents’ frailty. With regard to the environment, it was not always possible to seat respondents at individual tables (room allocated to the test too small, not enough tables). At several occasions, two or three participants were seated at the same table. In this case, we insisted throughout all the session that the presentation order of the products was different between respondents to reassure our volunteers in their capacities to perform the task (“you may have a different opinion on this product from your neighbour as you did not receive the same product”). With regard to respondents’ disabilities, the instructions were read loudly by the investigator. The scale was presented in a large size (60 to 80 cm) on the table. Respondents were asked to put the sample on the scale level corresponding to his liking; the answer was written on a questionnaire sheet by the investigator (respondents were not asked to write anything). It has occurred that for several participants, instructions had to be repeated by the investigator for each product. One investigator was able to take care of 2 to 4 subjects (only one in case of severe disability such as blindness or deafness).

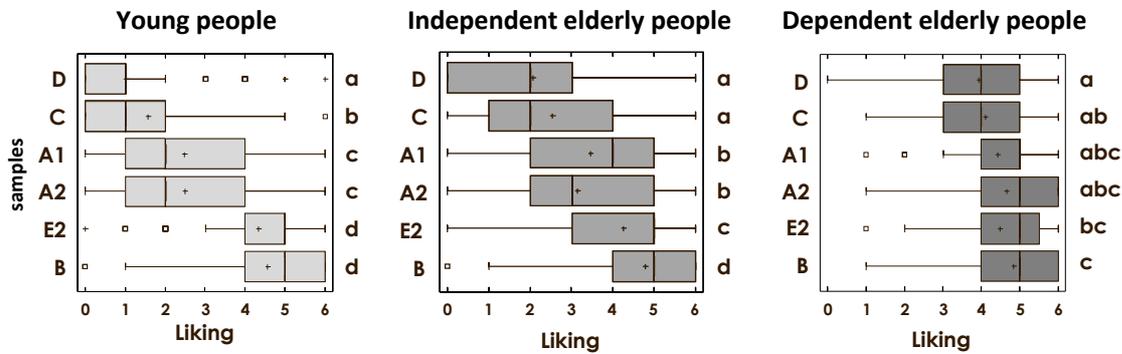
3.4.3. Impact of age and dependence on performance

Preserved discrimination and inter-session repeatability.

Liking scores were submitted to an ANOVA with sample, session and subject as factors for each group in order to test discrimination and inter-session repeatability. Results showed a decrease in the discrimination level with age and dependency, but significant differences between the products were still observed for the elderly group (Young people: $F_{sample}=100.71$; $p<0.001$,

$F_{sample \times session}=0.82$; $p=0.54$; Independent elderly people: $F_{sample}=36.19$; $p<0.001$; $F_{sample \times session}=1.34$; $p=0.25$; Dependent elderly people: $F_{sample}=3.75$; $p<0.01$; $F_{sample \times session}=0.25$; $p=0.94$). Figure 18 shows with box plots how are distributed liking scores for each age group (products names on the left), and what are the homogenous means (small letters on the right). However, product ranking was similar for the three groups of individuals. Furthermore, no significant sample \times session interaction was observed: repeatability between sessions seems to be preserved with ageing and dependence, even if it is easier to be repeatable for dependent elderly people as they are less discriminant.

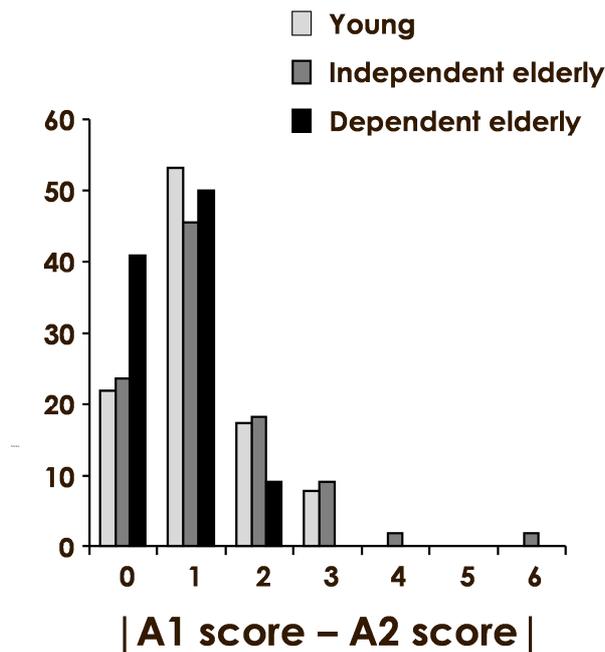
Figure 18 Discrimination and inter-session repeatability



No evidence for a fatigue effect through the monadic series.

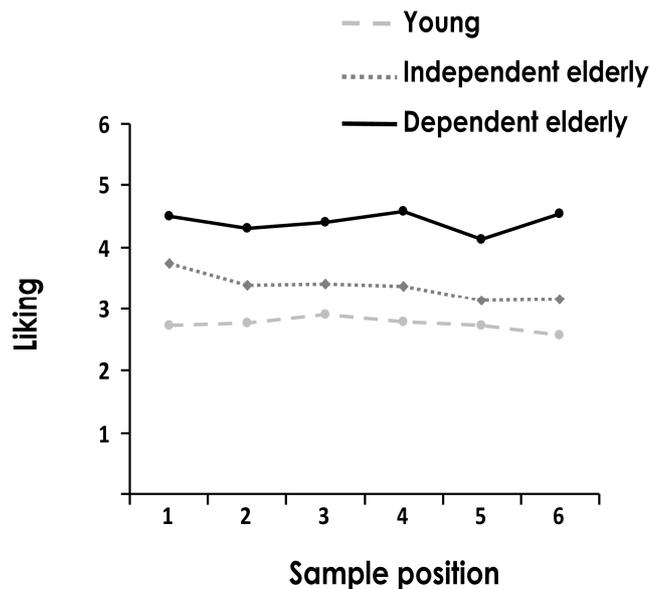
To check intra-session repeatability, we submitted the liking scores of the samples A to an ANOVA with block and session as factors plus interaction. Results showed no significant difference between the liking score of A in the first block and the liking score of A in the second block, whatever the group (Young people: $F_{block}=0,57$; $p=0,45$; Independent elderly people: $F_{block}=2,97$; $p=0,08$; Dependent elderly people : $F_{block}=0,13$; $p=0,72$). In fact, the distribution of the difference between the liking score of A in the first and in the second block revealed no significant difference between the three groups (Figure 19).

Figure 19 Distribution of differences between A1 and A2 liking score for each group (session 1).



Liking scores were submitted to an ANOVA per group with position in the series (rather than product) and subject as factors. Results showed no significant effect of position ($F_{position}=0.96$; $p=0.44$). In other words, when asked to rate 7 samples, elderly people and even dependent elderly people did not exhibit any boredom or fatigue effects (Figure 20).

Figure 20: Scale use and boredom



Bias toward the positive side of the scale.

The previous ANOVA revealed a strong group effect ($F_{group}=112.10$; $p<0.001$): on average, dependant elderly people gave higher liking scores (used the right side of the scale more) than autonomous elderly people, whom themselves gave higher liking score than young people (Figure 20). A similar result was already observed in several works (d'Hauteville et al. 1997; Tuorila et al. 1998; Kälviäinen et al. 2003; Cordelle et al. 2004). It is possible that this result reflects a true difference in acceptability between young and elderly participants, especially since the elderly could perceive at a lower intensity off-notes of oral nutritional complement. However, another plausible explanation is that elderly's scoring is tainted by a positive bias. This could be due to the fact that the present generation of elderly people have been educated for not complaining about food (Doty 1991b). This could also be due to the fact that elderly people want to please the investigators, who are "taking care" of them during the sensory tests.

Impact of cognitive status on performance.

In order to evaluate the effects of cognitive status on rating performances, we compared the elderly who had a score over or equal to 26 at MMSE (i.e 50 elderly living at home and 13 living in a nursing home) with those who had scored between 20 and 25 (5 elderly people living at home and 9 living in a nursing home). Although results should be considered with caution as the number of testers in the two groups was not equal, we observed that participants who had had a weaker MMSE score had a tendency to be less repeatable and gave rating scores on average higher than participants who had had a MMSE score over 25.

3.4.4. Key findings

These results clearly demonstrate that the elderly, even living in a nursing home, were able to use a liking scale in a monadic sequential way, being repeatable, and rather discriminant when they did not suffer from any cognitive alteration (e.g., score MMSE > 25). However, if the ranking of the products was identical among the different age groups, elderly participants, and the dependent ones even more so, made fewer differences between the products than the young participants.

From a practical point of view, we noticed no weariness or tiredness effects among the aged population provided that the number of products is not too high (7 in the present study, which could be considered as a maximum). This validates the use of a monadic sequential design with elderly people. However, older participants were more likely to give higher liking score than

younger ones. Whatever the reason and on the basis of current knowledge, this result pleads for not using too small rating scales.

Finally, this study also emphasized the difficulty to work with frail and dependant elderly people. Investigators have to adapt themselves to the constraints of the environment and to the difficulties of the respondents (face-to-face interviews, repetition of the instructions, collection of respondent's answers...). Obviously, such a close relationship between an investigator and a respondent will frequently lead to a positive emotional context, which may in turn bias the elderly's answers during the test (this positive emotional context is even stronger in nursing home, where sensory tests represent a disruption in the daily routine and an opportunity to "chat" with a "visitor"...). This constitutes an important challenge when running sensory tests with frail and dependant elderly people: investigators are requested to make elderly respondents comfortable with the test procedure, while not influencing tests results (being nice but neutral). In other words, running sensory tests with elderly people and specifically frail elderly people requires being trained and well-aware of possible biases.

3.5. Running sensory descriptive analysis with an elderly panel: recommendations

Based on the limits and results mentioned in the previous paragraphs, is it relevant to conduct a descriptive sensory analysis with a panel of elderly people? The descriptive sensory tool has a major role in understanding preferences and translating what the consumer expects into sensory indicators which R&D can integrate to orientate product development. Very often, even though the product aims at a particular target (children, elderly, a certain category of patients or disabled people), there are the results from "young" (20-50 years old) and healthy panellists which are used. In this case, the descriptive sensory tool is considered an analytical tool and the experimenter assumes that this measure is not the accurate reflection of the target's perception. There are two risks associated with such a way of studying: either the sensory analytical tool is not sensitive enough and some preference key driver descriptors are not detected and measured; or the analytical tool is more sensitive than the target and there is a risk of uselessly modifying the products with descriptors which are not perceived by the target. For example, some elderly people will be less sensitive to tastes and flavours than younger adults, whereas others may be more sensitive to some texture characteristics, depending on their oral health status.

Based on our experience with elderly people, we believe that using a descriptive sensory tool with a panel of elderly people is not indispensable. Indeed, if the product targets healthy and

autonomous elderly people, then a panel of younger tasters is enough to describe this product. My analytical tool (my panel) may be more sensitive than the target population (identification of differences which an elderly panel would not perceive), but the risk of taking a wrong decision is low (decision of carrying on a development project if, according to the sensory results, the sensory objective has not been reached). However, if the product is dedicated to a specific segment of the elderly population (for example, people with dentures or people suffering from dry mouth...), then we believe it is particularly important to have this product tested by the target population. In the hearing aid industry, it is already normal practice to work with panels of people with hearing difficulties (Legarth et al. 2013). According to the same logic, it would be of interest to recruit panels of testers with specific difficulties to have them test food products or food packaging.

3.5.1. Recruitment of an elderly panel

3.5.1.1 A long and costly recruitment

Whether you recruit a panel of healthy and autonomous elderly people or a panel of elderly people with a specific disability (for example elderly people with masticatory problems) the key issue is to recruit a homogenous panel among a very heterogeneous population. Indeed, as for any well-conducted descriptive sensory analysis, panel homogeneity, its consistency with the objective and its ability to carry out the sensory tests should be sought for. In the first case (panel of healthy and autonomous elderly), the challenge will be to select subjects presenting no pathology, taking no drugs and with good sensory, masticatory and cognitive aptitudes. In the second case (panel of elderly people with a specific disability), the challenge will be to recruit subjects presenting the difficulty which is targeted by the study but with, regarding their other capacities, a relative homogeneity. In both cases though, recruiting a panel of elderly testers will be longer and more costly than recruiting younger testers. More precisely, it will be more difficult to recruit people with specific problems as they are usually frail and dependent and therefore less willing to take part in this type of study and/or cognitively not capable of carrying out sensory tests.

3.5.1.2 Selection tools.

From a practical point of view, a number of tools have already been validated with a population of elderly people, which can help the experimenter to characterize his sample. The most relevant for this population include:

The Mini Mental State Examination (MMSE) (Folstein et al. 1975). The MMSE screens for cognitive impairment: scores greater than or equal to 26 points (out of 30) indicate normal cognition. Below this, scores can indicate severe (≤ 15 points), moderate (16-19 points) or slight (20-25 points) cognitive impairment.

The European Test of Olfactory Capabilities (ETOC) (Thomas-Danguin et al. 2003) or Sniffin’s Sticks (Hummel et al. 1997). These tests screen for olfactory impairment. The ETOC test consists in 16 blocks of four vials presented one by one to the participants. Only one vial of the four in the block contains an odorant. For each block, participants are asked to point out the odorous vial (forced-choice detection task) and then to identify the odour by choosing a name for the odour out of four proposals (forced-choice identification task). The Sniffin’s Sticks comprises three tests of olfactory function: odour threshold (n-butanol), odour discrimination (16 pairs of odorants) and odour forced-choice identification (16 common odorants).

The General Oral Health Assessment Index (GOHAI) (Atchison 1997; Tubert-Jeannin et al. 2003). This 12-item questionnaire measures self-report oral functional problems together with the psychosocial impacts associated with oral disease. The maximum score is 60. A score of 57-60 corresponds to a good oral quality of life while a score of 50 or less is reflecting a poor oral quality of life.

The Geriatric Depression Scale (GDS) (Yesavage et al. 1983; Sheikh 1986; Yesavage et al. 2000). This questionnaire of 30 questions screens for depression. Scores of 5+/-4 are considered as normal, 15 +/- 6 mildly depressed and very depressed at 23 +/- 5.

The Instrumental Activities of Daily Living (IADL) scale (Lawton et al. 1969). This scale screens for functional decline by assessing a person's ability to perform tasks such as using a telephone, doing laundry, and handling finances.

3.5.1.3 Ethics committee agreement

As elderly people are perceived as a frail population, European regulation requests presentation of the research protocol to an ethics committee. The Directive 2001/20/EC regulates and harmonizes clinical trials ethical rules in Europe. The ethics committee is an independent body made up of healthcare professionals and non-medical members. Its responsibility is to protect the rights, safety and well-being of human subjects involved in a clinical trial, and to control the protocol, the suitability of investigators and the documents used to inform the subjects. Consequently, it is the responsibility of each investigator to ensure compliance of the sensory studies with the ethics laws of his country.

3.5.1.5 Societal commitment as a source of motivation

Depending on the place, the elderly play a more or less important role in society. Young active retirees often take responsibilities within their family, in their community or in associations. The older they are, the lower these responsibilities are. They have to leave aside their commitments and it is hard to keep some in nursing homes. Our developed countries have difficulties finding a valued role for our wise persons. Our experience showed that the main motivation source for our volunteers was to be involved in a research project, as a vital link in the research process, and to have a critical role to play. This involvement gives them the societal responsibility they have mostly lost, and they appreciate being considered as full consumers. As usual, panelists should be rewarded with a gift, and, in our case, they perceived it as proof of the importance of their role in the research.

3.5.2. Conducting sensory analysis trials among the elderly

3.5.2.1 The discriminative tasks

Previous research on the perception threshold has shown that the elderly were able to perform 2-AFC or 3-AFC type tasks (Mojet et al. 2001); for a review see Methven et al (2012). As a consequence, it may be relevant to conduct discriminative tasks with elderly people so as to, for example, check if any improvement brought to the product has actually been perceived by this population or not. Yet, as attentional capacities decline with age, we recommend choosing duo-trio tests or paired comparison tests rather than a triangle test or tetrad. Indeed, the latter require comparing simultaneously more samples than the former and are therefore more costly from a cognitive point of view.

3.5.2.2 Classification and sorting tasks

Tasks involving “ranking” or “sorting” products according to their sensory proximity are often proposed as fast and costless methods to describe the structure of a product space or even to describe the sensory properties of products (napping task, free sorting task). To our knowledge, no study has until now been carried out to assess the relevancy of such tasks with a panel of elderly people. Yet, in light of current knowledge, we do not recommend using this type of task with an elderly population, especially if dependent, for two reasons. First, this type of task is very costly from a cognitive point of view (large number of products to compare, need to remember the already formed groups...). Yet, as it is stated in previous sections, age goes with impairment of working memory and falling attentional capacities, even in the normal aging

process. Second, elderly people have also shown stronger olfactory adaptation and slower recovery, which may be problematic for such a task where allowing a break between two stimuli is not always easy to monitor.

3.5.2.3 The sensory profile

Although we are not aware of any study that has formally compared performances of young and older subjects as part of a sensory profile, we believe it is possible to carry out a sensory profile with elderly people provided that they are in very good shape, both physically (not too sensitive to tiredness) and cognitively (e.g., score MMSE > 25). Indeed, on the one hand, research made as part of the AUPALESENS programme has shown that elderly people are still capable of verbalizing their sensory feeling with a product in a meaningful way (see case study paragraph 4.2.4); on the other hand, several studies have shown that elderly people were very capable of assessing the intensity of a sensory attribute by using a rating scale (Veyrune et al. 2000; Mioche et al. 2002), even they were not interested by the way elderly people use scales and perform the task. For example, Kremer et al (2007b) have asked young testers (aged 18-35) and older testers (aged 60-85) to evaluate the intensity of different texture and flavour attributes (fattiness, elasticity, airiness, dry, swallowing effort, after feel, vanilla or cheese flavour, sweetness and saltiness) in waffles. Results showed that the elderly differed from the young in their perception of texture and flavour but apparently, the elderly did not have a lower performance than the younger ones on this task (unfortunately, the authors did not comment the ability of elderly people to use the scales, but examination of the results did not show higher standard deviations for the elderly than for the young).

Even if the profile is done with elderly people in good physical and mental shape, adapting the organization of the profile will be necessary so as to take into account the effect of age on learning and work capacities. Indeed, it will probably be necessary to organize less “intensive” sessions (e.g., fewer products to taste, fewer descriptors per product) and a longer training time than for younger participants. It will also be necessary to carefully monitor the performances of the elderly throughout the training, so as to rapidly detect any difficulty that may arise. In other words, if the sensory profile is long and costly with a young panel, it will be even more so with an older panel.

Finally, as regards the choice of the scale, Doty (1991b) argued that the simplicity and robustness of category scales make them very appropriate to elderly studies. In fact, in the study described in paragraph 3, it was observed that older subjects were using a 7-point hedonic scale in a repeatable and discriminative way. In Kremer et al’s study (2007b), evaluations were made from visual analogic scales. All the previous works on scales (Borg

(1982); Griep et al (1998)) support the recommendation to use category scales to score intensities.

3.5.2.4 Free description in hedonic tests: a rapid methodology alternative to descriptive analysis

One of the objectives of sensory profile is to correlate descriptive data with liking data collected on the same products in order to determine the sensory key drivers of preferences (preference mapping). When targeting the elderly, a first option is to carry out hedonic measures with elderly people and the sensory profile with a panel of younger testers (See for example Koskinen et al, (2003b)). As mentioned earlier, the limitation of such a method is to overestimate or underestimate the importance of some sensory attributes with regard to elderly people’s abilities. The second option is to carry out hedonic measures *and* descriptive measures with an elderly panel. However, as seen previously, implementing a sensory profile with an elderly panel may be longer and more costly than with a younger panel. In addition, such a method can be conducted only with people in good shape, from physical and a cognitive point of view, which, again, does not avoid the risk of underestimating or overestimating the importance of some sensory attributes with regards to the abilities of the more fragile and dependent elderly people.

As part of the AUPALESENS program, we tested the capacity of autonomous and dependent elderly people to verbalize the sensory defects and qualities of some products. Two methods were tested: the focus group and the use of open-ended questions as part of a hedonic test.

A first option is to carrying on a focus group with elderly people. When dealing with broader issues, such as asking people to react to food issues, to the quality of food products, or to sensory determinants, using qualitative methods is possible. Focus groups enable the testers to obtain a great amount of information in a short time. However, it is necessary to check that the participants do not find it difficult to speak in a group of ten people or so. That is why pre-interviewing participants by phone enables the investigator to evaluate their speaking capacities. If physical disabilities (moving, visual...) do not constitute a limit as such, it is important to take into account the socio-demographic characteristics of the people attending the meetings so as to recruit a variety of profiles, especially considering their professional activity before retirement, their age, their eating habits, etc... As part of the AUPALESENS program, we organized focus groups with independent elderly people who reacted to this method positively, expressing themselves easily and accepting to project themselves in the proposed situations while respecting the operating rules to suggest improvements in the food products that were being tested. Organizing focus groups in nursing homes is possible but

quickly shows limits with regards to people’s autonomy and their ability and freedom to speak in a group. In that case, it is recommended to do individual interviews. This is the option we chose for the AUPALESENS project. There is no specific methodology during such interviews with the elderly, but there are key principles: taking the time to do things, listening, allowing digressions, encouraging association of ideas.

A second option is to use open-ended questions in hedonic tests. As part of the AUPALESENS program, 103 elderly people living at home (44 men/59women; age range 65-82 yrs) and 63 elderly people living in a nursing home (8 men/55 women; age range: 67-98 yrs) tested various recipes of the same meat dish (e.g., blanquette de veau), of cheese, of bread and dairy desserts. Five varieties were tested per session. The sessions took place in a sensory evaluation laboratory for the independent elderly and in the common area of the nursing home for the dependent ones. For each variety, participants were asked to give an evaluation mark on the 7-point scale presented in figure 3.1. At the end, we asked them to choose two samples, the one they preferred and the one they liked the less, and to specify “what they like in the product” and “what they do not like in the product”. Two separate questions were asked so as to clearly identify, in consumers’ answers, what was related to the qualities of the product and what was related to its defects, as one general question could have led to ambiguous answers (Symoneaux et al. 2012). Depending on the participants’ state of fatigue, this question can be asked for all products, the majority of products or for the least and most appreciated products. Ideally, the qualities and defects of each product should be collected so as to compile a more reliable contingency table following the text analysis. While these evaluations were made, the sensory profile of each variation of the same product was established by a panel of young participants.

Results showed that participants were using the descriptors of taste, flavour intensity and texture more than those of aromas to describe the qualities and defects of the products tested. Also, the people living in nursing homes generated a smaller quantity and a less rich vocabulary than autonomous elderly people (on average, 3.9 descriptors for dependent elderly respondents and 4.9 descriptors for autonomous elderly respondents). Nevertheless, the two groups of subjects agreed globally on the qualities and defects they found in the samples, which argues for using such methodology in laboratory as far as in nursing homes.

3.5.3. Practical recommendations

Whatever the task carried out with a panel of seniors, a number of precautions should be taken for them to feel comfortable in their taster role:

Giving easy to read instructions and questionnaires (airy layout, large print, large scales) so as not to put seniors suffering from visual impairment in an awkward position.

Giving instructions both orally *and* in writing. As many elderly people suffer from hearing impairment, it is recommended to give the instructions collectively, then to individually check that each participant understood well.

It may be worth including a few training or warming sequences at the beginning of each session, with a product different from the target product, so as to make sure that the participants understood the task they have to perform.

Elderly people often have digestion problems, so it is recommended to check that the total amount of ingested food does not exceed the size of a standard portion, and that the product is not likely to be painful.

Elderly people show stronger olfactory adaptation and slower recovery. So a strict and appropriately long rinsing protocol must be respected between each tasting.

The use of computer tools with an old population must be carefully considered as many "young" seniors master computers perfectly and will be totally capable of performing the sensory tests with this type of tool (probably they will be even more so in the future). Yet this is not the case for all aged people and a paper questionnaire should be systematically available. In the future, tools specifically developed for tablets may get round some difficulties, as far as they are developed for people having visual impairment. Finally, some elderly people may not be able to write (which frequently happens in nursing homes). In that case, an experimenter should take notes of the participant's answers without influencing him.

Unfortunately, resilience (dropping out of the study) is more frequent in this population than in a younger one. It is therefore recommended to recruit more participants than the final number needed.

Finally, it should be expected that sessions will be longer with elderly people than with younger subjects (when a session lasts 45 minutes with a student, it may last 1 hour to 1 hour 15 with a senior). Also, the latter will take a longer time to read the instructions and perform the task, often with a view to "doing things well". Also, seniors chat with the experimenter more than young adults at the end of a session...

As a relationship is developed between subjects and investigators, it is essential to train the latter to be as neutral as they can, to explain patiently the instructions, to pay attention to the way the elderly perform the task, and to interfere the less they can in the elderly's evaluation.

3.5.4. Rapid sensory descriptive analysis: perspectives

As a main conclusion, rapid and elderly do not seem to be compatible concepts. As already discussed, as soon as one intends to target the elderly population in a sensory task, the recruitment takes longer and the elderly also take more time to complete the tests than young people do. In addition, the amount of work you can ask from an elderly is lower than from a younger adult, due to elderly people being more easily tired. Considering all these limits and thanks to our previous work and expertise in conducting sensory tests with the elderly, we confirm that :1- conducting sensory descriptive tasks may be possible with elderly people with a good cognitive health ; 2- rapid sensory technics which let elderly people using their own vocabulary to describe the products may be possible. However, with these rapid sensory methodologies, the elderly should probably be more assisted than young people to obtain sufficient number of verbal descriptions. This is how we proceeded for the hedonic test (paragraph 4.2.4). Further work is needed on elderly's abilities to perform rapid sensory analysis.

3.6. Conclusion and future trends

From our point of view, the main limiting factor in using sensory tools with a panel of elderly people is tiredness and the cognitive status of these people. Indeed, a senior in good physical shape and presenting good cognitive capacities will be perfectly capable of performing sensory evaluation tests. However, implementation of these protocols will be longer and more costly than with younger panellists. Also, the senior population is a *very* heterogeneous population. As a consequence, recruiting aged tasters will require a more thorough selection process (evaluation of the cognitive status, of the sensory capacities, of the oral dental health...) than with younger tasters. In addition, even within the framework of normal ageing (with no pathology), age goes with slower cognitive and motor functions in people. In this case, tests should be simplified and the workload during tasting sessions should be reduced (more time for instructions, for the training phase, fewer products to taste...). Anyway, working with the elderly should be less rapid than working with younger people.

Due to these difficulties, using a descriptive panel of elderly people should only be considered if it brings additional information to that which would have been provided by a younger panel. In most cases, a good compromise is to select a panel of young tasters to establish the sensory profile of the most interesting products, while, at the same time, carrying out a hedonic test with elderly people and collecting free comments. As these comments are often descriptive

ones (appreciation of the texture, flavour), they can help to determine the defects and qualities of the products. Yet, we believe it is particularly relevant to develop panels of elderly people presenting specific difficulties (e.g., mastication difficulties, impaired odour perception, protein deficiencies...) so as to develop and/or improve the products aimed at this population. Within the context of an aging population, developing products which will meet the specific needs of seniors while satisfying their sensory and hedonic expectations already constitutes a major societal and economic challenge.

To date, too few sensorialists have been interested in targeting the elderly. Thanks to our experience with this population, we tried to come up with a number of recommendations for anyone wishing to use sensory evaluation tools with the elderly. However, as we have mentioned several times, there are almost no *methodological* studies enabling to evaluate the impact of age on performances during sensory tests. In the future, many sensory studies may hopefully be carried out with elderly populations, so as to improve the sensory tools, more particularly by integrating people with impaired health and/or cognitive state. It is also hoped that sensorialists will share their experiences when running sensory evaluation with the elderly, to implement difficulties that may be encountered and solutions that may be proposed.

Acknowledgment

The program AUPALESENS – Improving pleasure of elderly people for better aging and for fighting against malnutrition – was funded by the French National Research Agency (ANR – ALID call). The authors thank Pauline De Facq, Françoise Durey, Valérie Feyen, Christophe Martin, Corinne Patron, Isabelle Saillard and Jérémy Tavarès for their help during the experiments; Sylvie Issanchou, Nathalie Bailly and Virginie Van Wymelbeke for providing advices; Anca Bioteau and Véronique Hébrard for providing language help.

Ce qu’il faut retenir

Des outils spécifiquement adaptés sont développés pour explorer les préférences des sujets âgés. Ils sont simples mais nécessitent d’être utilisés avec rigueur, par du personnel formé aux techniques et habitué à la cible.

Des méthodes d’entretiens qualitatifs peuvent être utilisées de façon efficace avec des personnes âgées.

Une présentation des produits en monadique séquentiel est possible, même en EHPAD.

Les sujets âgés sont répétables et discriminants lorsqu’ils utilisent une échelle hédonique à 7 points.

Les commentaires libres permettent de recueillir des informations complémentaires pertinentes.

4. Evaluation hédonique de variantes sensorielles

Objectifs :

- . Tester des variantes de recettes renforcées en saveurs ou en arômes pour évaluer leur niveau d'appréciation
- . Mettre en œuvre une démarche complète d'amélioration des produits en partant des attentes de la cible
- . Tester des variantes améliorées dans toutes les dimensions sensorielles proposées par des personnes âgées

Comme présenté précédemment, les points d'originalité de nos travaux au regard de la littérature **portent sur la validation de la méthode hédonique, la démarche de développement des maquettes produits pour la cible étudiée**, ainsi que **l'échantillon de personnes interrogées, soit autonomes, soit vivant en EHPAD**.

Comme il en est d'usage en Agroalimentaire lorsque les entreprises en ont les moyens, un développement produit sûr s'appuie sur l'écoute du consommateur. A la fois en amont du développement des maquettes grâce à des études qualitatives (et parfois quantitatives de type cartographie des préférences), mais aussi en aval du développement pour valider les produits grâce à des tests quantitatifs.

Par ailleurs, tenir compte de la variabilité de la population est essentiel lorsqu'on explore les préférences (Köster 2003), et c'est d'autant plus vrai que nous avons montré que la population âgée était encore plus variable qu'une population jeune, du fait des pathologies notamment (cf paragraphe 3 du chapitre 4). Nous utiliserons donc différentes façons d'explorer les appréciations : soit en segmentant l'échantillon sur la base des préférences, soit en étudiant les liens individuels entre capacités sensorielles et appréciation.

Nous avons commencé par consulter la population cible sur les produits que l'on souhaitait développer, grâce à des tests sensoriels qualitatifs (en groupes ou en entretiens individuels) (paragraphe 4.1). Cela nous a permis de bâtir le cahier des charges destiné aux services R&D des industriels partenaires (paragraphe 4.2). A l'issue du développement des produits, des tests hédoniques quantitatifs utilisant la méthode préalablement testée ont été mis en œuvre (paragraphe 4.3.1 à 4.3.4). Puis les résultats hédoniques ont été reliés aux capacités sensorielles des sujets (paragraphe 1). Ces différentes démarches sont présentées dans ce qui suit.

4.1. Première étape : Etude qualitative

Objectifs :

- . Choisir des plats et un dessert appréciés par la majorité de la population âgée
- . Identifier les qualités et les défauts des produits témoins avec des personnes âgées dans l'objectif de développer des variantes améliorées.

Parmi les différentes recettes des industriels partenaires, des choix s'imposaient. Nous avons décidé d'opérer en deux temps : une première sélection sans dégustation sur la base de déclaratif, suivie d'une étude qualitative avec dégustation pour identifier les recettes à meilleur potentiel de développement et les voies d'amélioration. Le but d'une étude qualitative sensorielle n'est pas d'obtenir un avis représentatif d'une population, mais d'identifier des directions pour améliorer les produits. Une telle étude ne s'exploite pas statistiquement en nombre de personnes ayant tel ou tel point de vue, mais de façon globale comme autant de pistes de travail. C'est un outil utile en début de projet pour orienter des travaux ultérieurs.

4.1.1. Matériel et méthodes

Grâce à une première démarche conduite en EHPAD (entretiens individuels) et au questionnaire de sélectivité issu de l'enquête (chapitre 2), nous avons pu identifier six recettes de plats et deux desserts peu segmentant (c'est-à-dire appréciés par une majorité de notre échantillon) mais présentant un bon potentiel d'amélioration en collectivité.

Une étude qualitative s'est déroulée à Angers auprès de 54 personnes âgés de plus de 65 ans et autonomes, (33 femmes et 21 hommes, de 65 à 88 ans, âge moyen : 70,5 ans). Six séances qualitatives collectives, au moment du repas, ont été conduites au laboratoire GRAPPE de l'ESA. Chaque repas regroupait huit à neuf convives et comprenait deux plats principaux et un dessert. Trois recettes de plat complet, trois recettes de plat mixé et trois recettes de desserts ont été testées. Chaque recette a donc fait l'objet de deux tables rondes. En parallèle, six séances ont été organisées individuellement en EHPAD avec six personnes (quatre femmes, deux hommes âgés de 76 à 93 ans). Au cours de chaque séance, après la dégustation d'une recette, une discussion autour de ces produits était animée avant de poursuivre le repas afin de recueillir toutes les appréciations des dégustateurs.

4.1.2. Résultats

Comme nous l'avons écrit dans le paragraphe 3.5.2.4 du chapitre 4, la démarche qualitative s'est déroulée normalement, les sujets prenant la parole et s'exprimant de façon riche sur les qualités et les défauts des produits, que ce soit au laboratoire ou en EHPAD.

Voilà un exemple des verbatims que nous pouvons obtenir au cours d'une telle démarche, qui permettent d'orienter les améliorations de la blanquette de veau :

. « Il n'y a pas assez de champignons », « ils sont élastiques, chewing gum ». « Il faudrait plutôt des petits champignons entiers ».

. « Les carottes sont belles, mais elles sont mauvaises, trop cuites ».

. « La sauce est fade », « demande à être plus relevée », « elle manque d'épices ».

. « La viande est filandreuse », « pas assez tendre », « elle manque de fondant », « elle est trop ferme ».

A première vue, ces verbatims pourraient très bien être ceux d'une cible plus jeune. Les informations recueillies grâce à cette méthode ont été très riches.

D'après l'étude qualitative, **les défauts à améliorer sont les suivants** :

- pour la blanquette de veau : la viande est trop foncée, filandreuse et pas assez fondante, la sauce manque de goût.
- pour la purée de bœuf-carottes : la purée est trop granuleuse et collante, le goût de bœuf-carottes pas assez prononcé. Les sujets ont également trouvé que le mélange du bœuf et des carottes n'était pas appétissant et ont souhaité que la viande et les légumes soient reconnaissables.
- pour la crème dessert à la vanille : la couleur est trop foncée, la texture trop épaisse et le goût pas assez vanille.

Ce qu'il faut retenir

Des méthodes d'études qualitatives sensorielles ont été mises en œuvre en collectif au laboratoire et en entretien individuel en EHPAD.

Cette étape qualitative a permis d'identifier les qualités ainsi que les défauts à corriger pour chaque recette.

4.2. Deuxième étape : établissement du cahier des charges et développement des produits

Objectifs :

- . Déterminer quelles variantes tester auprès des personnes âgées
- . Evaluer la qualité sensorielle des maquettes une fois développées.

4.2.1. Définition du cahier des charges

Objectifs :

- Mettre au point un cahier des charges collectivement avec les partenaires industriels du projet**
- Suivre le développement des maquettes**
- Evaluer en profil sensoriel les maquettes obtenues et mesurer l'écart avec le cahier des charges**

Suite à l'étude qualitative, 3 recettes à développer ont été choisies par le consortium du projet: une recette de plat en texture normale (blanquette de veau), une recette de plat texturé (purée de bœuf-carottes), un dessert (crème à la vanille enrichie en calorie et en protéines).

Le cahier des charges a été défini collectivement avec les industriels. Pour cela, nous avons tenu compte :

- . Des déficits sensoriels constatés lors de la grande enquête, pour lesquels nous souhaitons proposer des maquettes renforcées dans une dimension sensorielle
- . Des pistes d'amélioration identifiées dans l'étude qualitative

Il y a donc des variantes visant à renforcer une dimension sensorielle : saveurs ou arômes, des variantes texture, cette dernière étant améliorée selon les directives issues de l'étude qualitative, et une variante améliorée qui vise à modifier le produit selon toutes les pistes d'amélioration proposées par l'étude qualitative (Tableau 18).

Pour répondre aux attentes liées à l'apparence du plat texturé, une variante bœuf et carottes séparés a été développée. C'est cette option qui a été choisie pour la variante améliorée de la recette de bœuf aux carottes : elle visait à la fois à changer l'apparence du plat en proposant une purée de viande et une purée de carottes de couleurs différentes, mais aussi à permettre lors de la dégustation une perception des différentes saveurs associées soit à la viande, soit aux légumes.

Tableau 18 Cahier des charges du développement des maquettes. Une croix indique que la variante est prévue pour la recette.

Variante	Blanquette de veau (BV)	Boeuf carottes (BC)	Crèmes desserts (CD)
Témoin	X	X	X
Amélioré dans toutes les dimensions	X		X
Saveurs +	X	X	X
Aromes +	X	X	X
Texture	X	X	X
Présentation		bœuf et carottes séparés	
Saveurs -	X (sans sel)	X (sans sel)	X (dégradée)

4.2.2. Résultats

Un point d'originalité des travaux menés dans ce projet est que ce sont des spécialistes de chacun des produits qui ont été sollicités pour développer les maquettes renforcées. En effet, il est très important que les propriétés du produit restent cohérentes entre elles pour que le produit soit acceptable (Giboreau 2012). Une simple addition de sel ou d'arôme peut renforcer une sensation mais aussi dégrader l'harmonie du produit.

Les équipes de développement produits ont déployé beaucoup d'efforts pour répondre au cahier des charges mais ne sont pas nécessairement parvenues à l'objectif sensoriel fixé, notamment en renforçant une des dimensions sensorielles sans que les autres soient modifiées (Tableau 19). Par ailleurs, certains choix ont été faits, comme celui d'améliorer systématiquement la texture de la viande de la blanquette, la qualité du témoin ayant été jugée trop sévèrement dans la phase qualitative. La variante améliorée n'a pas été, elle, systématiquement renforcée. Par exemple, la crème dessert a été améliorée au niveau de la qualité de l'arôme vanille, jugé trop caramel et pas assez typique, sans modifier l'intensité aromatique. De même, la blanquette de veau a été modifiée au niveau de la qualité des

légumes (petits champignons croquants plutôt qu'en lamelles par exemple) et de la qualité de la viande (qualité du morceau et traitement de la viande) mais également renforcée au niveau du goût salé et de la puissance aromatique. A noter également que le fait de cuisiner sans sel a tendance à dégrader également le rendu aromatique et la texture, et c'est ce que nous avons constaté pour la blanquette de veau et la purée de bœuf carottes. Les résultats issus des profils sensoriels (Tableau 19) illustrent bien que la modification d'une seule dimension sensorielle en formulation (augmenter l'arôme dans un plat salé par exemple) peut modifier d'autres perceptions sensorielles comme les saveurs par exemple. Ces interactions saveurs-arômes sont très étudiées actuellement, notamment dans la perspective de réduire les taux de sel (Nasri et al. 2013). Nous les subissons ici dans le plan d'expériences.

Tableau 19 Réalité sensorielle des maquettes d'après les profils sensoriels (**une croix indique que l'objectif est atteint**)

Variante	Blanquette de veau (BV)	Bœuf carottes (BC)	Crèmes desserts (CD)
Témoin	x	x	x
Amélioré dans toutes les dimensions	x		x
Saveurs	Texture améliorée, arômes et saveurs augmentés	x	L'écart du niveau sucré avec le témoin est plus faible qu'attendu
Aromes +	Texture améliorée et arômes renforcés (une note cuit apparait)	Aromes renforcés et un peu plus salé que témoin	x
Texture	x	Texture améliorée et un peu plus salé que témoin	x Texture plus fluide
Présentation		bœuf et carottes séparés	
Saveurs -	x (sans sel)	x (sans sel)	x (dégradée) Plus épaisse, moins sucrée et moins aromatique

Compte-tenu des caractéristiques des maquettes mesurées grâce aux profils sensoriels, les prototypes ont été nommés selon la ou les dimensions sensorielles modifiées, afin de rendre plus facile la lecture des résultats (Tableau 20).

Tableau 20, Codage des maquettes

Variante	Blanquette de veau (BV)	Boeuf carottes (BC)	Crèmes desserts (CD)
Témoin	BV témoin	BC témoin	CD témoin
Amélioré dans toutes les dimensions	BV amélioré		CD amélioré
Saveurs +++	BV saveur+ texture+	BC saveur+	CD saveur+
Aromes +++	BV arôme+ texture+	BC arôme+ saveur+	CD arôme+
Texture	BV texture+	BC texture+	CD texture +
Présentation		BC séparé	
Saveurs -	BV sans sel	BC sans sel	CD dégradée

Ce qu'il faut retenir

Deux types de maquettes ont été développés pour la blanquette de veau, la purée de bœuf-carottes, la crème dessert :

- . Des variantes renforcées en saveurs et/ou en arômes. Il a été difficile de modifier une dimension sans impacter l'autre.
- . Des variantes améliorées, soit sur la texture uniquement, soit dans toutes les dimensions, ont été développées grâce aux résultats de l'étude qualitative.

4.3. Tests hédoniques quantitatifs

4.3.1. Matériel et méthodes des tests hédoniques quantitatifs

4.3.1.1 Les sujets

Au total, 103 personnes âgées qualifiées d'autonomes ont réalisé les tests dans nos laboratoires sensoriels de Dijon et d'Angers (44 h/59 f; âge moyen : 72 ans +/-5; 65-82 ans) et 63 personnes âgées dépendantes vivant en EHPAD (8 h/55 f; âge moyen 86 ans +/-6 ; 67-98 ans) ont goûté les produits dans une salle mise à disposition dans leur résidence. Toutes les personnes recrutées étaient consommateurs de blanquette de veau, de bœuf-carottes et de crème à la vanille. Les personnes recrutées n'étaient pas consommateurs réguliers d'aliments à texture modifiée à la période des tests. Les critères d'inclusion étaient l'absence de pathologie cardiaque, d'hypertension et de troubles cognitifs, étaient exclues les personnes allergiques, asthmatiques ou souffrant de troubles respiratoires sévères, souffrant d'un épisode pathologique aigu au moment du test, suivant un régime sans sel ou diabétique de type I, ou anosmiques. Les tests ont eu lieu entre Octobre 2011 et Février 2012.

Les recettes de plats ont été testées à l'heure du déjeuner, les recettes de crème dessert à l'heure du goûter.

4.3.1.2 Les produits

Les produits testés ont été présentés au paragraphe 4.2.2.

4.3.1.3 La procédure hédonique

La méthodologie testée et validée précédemment a été utilisée (paragraphe 3.4 du chapitre 4). Chaque sujet évaluait six recettes d'un même produit en monadique séquentiel selon un plan équilibré sur les effets d'ordre et de report (carré de Williams (1949)). Chaque sujet donnait une note d'appréciation sur l'échelle présentée au paragraphe 3, et pouvait noter des commentaires sur les produits (en EHPAD, c'est l'expérimentateur qui prenait des notes). A la fin du test, les expérimentateurs reprenaient les scores donnés sur l'ensemble des produits avec chaque personne, lui demandait d'identifier les deux produits qu'il préférerait et aimait le moins et notait les qualités et défauts perçus pour ces deux produits. Ces commentaires libres ne seront pas traités ici.

4.3.1.4 La mesure des capacités sensorielles

Au début de l'étude, les sujets ont réalisé une batterie de tests sensoriels afin que nous puissions évaluer leurs capacités sensorielles. Ces tests ont été déjà présentés dans le paragraphe 2 du chapitre 2, à l'exception de celui concernant le goût sucré. Nous avons retenu pour cette étape le test olfactif MOT qui permet de calculer le score de détection olfactive et le score de catégorisation olfactive (alimentaire ou non), le test de discrimination olfactive et le test de détection de la saveur salée. Nous y avons ajouté un test de détection de la saveur sucrée qui se présente comme suit : huit solutions étaient présentées une par une aux sujets. Il s'agissait de solutions sucrées ou d'eau d'Evian, selon le plan présenté au Tableau 21. Les concentrations ont été choisies sur la base de pré-tests. Deux concentrations ont été répétées, sur le même modèle que le test sel déjà mis au point. Les participants devaient goûter chaque solution et noter s'ils percevaient de l'eau, ou quelque chose d'autre, sans en préciser la nature. Ils devaient se rincer la bouche avec de l'eau entre chaque échantillon. Un seul score a été calculé : c'est le nombre de succès divisé par huit.

Tous les scores sensoriels sont calculés comme suit : nombre de succès/nombre d'épreuves. Ils varient entre 0 et 1.

Tableau 21. Concentrations en sucre des solutions du test gustatif sucré

Solution	Concentration en sucre
S1	0.59g/kg
S2	1.49g/kg
eau	eau
S2	1.49g/kg
S3	3.7g/kg
S3	3.7g/kg
eau	eau
S4	9.4g/kg

4.3.1.5 Le traitement des données

Les scores hédoniques ont été traités par analyse de variance, avec effet produit, effet ville, effet catégorie (autonome ou EHPAD) effet sujet (imbriqué) en aléatoire et interactions d'ordre deux. Des scores centrés par sujets ont été calculés. Ceci permet de s'affranchir de la façon dont le sujet positionne ses notes sur l'échelle et de se focaliser sur les écarts donnés entre les produits. Ces scores centrés ont été utilisés pour segmenter les sujets grâce à une Classification Ascendante Hiérarchique (critère de Ward et consolidation par k-means).

Les traitements statistiques mis en œuvre **pour relier capacités sensorielles et préférences** seront développés au début du paragraphe 1 du chapitre 4.

4.3.2. Résultats moyens par produit

Objectif :
Evaluer l'appréciation moyenne des produits témoins et de chacune des variantes.

Les résultats par produits ainsi que la distribution des scores et les résultats des analyses de variance sont présentés dans la Figure 21.

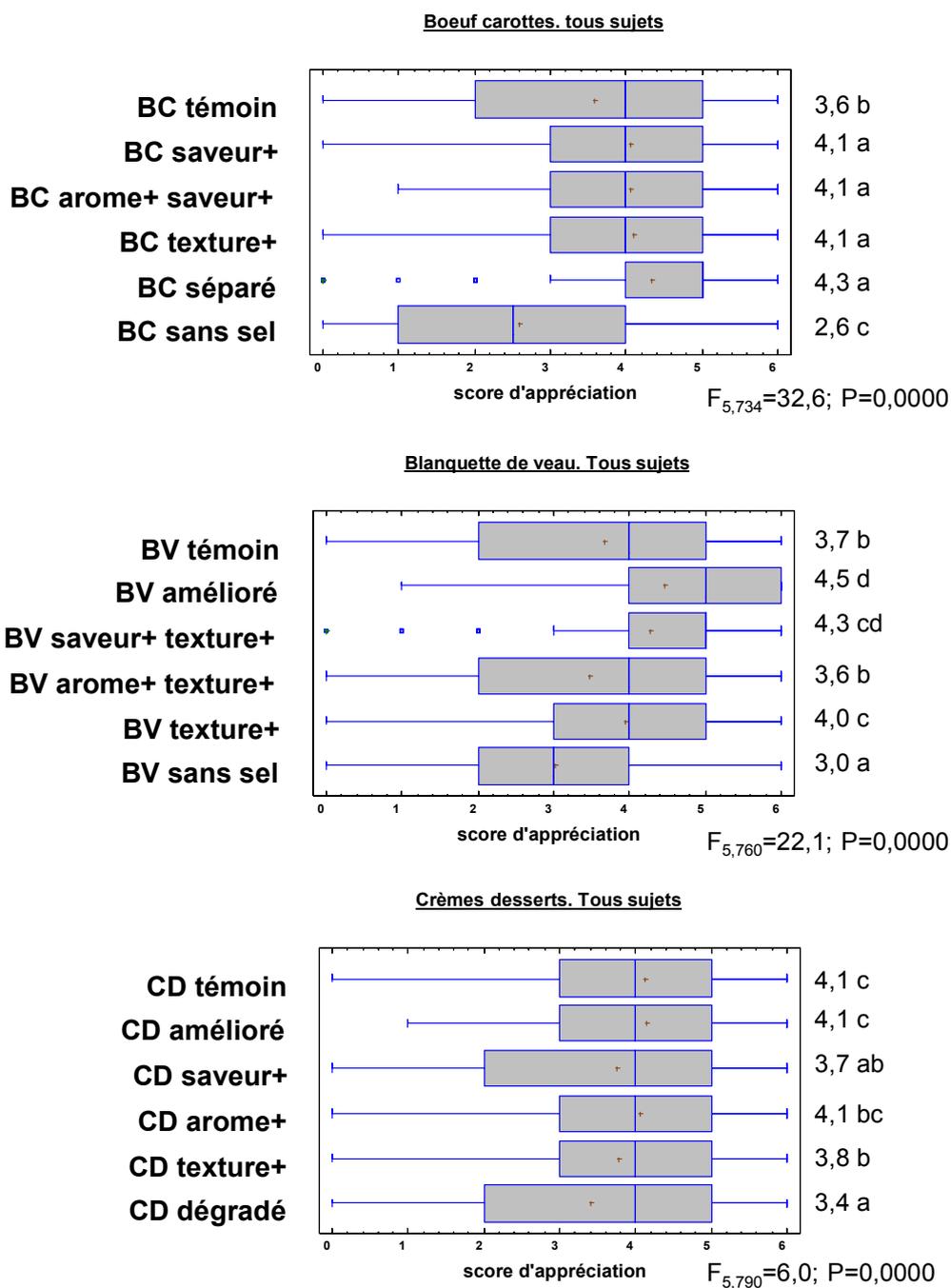
Parmi toutes les maquettes, **toutes les variantes sans sel ou dégradée obtiennent des scores d'appréciation significativement plus faibles** que tous les autres produits, notamment pour la purée de bœuf-carottes.

Pour la purée de **bœuf-carottes**, **les quatre variantes dont les dimensions sensorielles ont été renforcées ont de meilleurs scores d'appréciation que le témoin**, sans différences significatives entre elles. La maquette « séparée » obtient aussi de meilleurs scores que le témoin.

Pour la **blanquette de veau**, la variante arôme+ texture + ne permet pas d'obtenir un score supérieur au témoin. L'amélioration de la texture seule (texture+), et l'amélioration de la texture et le renforcement des saveurs (saveur+ texture+) obtiennent de meilleurs scores que le témoin. Finalement, **le produit le plus apprécié est la variante améliorée**. Sa note moyenne est la plus élevée par rapport aux produits de toute l'étude, sans différence significative avec la maquette texture+ saveur+.

En ce qui concerne la **crème dessert à la vanille**, la variante améliorée n'obtient pas un score d'appréciation moyen supérieur au témoin. **Celle avec l'arôme renforcé est à parité avec ces deux recettes témoin et améliorée**. Les variantes plus sucrée (saveur +) et plus fluide (texture +) sont moins bien notées. La gamme de crèmes desserts est celle pour laquelle les sujets ont donné les notes les plus proches comme l'illustre un F de Fisher plus faible ($F_{\text{maquette}}=6,0$ seulement).

Figure 21 Scores d'appréciation par maquette et par produit sur l'ensemble des sujets ^{1 2}



¹ La croix rouge est la moyenne, la barre verticale bleue au milieu de la boîte est la médiane. 50% des sujets sont dans la boîte.

² A droite des graphiques, la moyenne du score d'appréciation suivi d'une lettre indiquant à quel groupe homogène de moyennes il appartient (méthode LSD). Le F de l'analyse de variance et la probabilité associée sont indiqués sous chacun des graphiques.

Les renforcements de dimensions sensorielles ne suffisent donc pas toujours à améliorer le score d'appréciation moyen par rapport au témoin. Cela peut dépendre de la qualité du témoin : la note obtenue par la crème dessert témoin étant élevée, il s'est révélé difficile de développer des maquettes plus appréciées. Cela peut dépendre aussi de la qualité de l'arôme lorsqu'il est renforcé : alors que pour la blanquette de veau, l'amélioration de la texture seule a suffi à augmenter le score d'appréciation, son renforcement aromatique dégrade le score d'appréciation. Ceci est, peut-être lié à l'apparition de notes aromatiques de type « cuit » atypiques. Pour les deux plats salés, le renforcement des saveurs est bénéfique.

Ce qu'il faut retenir

Toutes les variantes sans sel ou dégradée ont des scores d'appréciation moyens significativement plus faibles que ceux des autres produits (entre 0,7 et 1 point d'écart).

Pour la purée de bœuf-carottes, les scores d'appréciation des variantes renforcées sont en moyenne significativement plus élevés que celui du témoin.

La variante blanquette de veau améliorée obtient le score d'appréciation moyen le plus élevé.

Aucune variante de crème dessert n'obtient de score d'appréciation moyen plus élevé que le témoin.

4.3.3. Effet de la catégorie d'autonomie

Objectif :

Evaluer si les réponses des sujets autonomes à domicile et des sujets vivant en EHPAD diffèrent significativement.

Deux questions se posent : est-ce que les scores d'appréciation sont différents pour les personnes vivant en EHPAD et pour celles se déplaçant au laboratoire (autonomes à domicile), et la hiérarchie hédonique des produits est-elle modifiée selon le niveau d'autonomie des sujets. Une analyse de variance avec effet maquette, catégorie d'autonomie et ville et interactions d'ordre deux sur la note d'appréciation permet de répondre à ces deux questions. Un effet catégorie d'autonomie significatif illustrerait une différence de niveau de notes entre les deux groupes de sujets. Une interaction catégorie x maquette signifierait que l'ordre de préférence des produits différerait entre les deux groupes autonomes vs EHPAD.

Aucune des interactions maquette x catégorie n'est significative, ce qui illustre que **l'ordre des scores hédoniques ne dépend pas du groupe de sujets**. Un seul effet catégorie est significatif pour la blanquette de veau ($F_{1,911}=11,3$; $P=0,0008$), les personnes en EHPAD ayant

mieux noté les blanquettes que les autres (moyenne MC = 3,7 contre 4,0 chez les autonomes). Ces résultats sont cohérents avec ceux présentés au paragraphe 3.4 du même chapitre où la hiérarchie des préférences était la même chez les autonomes et en EHPAD.

Nous pouvons donc traiter globalement les données des deux sous-populations.

Ce qu'il faut retenir

Il n'y a pas d'effet important de la catégorie (autonome ou EHPAD) sur le niveau des scores. La hiérarchie des produits est équivalente dans les deux catégories.

4.3.4. Segmentation des préférences

Objectifs :

Répartir les sujets en segments homogènes selon leur appréciation des produits.

Observer la hiérarchisation des produits selon le segment (ou la classe) de préférences.

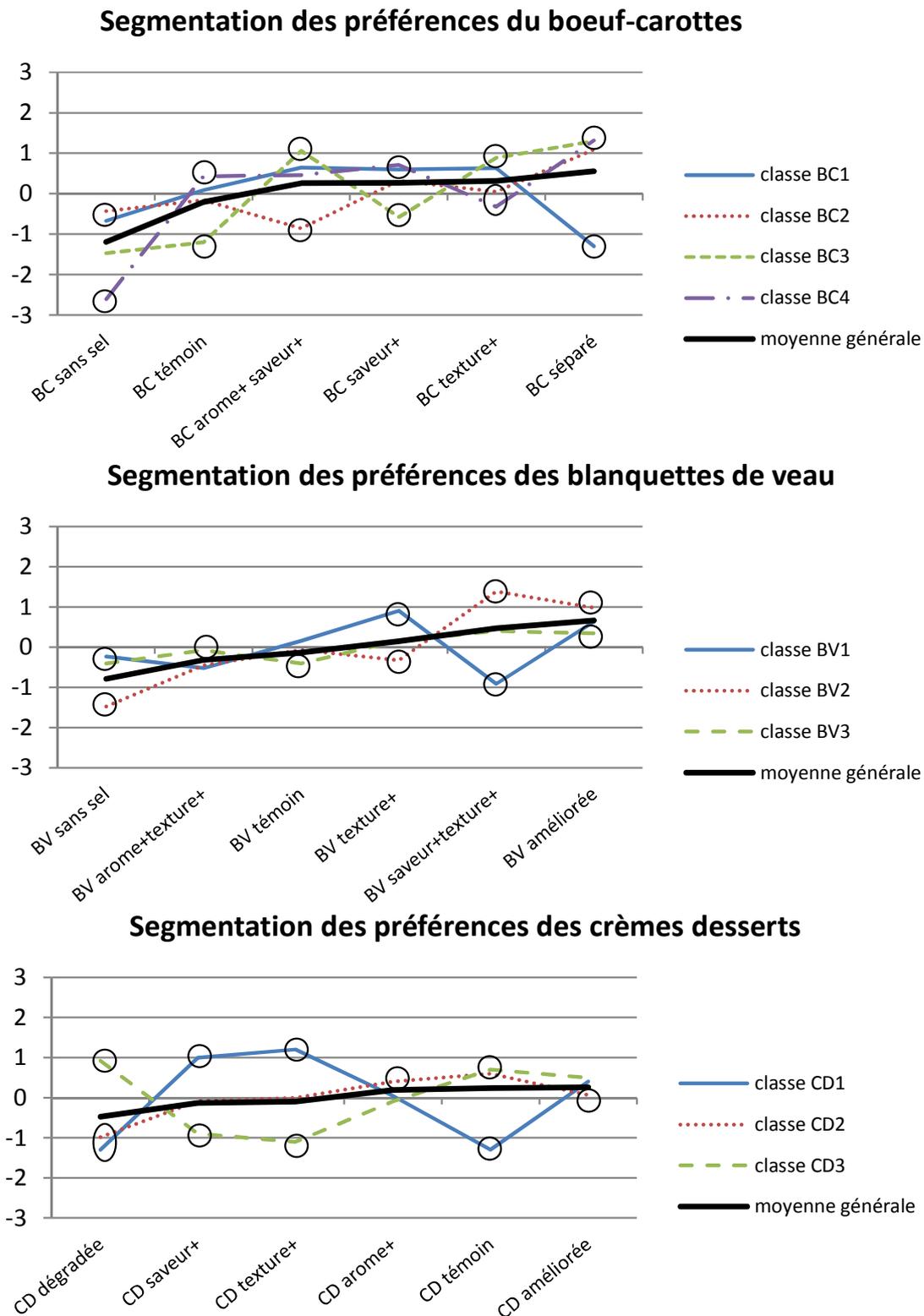
Evaluer dans quelles classes de préférences les variantes sont préférées au témoin.

La segmentation des préférences permet d'observer en la simplifiant l'hétérogénéité des préférences.

Comme annoncé, grâce à une Classification Ascendante Hiérarchique, les sujets sont segmentés et répartis en classes, (ou segments, ou groupes) selon leur score d'appréciation centré par sujet, afin d'identifier si les moyennes masquent des hiérarchies hédoniques de produits différentes, en d'autres termes masquent la variabilité des préférences (Figure 22). C'est cette variabilité des réponses qui nous intéresse, permettant de moduler les conclusions qui seraient prises sur la base d'un score moyen. Dans la Figure 22, en abscisse sont indiqués les produits (ordonnés selon un ordre croissant de note d'appréciation moyenne), en ordonnée le score d'appréciation centré par sujet. Chaque ligne correspond à une classe de consommateurs, la ligne noire représente la moyenne générale.

Quatre classes de préférences homogènes sont détectées pour les plats de purée de bœuf-carottes (classe BC1, n=40, classe BC2, n=44, classe BC3, n=34 et classe BC4, n=32), trois classes pour les plats de blanquette de veau (classe BV1, n=38, classe BV2, n=62 et classe BV3, n=55) et trois classes pour la crème à la vanille (classe CD1, n=32, classe CD2, n=81 et classe CD3, n=49). A noter que les numéros de classes n'ont de sens qu'au sein d'un test pour un produit. Le fait qu'un sujet fasse partie de la classe 1 pour le bœuf-carottes n'indique absolument pas qu'il fera partie de la classe 1 pour la blanquette par exemple.

Figure 22 Segmentation des scores d'appréciation centrés par sujet ¹



¹ Les cercles indiquent que les moyennes sont significativement différentes de la moyenne générale

4.3.4.1 Répartition des sujets dans les classes de préférence selon leur niveau d'autonomie

Le tableau ci-dessous présente la répartition des sujets selon leur catégorie d'autonomie (autonomes ou EHPAD) par classe de préférences.

Tableau 22. Part des sujets autonomes ou dépendants par classe de préférence (en %) ¹

Bœuf carottes	Classe BC1	Classe BC2	Classe BC3	Classe BC4
autonomes	55	64	62	63
EHPAD	45	36	38	38
Blanquette de veau	Classe BV1	Classe BV2	Classe BV3	
autonomes	63	76	60	
EHPAD	37	24	40	
Crème dessert	Classe CD1	Classe CD2	Classe CD3	
autonomes	72	62	59	
EHPAD	28	38	41	

Au sein de la segmentation des préférences de Bœuf-carottes, la classe BC1 regroupe une proportion plus importante de personnes vivant en EHPAD. A contrario, les classes BV2 pour la blanquette et CD1 pour la crème dessert regroupent une proportion plus faible de personnes vivant en EHPAD. Les différences en fonction de la catégorie d'autonomie restent cependant assez faibles.

4.3.4.2 Produits segmentant et hiérarchie des produits selon les classes de préférence

Nous nous intéresserons ici aux produits segmentant et aux différences de hiérarchie hédonique des produits selon les classes, afin d'identifier si les variantes dégradées, renforcées ou améliorées pouvaient être plus ou moins appréciées selon les groupes de sujets. Cela nous permettra ensuite d'explorer si ces classements de produits différents pourraient être reliés à des capacités sensorielles différentes.

Cette méthode de segmentation permet d'identifier les produits consensuels et les produits segmentant. Un produit est dit consensuel quand l'ensemble de l'échantillon interrogé l'apprécie de la même façon, qu'il obtienne un bon, un moyen ou un mauvais niveau d'appréciation. Un

¹ En gras, les sous-groupes sur ou sous représentés dans la classe

produit est dit segmentant quand une partie de l'échantillon aime beaucoup le produit alors qu'il est rejeté par une autre partie de l'échantillon. La Figure 22 illustre quels produits segmentent les préférences. Le Tableau 23 présente les moyennes non centrées des scores d'appréciation par classe, ordonnés de façon croissante. Il permet de visualiser comment se situe le témoin par rapport aux variantes renforcées au sein d'une classe.

Tableau 23, Scores d'appréciation ordonnés par classe^{1 2}

Bœuf-carottes							
classe BC1, n=40		classe BC2, n=44		classe BC3, n=34		classe BC4, n=32	
BC séparé	2,6a	BC arôme+ saveur+	2,9 a	BC sans sel	2,0 a	BC sans sel	1,2 a
BC sans sel	3,2 b	BC sans sel	3,4 b	BC témoin	2,3 a	BC texture+	3,5 b
BC témoin	3,9 c	BC témoin	3,7 bc	BC saveur+	2,9 b	BC témoin	4,3 c
BC saveur+	4,4 cd	BC texture+	3,9 bc	BC texture+	4,3 c	BC arôme+ saveur+	4,4 c
BC texture+	4,5 d	BC saveur+	4,2 c	BC arôme+ saveur+	4,6 c	BC saveur+	4,6 c
BC arôme+ saveur+	4,6 d	BC séparé	4,9 d	BC séparé	4,8 c	BC séparé	5,2 d
Blanquette de veau							
classe BV1, n=38		classe BV2, n=62		classe BV3, n=55			
BV saveur+ texture+	2,1 a	BV sans sel	1,9 a	BV témoin	4,4 a		
BV arôme+ texture+	2,6 ab	BV arôme+ texture+	2,9 b	BV sans sel	4,4 ab		
BV sans sel	2,7 ab	BV texture+	3,1 b	BV arôme+ texture+	4,7 bc		
BV témoin	3,0 bc	BV témoin	3,3 b	BV texture+	5,0 cd		
BV améliorée	3,5 cd	BV améliorée	4,5 c	BV améliorée	5,2 d		
BV texture+	3,8 d	BV saveur+ texture+	4,8 c	BV saveur+ texture+	5,2 d		
Crème dessert							
classe CD1, n=32		classe CD2, n=81		classe CD3, n=49			
CD témoin	2,0 a	CD dégradée	3,1 a	CD texture+	2,7 a		
CD dégradée	2,2 a	CD saveur+	4,0 b	CD saveur+	2,9 a		
CD arôme+	3,2 b	CD texture+	4,1 b	CD arôme+	3,6 b		
CD améliorée	3,8 bc	CD améliorée	4,1 bc	CD améliorée	4,3 c		
CD saveur+	4,3 cd	CD arôme+	4,5 cd	CD témoin	4,4 c		
CD texture+	4,6 d	CD témoin	4,6 d	CD dégradée	4,7 c		

¹ Moyennes des moindres carrés des scores d'appréciation

² Différences significatives au seuil P<0,0001, test LSD. Les lettres indiquent dans quel groupe homogène se situe le score.

Purée de bœuf-carottes

La segmentation repose principalement sur les recettes sans sel, témoin, arôme+ saveur+ et séparée. Cette dernière variante où la purée de carottes et la purée de bœuf ont été présentées côte à côte dans la même assiette segmente fortement : appréciée par la majorité des dégustateurs, la classe BC1 (40 personnes dont 45% de personnes en EHPAD) rejette cette recette, des défauts de goût étant cités par les sujets. Le profil sensoriel de ce produit réalisé au CSGA montre en effet que la purée de carottes est peu salée et peu aromatique et il est possible que les sujets de la classe BC1 soient plus sensibles à la flaveur du produit qu'à son aspect.

Nous avons vu en 4.3.2 que les variantes renforcées obtenaient de meilleurs scores moyens que le bœuf-carottes témoin.

Cela reste vrai pour la classe BC1 dont les scores pour les trois variantes renforcées sont supérieurs au témoin de 0,6 points.

C'est très net pour la classe BC3 qui discrimine particulièrement les produits : cette classe n'apprécie pas le témoin. La maquette renforcée en saveurs est supérieure au témoin de 0,6 points dans la classe BC3 mais reste parmi les produits les moins appréciés. Ce sont les maquettes à la texture améliorée (BC texture+) et aux arômes et saveurs renforcées (BC arôme+ texture+) qui font la différence avec le témoin avec respectivement 2,1 et 2,3 points d'écart.

La classe BC2 en revanche rejette la variante arôme+ saveur+ qui est pour elle le produit le plus mauvais, pire que la recette sans-sel ; et donne un bonus de 0,5 points à la variante saveur+.

La classe BC4 n'apprécie pas la variante texture+ (0,7 points d'écart avec le témoin) et n'évalue pas les variantes saveur+ et arôme+ saveur+ comme meilleures que le témoin.

Il est possible cependant de dégager le fait que la variante saveur+ obtient toujours un meilleur score que le témoin, même si la différence n'est pas toujours significative.

La recette sans sel n'est jamais appréciée, elle est particulièrement rejetée par la classe BC4, alors qu'elle est à égalité avec la variante arôme+ saveur+ dans la classe BC2 et devant la variante séparée dans la classe BC1.

Blanquette de veau

Les classes sont nettement moins contrastées que pour la purée de bœuf-carottes. Si la classe BV3 donne des scores proches de la moyenne générale centrée, les variantes sans sel, texture+ et saveur+ texture+ séparent les classes BV1 et BV2 (Figure 22).

La recette améliorée est toujours plus appréciée que le témoin, quelle que soit la classe. Ceci montre la pertinence des indications recueillies auprès des dégustateurs âgés lors de l'étape qualitative.

La recette témoin est très bien placée dans deux classes sur trois (Tableau 23) et est devancée par la variante texture+ en classe BV1, par la variante saveur+ texture+ en classe BV2, et par toutes les variantes renforcées en flaveur et améliorées en texture en classe BV3.

L'amélioration de la texture semble donc un indispensable consensuel pour cette recette, comme nous l'avions pressenti dès l'étape qualitative.

La variante sans sel n'obtient jamais de bon score moyen et est toujours dans le groupe des maquettes les moins appréciées.

Crème dessert

Seules les maquettes CD arôme+ et CD améliorée ne segmentent pas les préférences (Figure 22). **La crème dessert améliorée obtient de bons scores dans toutes les classes, mais jamais le meilleur. Elle est plus appréciée que le témoin dans la classe CD1 seulement.**

La recette témoin segmente fortement en revanche : placée comme le meilleur produit dans la classe de plus grand effectif (CD2, n=81), comme très bon produit en classe CD3 (n=49), elle est la moins appréciée par la classe CD1 (n=32). Les variantes renforcées n'obtiennent de scores supérieurs à celui du témoin que dans cette classe CD1.

Il est intéressant de se pencher sur l'impact de la texture. Lors de la phase qualitative, la crème témoin avait été perçue comme très épaisse et même trop épaisse. L'amélioration de la texture de la variante texture+ visait donc à obtenir une texture plus fluide. La variante dégradée était encore plus épaisse que le témoin. Nos résultats montrent que cette dimension sensorielle sépare les sujets : si la classe CD1 a rejeté à la fois le témoin et la variante dégradée, en plaçant comme produit préféré la variante texture+, la classe CD3 a rejeté la variante plus fluide (texture+) pour donner les meilleurs scores aux produits CD témoin et CD dégradée dont les textures étaient les plus épaisses. **Certaines classes préfèrent une texture plus fluide,**

d'autres une texture plus épaisse. Pour ces deux classes de consommateurs, les dimensions de saveurs et d'arômes semblent moins prioritaires.

La variante dégradée est appréciée par la classe CD3, qui la classe comme le meilleur produit alors que les classes CD1 et CD2 sont d'accord pour le positionner comme le pire. Dans le cas de la crème dessert, la modification de la texture tout en diminuant la saveur sucrée et l'intensité aromatique a provoqué une segmentation des préférences.

4.4. Discussion et conclusion

Comme plusieurs auteurs de la littérature l'ont montré (cf paragraphe 1 du chapitre 4), **les réponses des sujets aux variantes renforcées dépendent des produits.** L'étude présentée ici traite de trois produits bien différents : deux produits salés, un produit sucré ; deux produits qui ne se mastiquent pas, un produit à mastiquer ; deux produits familiers pour les sujets (crème dessert et blanquette) et un produit non familier (purée de bœuf-carottes à laquelle les sujets ne sont pas habitués puisqu'ils ne sont pas consommateurs de produits à texture modifiée).

Le renforcement en goût salé ne peut pas se comparer à un renforcement en goût sucré et la comparaison des maquettes « saveur + » est difficile. Il est clair que si la maquette de purée de bœuf-carottes saveur + est supérieure au témoin quel que soit le segment, la maquette crème dessert saveur+ n'obtient un score supérieur à celui du témoin que dans la classe CD1. Le niveau de sucre de la crème saveur + est probablement perçu comme trop élevé par une partie des sujets.

L'impact de modifications de texture est aussi à considérer selon le type de plat. Lorsque le produit ne se mastique pas, la texture de la recette peut être modifiée dans un petit nombre de dimensions, notamment vers plus d'épaisseur ou plus de fluidité, ou vers un caractère plus lisse. Comme le montrent nos résultats, le choix de la fluidité est segmentant pour la crème dessert où le prototype texture+ ne donne de bons résultats que dans une seule classe de consommateurs. De même, si le prototype Bœuf-carottes texture + donne de bons résultats dans trois classes, il est très mal classé dans la classe BC4.

Les possibilités de modifications d'un produit comme une purée ou une crème sont moins poly-sensorielles qu'elles ne peuvent l'être pour la blanquette dont les nombreux ingrédients ont été travaillés. En effet, une purée ou une crème ne se mastique pas, forme un tout homogène, alors qu'une blanquette est l'assemblage de viande, de sauce et de petits légumes qui apportent plus de complexité sensorielle. Lorsque la texture a été travaillée pour la blanquette, elle l'a été pour la viande et les petits légumes qui

l'accompagnaient (le riz n'a pas été modifié). Comme le montrent les performances du prototype texture+, l'amélioration de la texture du plat blanquette de veau, et notamment de la tendreté de la viande est bien appréciée de façon consensuelle.

Il est intéressant de noter que le renforcement de la saveur dans le cas d'un plat salé a fonctionné pour un produit non familier et pas de façon consensuelle pour un produit familier comme la blanquette. Nous pouvons faire l'hypothèse, comme Kremer *et al.* l'ont faite pour les gaufres (Kremer, Mojet *et al.* 2007) que le goût attendu pour un produit familier est celui qu'on a toujours connu, alors qu'une variante renforcée d'un aliment non familier peut être préférée à un témoin plus fade. Ceci permettrait d'expliquer pourquoi la variante blanquette saveur + ne plairait pas à tous les sujets, car elle ne correspondrait pas à leur standard de blanquette. En revanche, sans référence de purée de bœuf-carottes, (même si le plat classique est connu, sa présentation mixée est éloignée des multiples perceptions ressenties lors de la dégustation du plat classique), une maquette plus salée permettrait d'augmenter le score d'appréciation. Ceci est d'autant plus vrai que le goût salé du produit témoin est faible.

Pour ce qui est de l'apparence, sa modification pour la purée de bœuf-carottes ne permet pas d'améliorer le score d'appréciation pour tous les sujets, selon le poids que donne chaque sujet à l'apparence ou à la flaveur du produit.

Dans les deux cas où une amélioration globale dans toutes les dimensions a été apportée à la recette standard suite à l'étude qualitative (blanquette et crème dessert), les résultats de cette maquette améliorée sont bons, puisqu'elle se situe dans les trois meilleurs produits de chaque classe de consommateurs. **Recueillir les commentaires des consommateurs en amont du travail des maquettes est donc une méthode efficace avec une cible âgée.**

La segmentation montre également que les préférences vis-à-vis des variantes renforcées dépendent beaucoup des sujets. Le paragraphe suivant vise à explorer justement quelles capacités chimiosensorielles des sujets pourraient expliquer cette variabilité des préférences.

Ce qu'il faut retenir :

Quatre classes de préférence homogène ont été identifiées pour la purée de bœuf-carottes, trois pour la blanquette de veau et trois pour la crème dessert.

Les variantes sans sel sont peu appréciées quel que soit le produit.

Les recettes de blanquette et de crème dessert améliorées sont consensuelles, mais ne sont pas toujours placées en première position dans les classes. Elles font partie des trois produits les plus appréciés quelle que soit la classe.

La variante bœuf-carottes BCsaveur+ renforcée en saveurs est plus appréciée que le témoin, quelle que soit la classe.

La variante blanquette à texture améliorée (BVtexture+) est préférée au témoin ou à parité.

La qualité de la texture de la crème dessert segmente les préférences des sujets.

La variante séparée de purée de bœuf-carottes segmente les préférences des sujets.

Il ya des produits qu'il ne faut pas modifier, ils plaisent en l'état (crème dessert).

Il ne faut pas servir trop peu salé.

Il y a des produits plus complexes, dont les équilibres sont subtils. Des améliorations poly-sensorielles donnent plus de chance d'améliorer les scores hédonique.

5. Lien entre niveau d'appréciation des variantes et capacités sensorielles

Objectifs :

. Relier les niveaux d'appréciation des variantes aux capacités sensorielles des sujets

L'hypothèse émise par de nombreux auteurs et qui n'est pas systématiquement vérifiée (cf état de l'art au début du chapitre 4) est la suivante : plus les capacités à sentir les saveurs sont faibles, plus les sujets préfèrent des variantes renforcées en saveurs ; plus les capacités à sentir les odeurs et les arômes sont faibles, plus les sujets préfèrent des variantes renforcées en arômes.

Notre dispositif est un plan intra-sujet : nous allons comparer les capacités sensorielles entre les sujets âgés et vérifier si les personnes dont les capacités sont plus faibles ont une préférence plus marquée pour les variantes renforcées que les autres.

Le dispositif expérimental a déjà été présenté dans la partie 4.3.1 Matériel et méthodes. Seul le traitement statistique des données est présenté ici.

5.1. Traitement des données

- L'approche méthodologique pour mesurer l'impact de la catégorie d'autonomie sur les capacités sensorielles et la comparaison entre capacités sensorielles issues de l'enquête et issus des tests produits

L'effet de la catégorie d'autonomie sur les capacités sensorielles a été évalué par analyse de variance avec effet catégorie et sujet (en aléatoire).

La comparaison entre les capacités sensorielles des sujets de l'enquête AUPALESENS (chapitre 2) et des sujets ayant réalisé les tests produits a été faite grâce à une analyse de variance intégrant les effets « source de la donnée » et catégorie d'autonomie.

- L'approche méthodologique pour mesurer l'impact des capacités sensorielles sur le niveau d'appréciation des témoins et la discrimination hédonique

Pour chaque score sensoriel, nous avons catégorisé les sujets selon leurs niveaux de capacités sensorielles en trois groupes: sujets dont le score est inférieur à la médiane, sujets dont le score est égal à la médiane, sujets dont le score est supérieur à la médiane. Puis nous avons testé l'impact de ce niveau sur les notes d'appréciation des produits témoins et sur l'écart entre

la note maximum et la note minimum de chaque sujet. Ceci a été réalisé grâce à une analyse de variance à cinq facteurs à trois niveaux (détection olfactive, discrimination olfactive, catégorisation olfactive, détection du goût salé, détection du goût sucré).

→ L'approche méthodologique pour établir le lien entre segmentation des préférences et capacités sensorielles

La question à laquelle nous souhaitons répondre est : est-ce que les segments de préférence sont caractérisés par des capacités sensorielles différentes ?

Chaque segment de préférence est caractérisé par :

- Les scores d'appréciation des produits

Pour chaque sujet, un écart entre le score donné à la variante et le score donné au témoin a été calculé. Il est positif quand la variante obtient un meilleur score que le témoin, donc que la variante est préférée au témoin. Il est négatif quand la variante obtient un score inférieur à celui du témoin, donc qu'elle est moins appréciée que le témoin. Une analyse de variance à un facteur « classe de préférence » a été réalisée pour chaque famille de produit et chaque variante. Elle permet d'identifier les écarts au témoin significativement différents entre les classes de préférences.

- Les scores aux tests sensoriels

Ils ont tous été calculés sur une base 100, 100 correspondant à une réussite complète du test. Une analyse de variance à un facteur « classe de préférence » a été réalisée pour chaque test sensoriel. Elle permet d'identifier quelle classes ont des performances significativement plus élevées ou moins élevées. Elles sont présentées dans les graphiques sous forme d'écarts à la moyenne de l'échantillon total (cf Figure 25, Figure 26, et Figure 27).

Afin de simplifier l'interprétation des résultats, une représentation graphique permet de comparer simultanément pour une classe de préférences donnée, les écarts des scores des variantes au témoin, et les écarts des scores sensoriels à la moyenne.

→ L'approche méthodologique pour établir le lien entre préférences individuelles et capacités sensorielles

La question est ici la suivante : Y-a-t-il un lien entre préférences individuelles et capacités sensorielles ?

Plusieurs méthodes ont été mises en œuvre pour tester le lien entre capacités sensorielles et préférences, sujet par sujet, et non plus au niveau des classes de préférence.

En effet, nous pouvons nous intéresser aux deux questions suivantes :

- Est-ce qu'une capacité sensorielle faible conduit à préférer des produits renforcés aux recettes témoin ?

- Est-ce qu'une capacité sensorielle faible conduit à davantage apprécier les recettes renforcées (score d'appréciation élevé), sans référence à un témoin ?

Pour répondre à la première question, pour chaque score sensoriel, nous avons catégorisé les sujets selon leurs niveaux de capacités sensorielles en trois groupes: sujets dont le score est inférieur à la médiane, sujets dont le score est égal à la médiane, sujets dont le score est supérieur à la médiane. Puis nous avons testé l'impact de ce niveau sur l'écart entre la variante renforcée et le témoin par une analyse de variance à cinq facteurs à trois niveaux (détection olfactive, discrimination olfactive, catégorisation olfactive, détection du goût salé, détection du goût sucré).

Pour répondre à la deuxième question, nous avons étudié le score d'appréciation centré par sujet. Plus il est grand, plus le produit a été apprécié par le sujet. S'il est positif, le sujet a positionné son appréciation au-delà de sa moyenne, et on peut considérer que le produit fait partie de ses préférés. Nous avons évalué par analyse de variance l'impact du niveau de chaque score sensoriel (inférieur à la médiane, égal à la médiane, supérieur à la médiane) sur ce score centré. Enfin, nous avons calculé les corrélations de Pearson entre les scores d'appréciation centrés par sujet et les scores de capacités sensorielles.

5.2. Capacités sensorielles des sujets

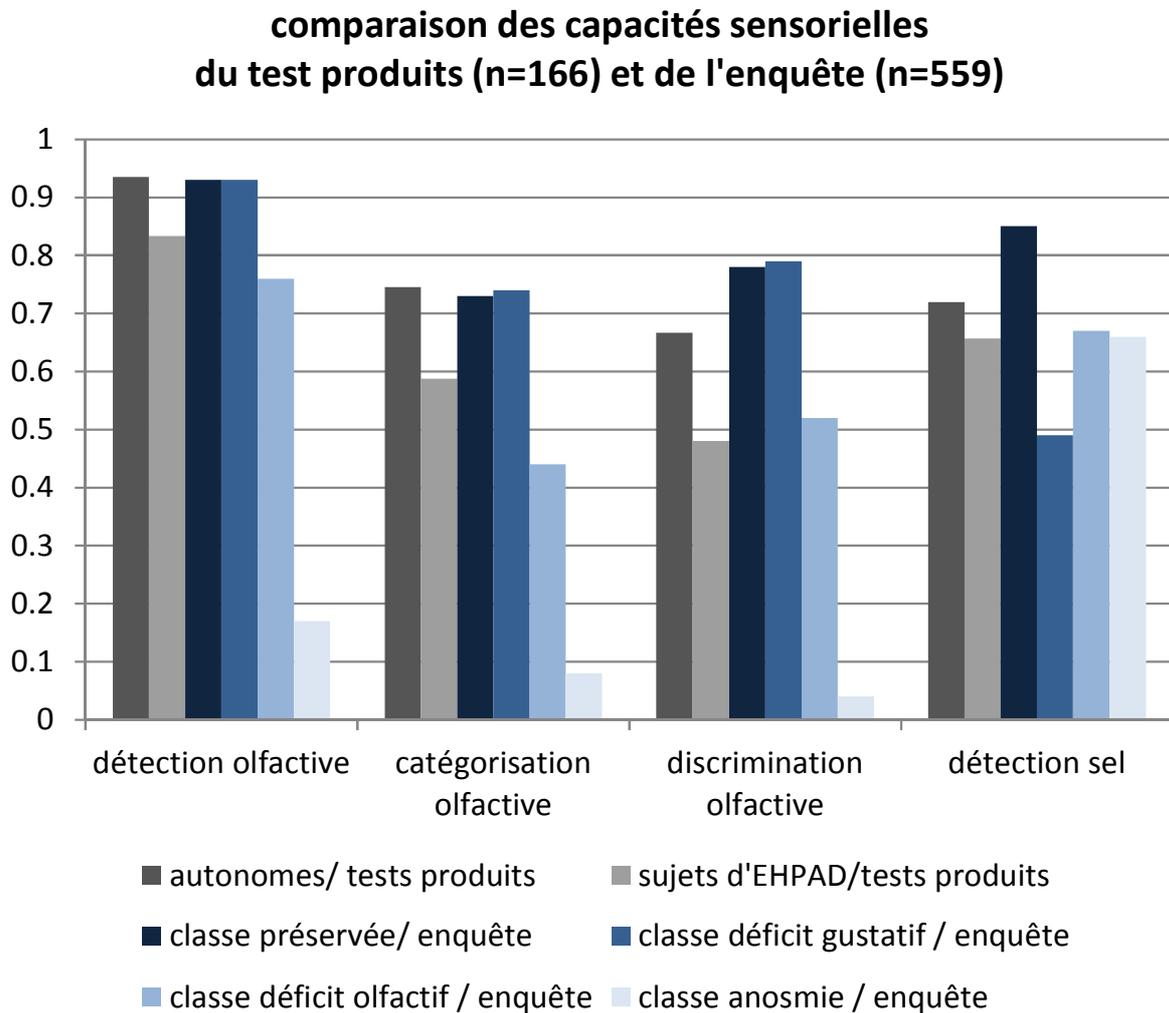
Objectifs :

- . Présenter les scores sensoriels moyens par catégorie d'autonomie**
- . Comparer ces scores à ceux mesurés dans l'enquête AUPALESENS présentés au chapitre 2.**

Comme présenté dans la partie Matériel et Méthodes (paragraphe 4.3.1), les sujets ont réalisé des tests gustatifs et olfactifs.

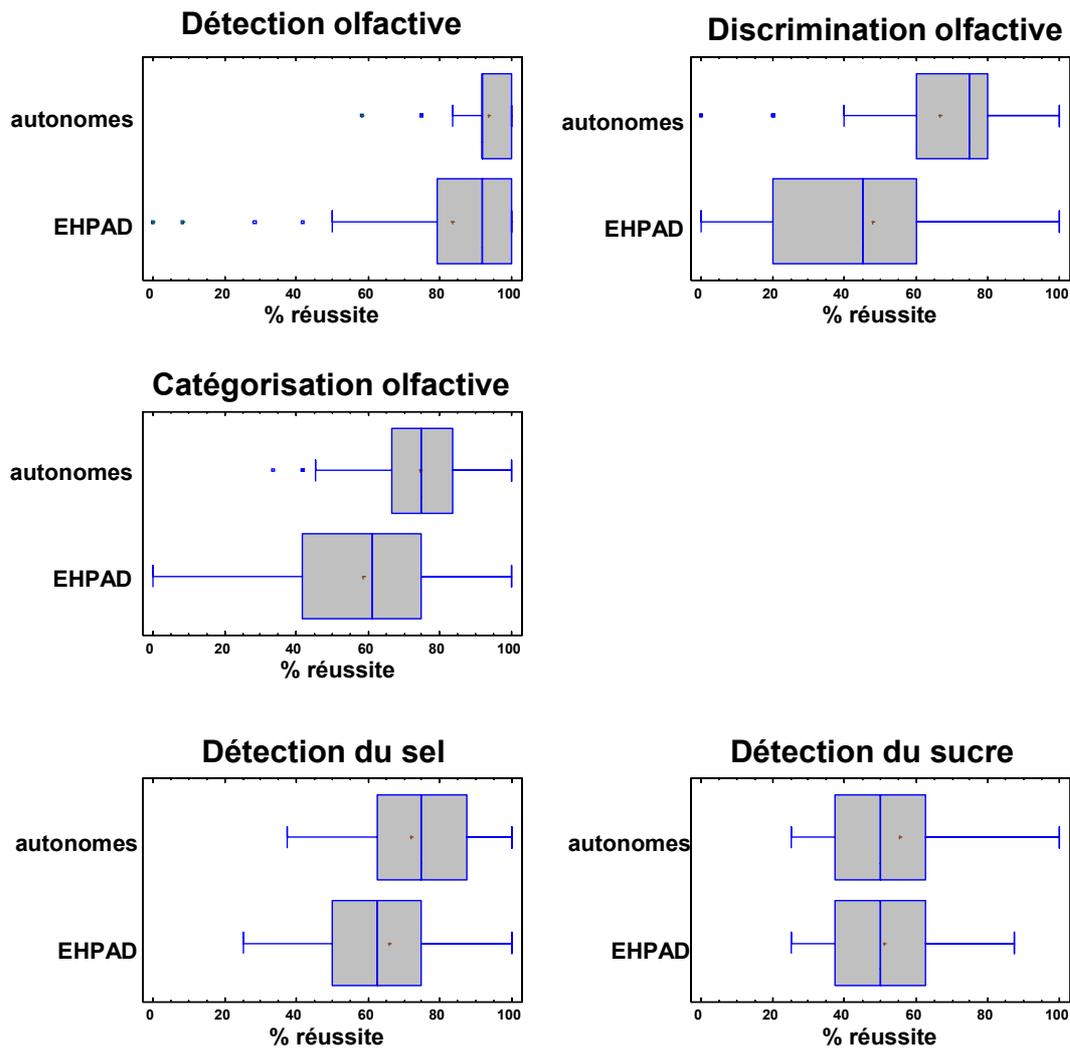
Le niveau des capacités sensorielles de cet échantillon de personnes s'est révélé comparable à ce qui a été mesuré lors de la première enquête (Figure 23), sauf pour le score de discrimination olfactive qui est significativement plus faible pour les sujets de cette étude produits que pour les sujets de l'enquête ($F_{1/555}=21,5$; $P=0,000$). Les capacités sont significativement plus faibles chez les personnes vivant en EHPAD que pour les personnes autonomes à domicile, quel que soit le test sensoriel.

Figure 23, capacités sensorielles mesurées dans l'étude des produits (n=166) et dans l'enquête (n=559) (taux de réussite aux quatre tests)



Il y a un effet de la catégorie de dépendance sur tous les scores sensoriels sauf celui de la détection sucrée, les performances moyennes des sujets vivant en EHPAD étant significativement plus faibles que celles des sujets autonomes (score de détection olfactive $F_{1/171}=13,8$; $P=0,0003$; score de discrimination olfactive $F_{1/171}=25,5$; $P=0,0000$; score de catégorisation olfactive $F_{1/171}=18,2$; $P=0,0000$; score de détection gustative $F_{1/171}=5,9$; $P=0,0158$; score de détection sucrée $F_{1/171}=2,3$; $P=0,13$) (Figure 24). Le test de détection sucrée fait échouer le plus de personnes et il est finalement peut-être trop difficile pour rester discriminant.

Figure 24, Boîtes à moustaches des scores sensoriels selon le type de sujet



Cette représentation graphique illustre bien la variabilité des réponses, liée à la dimension sensorielle testée et à la facilité ou difficulté du test mis en œuvre. Elle justifie que l’on s’intéresse aux scores d’appréciation des produits en fonction de ces capacités sensorielles.

Ce qu’il faut retenir

Les capacités sensorielles de l’échantillon étudié sont représentatives des résultats obtenus lors de l’enquête présentée dans la partie 1 du chapitre 2.

La variabilité des capacités sensorielles est élevée, en particulier pour la catégorisation et la discrimination olfactives, et la détection du goût salé.

5.3. Niveau d'appréciation des témoins et pouvoir discriminant selon les capacités sensorielles

Objectifs :

- . Vérifier si les produits témoins (standards du marché) sont appréciés au même niveau selon les capacités sensorielles des sujets.
- . Vérifier si de plus faibles capacités sensorielles affectent la capacité des sujets à faire des différences entre les sujets

Une première analyse de variance permet de tester l'effet des capacités sensorielles **sur la note d'appréciation donnée aux produits témoin. Aucun effet des capacités sensorielles** n'est significatif sur la note (les probabilités associées aux effets de chaque capacité sensorielle varient de 0.18 à 0.95), ce qui s'interprète ainsi : le niveau d'appréciation des personnes à sensibilité faible (quel que soit le test) n'est pas différent de celui des personnes à sensibilité élevée.

Une deuxième question portait sur le pouvoir discriminant des sujets : y-a-t-il un écart entre la note maximale et la note minimale plus ou moins élevé selon les capacités sensorielles ? En d'autres termes, les sujets les moins sensibles différencient-ils toujours aussi bien les produits ? La réponse est plutôt oui. **Pour la blanquette de veau, aucune différence d'étendue** des notes n'est détectée entre les sujets selon leurs capacités sensorielles (P variant de 0.11 à 0.94). Pour la purée de bœuf-carottes, **seuls les sujets sensibles en détection** (scores sensoriels de détection > médiane) **avaient une étendue inférieure à celle des sujets peu sensibles en détection** (scores sensoriels de détection < médiane) (effet significatif pour la capacité de détection (P=0.04). Tous les autres effets sont non significatifs (P de 0.06 à 0.95). Les sujets sensibles en détection avaient une étendue moyenne de 3.0 et les sujets peu sensibles de 3.6). Pour la crème dessert, **le seul effet significatif est celui de la capacité de catégorisation (P=0.05)**. Les autres effets sont non significatifs (P de 0.07 à 0.55). Les sujets sensibles en catégorisation ont une étendue de 3.4 alors que les peu sensibles de 2.8. Nous pouvons conclure que **de plus faibles capacités sensorielles ne paraissent pas conduire à faire moins de différences de notes hédoniques entre les produits.**

A retenir :

Il n'y a pas de différence de niveau de note hédonique des produits témoin selon les capacités sensorielles
De plus faibles capacités sensorielles ne paraissent pas conduire pas à faire moins de différences de notes hédoniques entre les produits.

5.4. Lien entre segmentation des préférences et capacités sensorielles

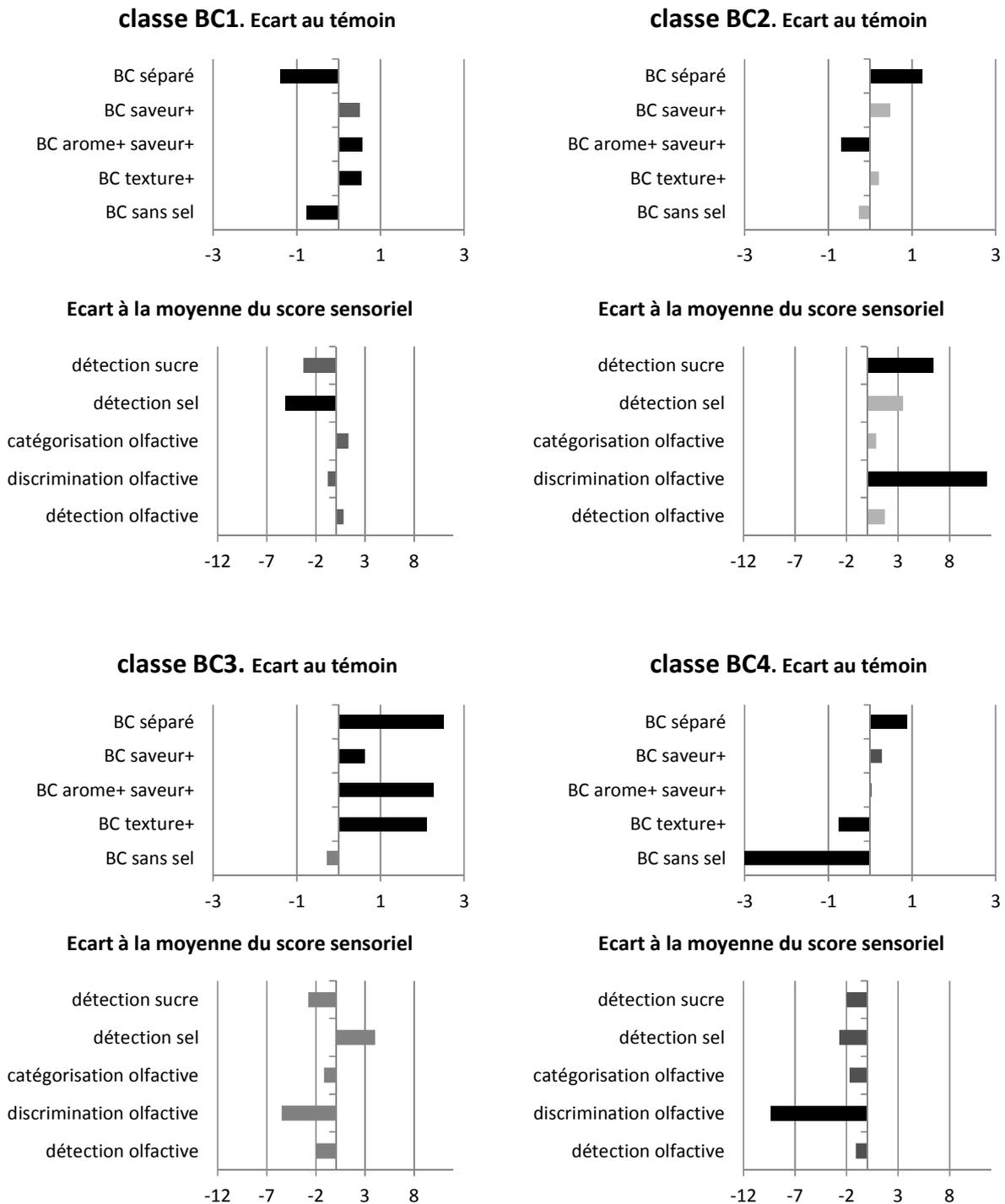
Objectifs :

Identifier si les classes de préférence sont associées à des capacités sensorielles différentes.

Vérifier si les classes qui préfèrent les variantes renforcées en saveurs et/ou en arômes aux témoins sont aussi celles qui sentent moins bien les saveurs et les arômes.

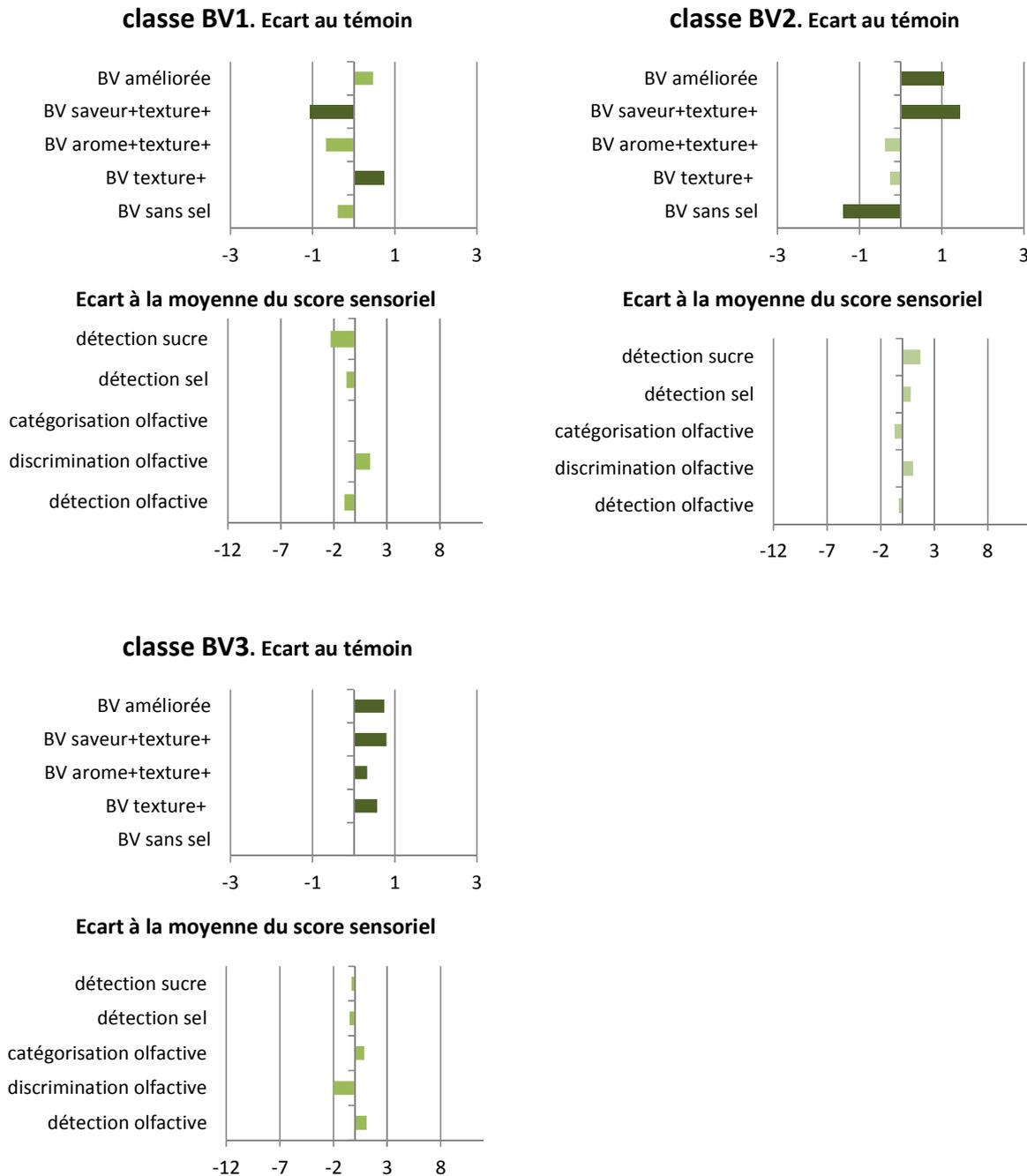
Les figures pages 213, 214 et 215 regroupent les résultats des scores d'appréciation et des scores de capacités sensorielles pour chaque type de produit, et chaque classe de préférences. Les scores d'appréciation sont présentés en écart au score du produit témoin. Les capacités sensorielles sont présentées en écart à la capacité moyenne des sujets dans les trois figures. Les écarts significatifs sont de couleur foncée. La comparaison des écarts d'appréciation au témoin (positif si la variante est préférée au témoin, négatif si la variante est moins aimée que le témoin) et des écarts de score sensoriel à la moyenne (positif quand le score est supérieur à la moyenne, donc que la performance de la classe est supérieure à la moyenne ; négatif quand le score de la classe est inférieur à la moyenne) **permet de vérifier si une préférence par rapport au témoin est associée ou non à une capacité sensorielle plus faible**. Si l'hypothèse selon laquelle un renforcement sensoriel serait plus apprécié des sujets ayant des déficits sensoriels était confirmée, les résultats devraient montrer un écart positif des variantes renforcées par rapport au produit témoin (barre du graphique vers la droite) dans les clusters où les scores sensoriels sont inférieurs à la moyenne (barre vers la gauche).

Figure 25. Comparaison des scores d’appréciation au score du témoin et des scores sensoriels au score moyen par classe. Bœuf-carottes.¹



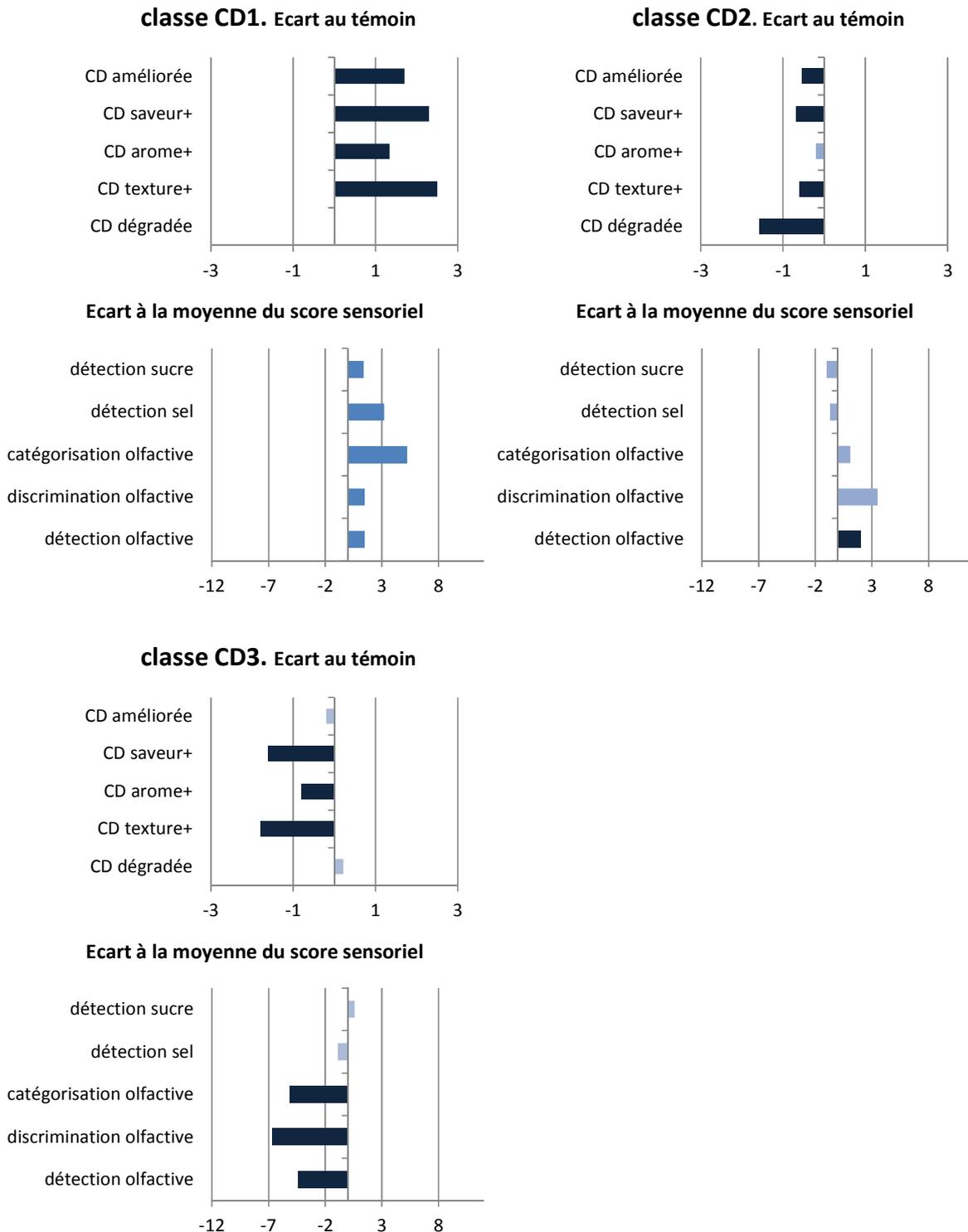
¹ Les barres plus foncées indiquent pour l’appréciation que l’écart au témoin est significatif et pour les capacités sensorielles que la différence à la moyenne est significative au seuil de 5% (t test)

Figure 26. Comparaison des scores d’appréciation au score du témoin et des scores sensoriels au score moyen par classe. Blanquette de veau ¹



¹ Les barres plus foncées indiquent pour l’appréciation que l’écart au témoin est significatif. Il n’y a aucune différence significative au seuil de 5% entre les scores sensoriels par classe et la moyenne générale (t test)

Figure 27. Comparaison des scores d'appréciation au score du témoin et des scores sensoriels au score moyen par classe. Crème dessert ¹



¹ Les barres plus foncées indiquent pour l'appréciation que l'écart au témoin est significatif et pour les capacités sensorielles que la différence à la moyenne est significative au seuil de 5% (t test)

Purée de bœuf-carottes

Dans la classe où les variantes renforcées sont toutes bien plus appréciées que le témoin (BC3), les sujets ont des capacités sensorielles moyennes.

Dans la classe BC1, où les variantes renforcées sont aussi plus appréciées que le témoin, seule une plus faible capacité à détecter la saveur salée caractérise les sujets.

La classe BC2 a de bonnes capacités à percevoir le goût sucré et à discriminer les odeurs. La variante de purée à l'arôme renforcé ne leur plait pas.

La classe BC4 se distingue par une faible capacité à discriminer les odeurs. Ce sont les variantes à texture améliorée et sans sel qu'ils aiment moins que le produit témoin. C'est la classe où les sujets sont les plus sévères avec la recette sans sel, lui attribuant 3 points de moins que le témoin.

Les trois classes BC2, BC3 et BC4 ont donné la meilleure note d'appréciation à la variante séparée, ce qui illustre que l'apparence des plats compte pour eux.

Blanquette de veau

Les capacités sensorielles des sujets des trois classes ne sont pas différentes de la moyenne générale. On ne peut pas identifier de lien entre les capacités sensorielles et la construction des classes de préférence.

Crème dessert

Le résultat obtenu avec les crèmes desserts irait à l'encontre des hypothèses de l'intérêt d'un renforcement sensoriel lorsque les capacités sont faibles. En effet, la classe CD3 dont les capacités olfactives sont significativement inférieures à la moyenne préfère le témoin aux variantes où l'arôme ou la saveur ont été renforcés. A contrario, la classe CD1 dont les capacités sensorielles sont supérieures à la moyenne générale, même si ces écarts ne sont pas significatifs, est la classe dont les écarts de scores d'appréciation avec le témoin sont tous positifs et significatifs.

Les capacités sensorielles n'expliquent pas de façon cohérente la segmentation des préférences. Ce n'est pas pour autant qu'il faudrait abandonner les travaux sur la qualité des produits. Comme le montrent les résultats des préférences moyennes et par segment présentés en paragraphes 4.3.2 et 4.3.4, certains produits obtiennent de meilleures appréciations. Le lien avec les performances sensorielles ne peut être établi au niveau du groupe. Quatre hypothèses peuvent être proposées pour l'expliquer : soit l'approche par classe de préférences homogènes **masque encore une trop grande variabilité individuelle** pour établir ce lien, soit les

performances sensorielles ne sont pas représentatives de celles mises en jeu lors de la dégustation du produit en question, soit **le renforcement d'une dimension sensorielle ne permet d'expliquer qu'une petite part de l'appréciation globale**, soit **le renforcement n'a pas été suffisant**. Les quatre dernières hypothèses seront discutées à l'issue du paragraphe 5.5. La première hypothèse est liée à un inconvénient de la méthode de segmentation. Il faut bien avoir à l'esprit que dans les méthodes de classification, tous les objets à classer sont *in fine* rattachés à un groupe. Lors de la segmentation, les individus sont regroupés autour de « formes fortes » très caractéristiques, amalgamant des sujets très proches du barycentre de la classe. Cependant, certains sujets sont affectés à une classe, mais pourraient aussi appartenir à une autre, car ils n'ont pas un fort degré d'appartenance au groupe d'affectation. Plus les données individuelles sont variables, plus le risque de « flou » entre les classes est fort. C'est pourquoi il est justifié de mettre en œuvre une approche individuelle sujet par sujet pour vérifier si ceux dont les capacités sensorielles sont faibles n'auraient pas une préférence pour des produits renforcés. Ceci fait l'objet du paragraphe suivant.

Ce qu'il faut retenir

L'hypothèse selon laquelle de faibles capacités sensorielles conduiraient à préférer des variantes renforcées en arôme ou en saveurs n'est pas soutenue par nos résultats étudiant les préférences par classe.

Purée de bœuf-carottes : seule la classe BC1 (n=40) préfère les variantes renforcées au témoin et a des capacités à détecter le sel plus faibles que la moyenne.

Blanquette de veau : il n'y a pas de différences de capacités sensorielles entre les classes, qu'elles préfèrent ou non les variantes renforcées au témoin.

Crème dessert : les résultats vont à l'inverse de l'hypothèse : les variantes renforcées sont plus appréciées par la classe de sujets ayant de bonnes capacités sensorielles, alors qu'elles sont moins aimées que le témoin par la classe de sujets ayant des capacités olfactives inférieures à la moyenne.

5.5. Lien entre préférences individuelles et capacités sensorielles

Objectifs

- . Identifier si, individuellement, des capacités sensorielles plus faibles conduisent à préférer les variantes renforcées aux témoins.**
- . Identifier si les personnes dont les capacités sensorielles sont faibles donnent des scores d'appréciation élevés aux variantes renforcées.**

5.5.1. Est-ce que des capacités sensorielles faibles conduisent à préférer les variantes renforcées aux témoins?

Les résultats sont différents selon les produits. Le Tableau 24 présente les effets significatifs quand ils le sont du niveau de capacité sensorielle (découpé en trois groupes : <médiane, =médiane, >médiane) sur l’écart entre les variantes et le produit témoin.

Tableau 24, Probabilités <0,05 associées aux effets des capacités sensorielles sur l’écart de score d’appréciation avec le témoin

produit	variante	Détection olfactive	Discrimination olfactive	Catégorisation olfactive	Détection sel	Détection sucre
Purée Bœuf-carottes	BC saveur+					
	BC arôme+saveur+				P=0,03	
	BC texture+					
	BC sans sel					
	BC séparé	P=0,03			P=0,004	
Blanquette de veau	BV saveur+ texture+					
	BV arôme+ texture+		P=0,05			
	BV texture+		P=0,02			
	BV sans sel					
	BV améliorée				P=0,04	
Crèmes desserts	CD saveur+		P=0,02			
	CD arôme+					
	CD texture+					
	CD dégradée					
	CD améliorée					

Les Figure 28 et Figure 29 illustrent le sens des liens entre écart au témoin et capacités sensorielles, quand ils sont significatifs. On peut d’emblée constater que les différences entre les groupes sont faibles, comme le niveau de la probabilité associée à l’analyse de variance pouvait l’augurer.

Si le renforcement des saveurs ou des arômes est plus apprécié par des sujets dont les capacités sensorielles sont plus faibles, la configuration devrait être décroissante. C’est le cas seulement de la variante BV arôme+ texture+ qui est plus appréciée par les sujets dont les capacités à discriminer des odeurs sont inférieures ou égales à la médiane.

Si le renforcement des saveurs ou des arômes n’est suffisant que pour les sujets dont les capacités sont médianes, la configuration devrait être en U inversé : la variante serait

insuffisamment renforcée pour les sujets les moins sensibles, et trop renforcée pour les sujets les plus sensibles. L'optimum serait trouvé pour les personnes médianes. C'est le cas pour la variante CD saveur+ qui est plus appréciée par les sujets dont les capacités à discriminer les odeurs sont médianes.

Le lien entre la préférence pour la variante BV texture+ et les capacités à discriminer les odeurs est difficile à interpréter. De même, il est difficile d'interpréter les liens entre variantes améliorées et capacités sensorielles.

Ces résultats ne peuvent pas soutenir l'hypothèse qu'un renforcement systématique plairait toujours aux personnes moins sensibles. Nos résultats illustrent, comme l'état de l'art nous l'avait montré, que les conclusions dépendent des produits et du type de renforcement, et probablement également du type de capacités sensorielles altérées. Ils montrent aussi que le lien entre capacités sensorielles et préférences est rare, et pas toujours cohérent : quand la saveur est renforcée, le lien n'est pas établi avec les capacités gustatives.

Figure 28. Moyennes des écarts des variantes renforcées en saveurs, en arômes ou changées pour la texture par rapport au témoin en fonction des capacités sensorielles (seuls les écarts significativement différents entre les classes de préférence sont présentés ici)

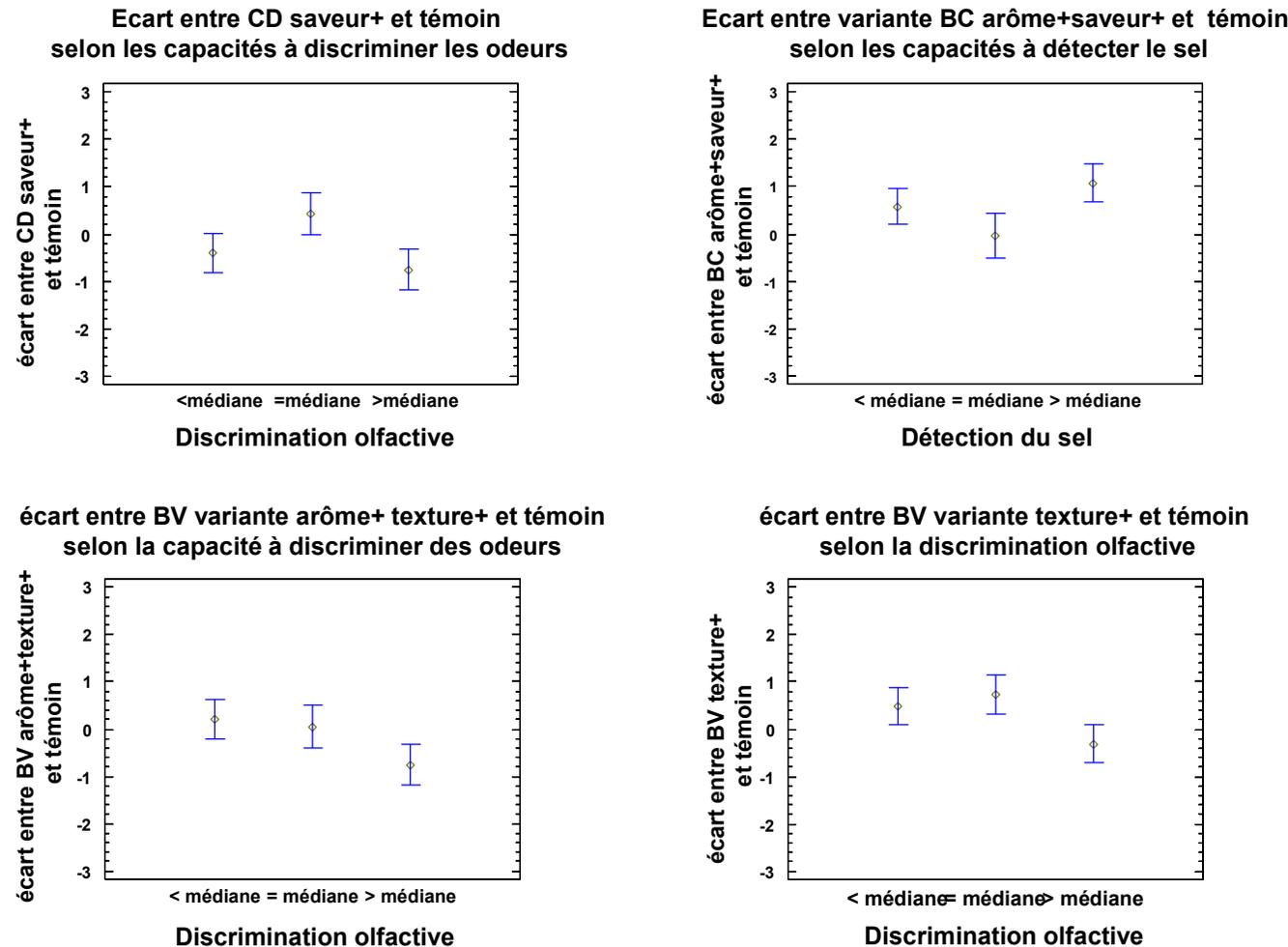
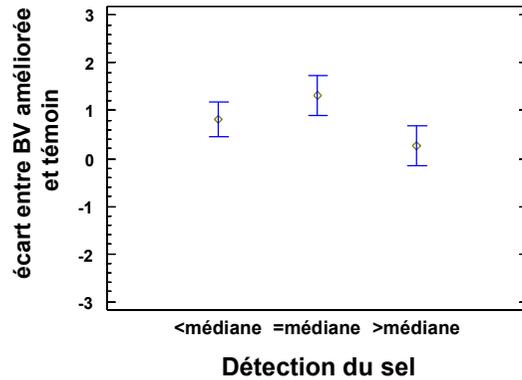
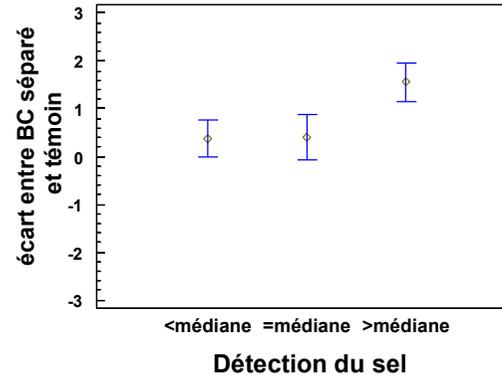


Figure 29. Moyennes des écarts des variantes améliorées par rapport au témoin en fonction des capacités sensorielles (seuls les écarts significativement différents entre les classes de préférence sont présentés ici)

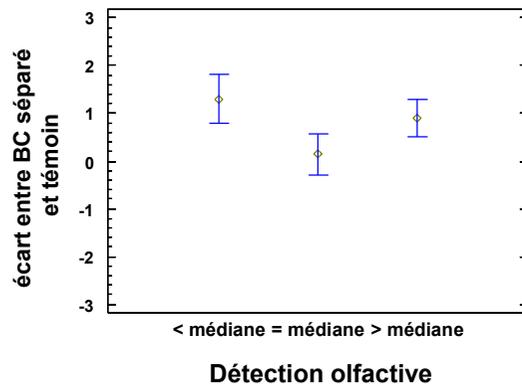
écart entre variante BV améliorée et témoin
selon la capacité à détecter le sel



écart entre BC séparé et témoin
selon les capacités à détecter le sel



écart entre BC séparé et témoin
selon les capacités à détecter les odeurs



5.5.2. Est-ce que des capacités sensorielles faibles conduisent à donner un score d'appréciation élevé aux variantes renforcées ?

L'objectif est ici d'évaluer le niveau d'appréciation des variantes renforcées en fonction du niveau de capacités sensorielles.

De même l'analyse du score d'appréciation de la variante, sans référence au témoin est décevante. Certains liens sont significatifs, qu'ils soient mis en évidence par l'analyse de variance qui compare les groupes de niveaux de capacité sensorielle (en référence à la médiane), ou par le calcul d'une corrélation entre le score d'appréciation et le score sensoriel. Les résultats ne sont pas toujours concordants entre les méthodes, ce qui peut nous aider à conclure que les liens sont faibles.

Le Tableau 25 présente, pour chaque score sensoriel, les cas où nous avons trouvé un lien significatif entre score sensoriel et score d'appréciation des différentes variantes. Comme pour l'analyse précédente, les liens ne sont pas systématiques, ni cohérents entre capacité sensorielle explorée et type de renforcement proposé par la variante. Contrairement à ce que nous aurions pu attendre, une capacité plus faible à détecter le goût salé ne conduit pas à davantage apprécier les variantes plus salées, de même pour la capacité à détecter le sucré qui ne conduit pas à plus apprécier les crèmes plus sucrées. Des capacités plus faibles à détecter, catégoriser ou discriminer des odeurs ne sont pas liées à une appréciation plus élevée des variantes enrichies en arômes, à l'exception de la purée de bœuf-carottes BC arôme+saveur+ qui est plus appréciée par ceux qui discriminent mal les odeurs.

Tableau 25, Résultats des traitements statistiques visant à relier scores d’appréciation des variantes renforcées aux scores sensoriels¹

Produit	variante	Détection olfactive	Catégorisation olfactive	Discrimination olfactive	Détection du sel	Détection du sucre
Purée Bœuf-carottes	BC arôme+ saveur+			Corrélation négative		Effet niveau Corrélation
	BC saveur+					
	BC texture+				Effet niveau	
	BC sans sel			Corrélation		
Blanquette de veau	BV arôme+ texture+					
	BV saveur+ texture+					
	BV texture+					
	BV sans sel					
Crème dessert	CD arôme+					
	CD saveur+		Effet niveau (quadratique)		Corrélation	
	CD texture+					
	CD dégradée					Effet niveau (quadratique)

5.5.3. Discussion

Nous pouvons donc considérer qu’il n’y a pas ou très peu de lien entre capacités sensorielles et préférences pour une variante renforcée dans le cadre de nos essais.

Rappelons les hypothèses qui pourraient expliquer de tels résultats :

- soit **les performances sensorielles ne sont pas représentatives** de celles mises en jeu lors de la dégustation du produit en question,

Pour soutenir cette première hypothèse, les résultats obtenus avec la blanquette de veau sont particulièrement intéressants : aucun lien entre capacité sensorielle et classe de préférence, ni préférence pour une variante renforcée n’a pu être établi. Ce produit est beaucoup plus complexe sur un plan sensoriel que les deux autres. Les stimuli sensoriels associés à sa dégustation beaucoup plus

¹ « Effet niveau » signifie que le facteur groupe de capacité sensorielle (<médiane, =médiane, > médiane) est significatif. La précision (quadratique) est ajoutée lorsque la courbe est en cloche avec un niveau maximum ou minimum pour les capacités médianes. « Corrélation » signifie que la corrélation de Pearson est significative à 5%. Il est précisé quand elle est négative.

nombreux. Il est possible que les tests sensoriels mis en œuvre soient insuffisants pour refléter les perceptions associées à ce type de produit.

- soit le renforcement d'une dimension sensorielle ne permet **d'expliquer qu'une petite part** de l'appréciation globale,

Dans la littérature, ce sont presque toujours des aliments peu complexes d'un point de vue sensoriel qui sont testés. Lorsque l'on s'intéresse comme ici à des plats plus complexes, le type et la qualité du renforcement sont peut-être à considérer, et ne seraient pas aussi simples que la simple addition de sel ou de sucre.

Il est aussi envisageable que la complexité sensorielle d'un produit, notamment la blanquette de veau soit suffisante pour dépasser les déficits gustatifs et olfactifs. En effet, l'expérience sensorielle est probablement assez riche avec un plat complexe pour que la sensation globale soit relativement préservée malgré des déficiences sensorielles. Dans cette hypothèse, malgré certaines déficiences olfactives ou gustatives, l'appréciation du sujet pourrait être guidée par une multitude de critères sensoriels qui pourraient compenser ceux qu'il perçoit mal, ces critères étant variables d'un individu à un autre. Dans le cas de la blanquette de veau, l'amélioration de la texture systématique dans toutes les variantes aurait pu dominer tous les autres renforcements sensoriels.

Comme l'avaient également émis Kremer *et al.* (Kremer *et al.* 2007b), la familiarité du produit peut influencer la préférence. Si une personne qui vieillit continue à consommer un produit régulièrement, tout en ayant des capacités sensorielles qui déclinent progressivement, l'image sensorielle mémorisée du produit en question peut être préservée. La personne préférerait alors la recette standard, à laquelle elle a toujours été habituée. Si en revanche le produit est peu familier, comme l'est ici la purée de bœuf-carottes, il serait plus apprécié si sa saveur est plus intense.

- soit le **renforcement n'est pas suffisant ou pas pertinent**

Pour soutenir cette hypothèse, l'étude approfondie de la purée de bœuf-carottes et ses variantes est intéressante. Dans le cas de ce produit particulier à texture modifiée, la recette témoin est peu salée, puisque la politique nutritionnelle en EHPAD est d'éviter des apports de sel trop importants dans les repas des personnes âgées. Comparée lors du profil sensoriel à un produit du commerce vendu en grande surface et mixé par les expérimentateurs de l'INRA, le niveau du goût salé s'est révélé bien inférieur au bœuf-carottes du commerce, et seules les variantes BC saveur+ et BC arôme+ saveur+ ont atteint le niveau de goût salé du produit du commerce. L'échantillon de personnes interrogées n'est pas consommateur de produit texturé et a comme standard habituel un bœuf-carottes classique, auquel la recette du commerce mixée par l'INRA se réfère. Si aucune capacité sensorielle ne peut être reliée à la préférence pour les variantes BC arôme+saveur+ et BC saveur+, c'est probablement lié au fait que tous se sont accordés pour trouver le témoin plutôt fade et ont préféré de façon consensuelle les variantes plus relevées. Ceci est en accord avec le **consensus que l'on peut observer pour le rejet des variantes sans sel**. Relever la saveur de la purée de bœuf-

carottes semble donc pertinent pour toute la population interrogée. Si l'on avait développé une maquette encore plus riche en flaveur, peut-être aurait-on pu discriminer les préférences selon les capacités sensorielles.

A contrario, la blanquette de veau témoin n'est pas fade, mais a d'autres défauts comme la qualité de la viande et des légumes et leur texture. Dans ce cas, pallier les défauts, plutôt que renforcer les saveurs et les arômes, est pertinent et plait de façon consensuelle.

De même, la crème dessert témoin est sucrée, puisqu'il s'agit d'un complément nutritionnel oral. Renforcer encore son goût sucré n'est pas non plus pertinent, car son niveau de base est élevé par rapport au marché habituel des crèmes desserts.

Devons-nous en conclure que cette option doit être abandonnée ? Certainement pas.

Dans le cas d'un produit **fade** comme la purée de bœuf-carottes, renforcer les saveurs est **positif**. Dans le cas d'un produit qui présente des défauts comme la blanquette, une **amélioration globale** de la qualité est la bonne stratégie. Si le produit est d'emblée bien apprécié comme la crème dessert témoin, il est plus difficile de trouver une meilleure variante.

Il ne faut jamais non plus perdre de vue que les préférences peuvent être très variables d'un individu à un autre. La forte hétérogénéité de la population âgée est visible dans nos résultats de segmentation des préférences et c'est probablement ce qui rend difficile l'établissement d'un lien clair entre perceptions et appréciations. Il est vain d'espérer une solution unique pour la population âgée, comme a pu le souligner Dr Tuorila dans un récent témoignage sur ses travaux (Tuorila 2014). **Tenir compte des préférences des sujets âgés paraît une stratégie plus efficace que vouloir compenser des déficits sensoriels.**

Ce qu'il faut retenir

De plus faibles capacités sensorielles n'impliquent pas de préférer les variantes renforcées en saveurs ou en arômes.

Un produit fade comme la purée de bœufs-carottes bénéficie d'un renforcement de la saveur, qui plait à tous.

Un produit complexe comme la blanquette de veau qui présente des défauts, mais dont le niveau de flaveur est standard, gagne à voir sa qualité globale améliorée plutôt que sa flaveur renforcée.

Un produit déjà apprécié et très sucré comme la crème dessert ne bénéficie pas d'un renforcement de saveur.

Le lien entre capacités sensorielles et niveau du score d'appréciation d'une variante renforcée n'est pas démontré.

Conclusion

La méthodologie proposée permet donc d’orienter le développement des recettes vers des produits qui ont plus de chances de plaire et qui sont plus consensuelles (recettes améliorées).

Comme dans la population plus jeune, les préférences sont segmentées, rares sont les produits qui font l’unanimité. Si un produit est fade, sa variante renforcée en saveur plait davantage à tous. Quand une recette est améliorée, les personnes âgées y sont sensibles, qu’elles aient ou non de bonnes capacités sensorielles. Ceci justifie que l’on fasse des efforts pour le développement de produits de qualité. Quand une recette est pauvre en goût (sans sel, peu sucrée...) elle est rejetée par tous (sans sel) ou la majorité (crème dessert dégradée), et les scores d’appréciation sont fortement dégradés. C’est une pierre de plus dans le jardin des régimes, fortement déconseillés chez les très âgés pour lesquels l’enjeu est de maintenir un bon niveau d’appétit.

Chapitre 5 Discussion et perspectives

Dans cette partie, nous vous proposons de reprendre chacune des questions de recherche, en discutant les résultats obtenus et proposant des pistes de travaux ultérieurs. Après avoir fait une analyse critique du travail et proposé des voies de recherche, nous concluons en répondant à la problématique générale que nous rappelons ici : *Quelle est la variabilité des capacités sensorielles et des préférences alimentaires au sein d'une population âgée de niveaux de dépendance et d'âges variés et comment est-elle reliée au statut nutritionnel et à l'appréciation des produits?*

1. Quelle est la variabilité des perceptions olfactives et gustatives au sein de la population âgée ?

Nos travaux présentés dans l'article soumis à *Chemical Senses* (paragraphe 2 du chapitre 2) montrent **comment s'organise la variabilité des capacités olfactives et gustatives au sein de l'échantillon de l'enquête Aupalesens**. Quatre groupes sont identifiés : 42% des personnes interrogées ont des capacités dites préservées, 33% une sévère déficience gustative (goût salé), 21% une déficience chimiosensorielle (olfactive sévère et gustative) et 3% sont pratiquement anosmiques. Lorsque l'on compare les scores des personnes aux capacités préservées à un groupe de jeunes, une différence significative mais faible est mise en évidence, **ce qui confirme les différences de performances sensorielles entre les générations** présenté dans l'état de l'art (paragraphe 2.5 du chapitre 1). La grande variabilité des performances dans la population âgée permet d'expliquer pourquoi les résultats de la littérature ne concluent pas tous à un effet de l'âge : selon l'échantillon interrogé, et particulièrement quand les effectifs sont faibles, les travaux peuvent échouer à mettre en évidence une différence significative entre deux groupes de personnes âgées et jeunes (Lehrner et al. 1999; Methven et al. 2012).

Un résultat remarquable, parce que peu exploré dans la littérature (Lundström et al. 2012) est **l'indépendance entre déficiences olfactives et déficiences gustatives**. Les systèmes gustatifs, olfactifs et du trijumeau, qui correspondent à des récepteurs différents, envoient des signaux au cerveau à des zones du cortex différentes mais il existe des connections entre les zones où sont analysées les signaux sensoriels. L'élaboration d'une image globale de l'aliment est élaborée et plusieurs auteurs se sont demandé s'il y avait une plus ou moins grande sensibilité chimiosensorielle générale au niveau individuel. Les récents travaux de Lundström *et al.* sur un échantillon de personnes jeunes sembleraient montrer que non, et sont en accord avec nos résultats qui montrent que la gustation peut être altérée indépendamment de l'olfaction (Lundström et al. 2012).

D'après l'enquête AUPALESENS, l'effet de l'âge au sein d'une population âgée de plus de 65 ans ne concerne pas toutes les capacités sensorielles. Seules la détection olfactive (tests ETOC et MOT) et la catégorisation olfactive sont affectées par le vieillissement après 65 ans. **Un effet de la catégorie de dépendance, que nous associons à un état fonctionnel et de santé plus ou moins bon,**

est identifié pour la détection olfactive (test ETOC), pour la discrimination olfactive et la détection gustative. Ce serait donc une dégradation de l'état général du sujet qui serait associée à ces déclin olfactifs et gustatifs. Cette absence d'effet de l'âge sur la discrimination olfactive avait déjà été trouvée dans un échantillon de 95 personnes de 18 à 80 ans (Stuck et al. 2006). Les facteurs associés à l'état de santé impactant les capacités chimiosensorielles sont nombreux, et différents selon les individus (paragraphe 1 du chapitre 1). Au-delà du vieillissement des systèmes sensibles aux stimuli sensoriels et de leur transmission, certaines pathologies interfèrent et dégradent la situation. La dépression modifie la qualité de l'information olfactive, les odeurs désagréables étant mieux perçues que les odeurs agréables (Atanasova et al. 2010). L'impact des médicaments peut être assez important, et plusieurs auteurs ont recensé quelles molécules pouvaient impacter les perceptions (Schiffman 1997; Doty et al. 2004; Doty et al. 2008a; Imoscopi et al. 2012). Elsner, dans sa revue sur le comportement alimentaire du sujet âgé, tire la sonnette d'alarme au sujet du grand nombre de médicaments pris par les personnes âgées ayant des effets secondaires sur le goût et l'odorat mais aussi sur le moral et la cognition, et qui sont susceptibles de provoquer des interactions médicamenteuses (Elsner 2002). Les pertes cognitives interfèrent également de façon manifeste avec les perceptions sensorielles : le vieillissement du cerveau, la diminution du nombre de neurones conduisent à une moins bonne transmission et un plus mauvais traitement du signal (Elsner 2002). Les premiers signes des maladies neurodégénératives s'accompagnent d'une dégradation de l'identification des odeurs (Doty et al. 1987; Ross et al. 2008; Doty 2012). Quand ces maladies ne sont pas encore détectables par un test comme le MMSE, les performances sensorielles peuvent déjà être affectées. N'oublions pas à ce sujet que les personnes interrogées ont été incluses à partir d'un MMSE de 20, et que 19% des personnes interrogées avaient un score inférieur à 25 qui est la limite de la cognition normale. Ces dégradations des perceptions sensorielles associées aux pathologies expliquent pourquoi certaines capacités ne sont pas affectées par l'âge en tant que tel mais reliées au niveau de dépendance.

En bilan, la variabilité des capacités chimiosensorielles a trois origines :

- une origine individuelle, **liée aux capacités innées du sujet, et à son histoire personnelle** (Amoore et al. 1968; Marin et al. 1988). Des pathologies ORL, l'expérience d'un traumatisme crânien ou l'exposition à des polluants sont des facteurs qui peuvent expliquer une part de la variabilité au sein de la population jeune (Amoore 1986).
- une origine liée au **vieillissement des sens chimiques**, plus ou moins lente selon les personnes
- une origine liée à **la dégradation de l'état de santé et/ou de l'état cognitif**, que nous associons à la survenue de la dépendance, très variable selon les parcours individuels. Certaines pathologies entraînent la prise de médicaments ayant des effets secondaires sur le goût et l'odorat, et il est difficile de distinguer l'impact de la pathologie elle-même de celui des

médicaments, il est probable que les deux facteurs (pathologie et médicaments) jouent concomitamment. Ce n'est donc pas la dépendance, soit le fait de déléguer son alimentation, qui provoque la dégradation des perceptions chimiosensorielles, mais les facteurs qui entraînent la personne dans la dépendance qui provoquent en parallèle des pertes de capacités sensorielles.

Bien évidemment, la segmentation de la population telle que nous la présentons, même si c'est un progrès au regard d'une simple moyenne assortie d'un écart-type, n'est qu'une image simplifiée de la réalité. Au cours de sa vie, l'être humain est susceptible de rencontrer des milliers de molécules aromatiques, combinées en mélanges formant une seule image pour la personne. Par exemple, l'odeur de la fraise est composée de plus de 200 molécules différentes que le consommateur perçoit tout simplement comme « une odeur de fraise ». De même, les molécules sapides sont nombreuses. Chaque être humain dispose de 200 à 250 protéines au niveau des récepteurs olfactifs et environ 8000 bourgeons du goût dans la cavité buccale. Des facteurs génétiques, physiologiques, hormonaux et médicamenteux sont autant de sources de variabilité entre les individus (Bromley 2000; Doty et al. 2008a). Du fait de la multiplicité des stimuli et des récepteurs, l'utilisation de tests olfactifs et gustatifs, tels que présentés dans l'état de l'art et utilisés dans l'enquête, ne permet qu'approcher partiellement la sensibilité sensorielle de chaque individu. Les conditions expérimentales de l'enquête ont imposé de n'étudier que certaines capacités, et certains stimuli. **Est-ce vraiment prédictif des sensations perçues lors de la consommation d'un aliment ?** La complexité des sensations associées à la consommation, qui comprend apparence, odeurs, saveurs, arômes et sensations trigéminales (texture, astringence, température, piquant) stimule différentes zones du cortex et est perçue comme une image globale de l'aliment. Il est très probable que nos résultats ne reflètent qu'une part de la variabilité des perceptions sensorielles.

2. Quelle est la variabilité des préférences et des choix alimentaires au sein de la population âgée ? Quels outils pour les mesurer ?

Les préférences ont été abordées ici via ce que les personnes n'aiment pas manger (sélectivité), ce que les personnes aiment manger (styles) et ce que les personnes choisiraient pour un repas ordinaire idéal (menu). Il s'agissait d'observer dans un échantillon de personnes âgées d'âges et de niveaux de dépendance différents la variabilité des préférences alimentaires. L'objectif était de mettre à disposition des outils pratiques pour que les professionnels et les aidants puissent répondre aux attentes des personnes âgées quand il y a délégation culinaire. Le deuxième objectif était d'étudier les préférences pour évaluer si elles pourraient être associées à un risque éventuel de dénutrition.

L'existence d'une variabilité des comportements alimentaires au sein de la population est bien connue. **Les préférences évoluent tout au long de la vie**, et particulièrement dans l'enfance et la jeunesse. Dès les premiers jours, lorsque le bébé tète sa mère, l'acte alimentaire est associé au plaisir. Puis les proches, famille, amis, éducateurs, pairs aident à construire les préférences alimentaires. Fischler explique les dégoûts alimentaires par le principe d'incorporation : l'aliment passe les frontières entre le monde et le corps lorsqu'il est ingéré. La décision de consommer ou non un aliment est à la fois banale et source de conséquences ultérieures (Fischler 1990), et fait l'objet d'apprentissage, en particulier dans l'enfance. L'être humain apprend à apprécier de nouveaux aliments notamment lorsque leur dégustation est associée à des expériences positives (boire du café ou de la bière quand l'adolescent est considéré comme un « grand »), ou grâce à des expositions successives (Köster 2003). L'image sensorielle de l'aliment est marquée par le plaisir, c'est le « principe d'hédonisme » (Corbeau 2012). La théorie de l'habitus telle que défendue par Bourdieu, soutient que les différences de préférences et de choix alimentaires renvoient à des différences de représentation liées à des écarts de conditions de vie (classes sociales) (Moingeon 1993). Il en est conclu que ce qui est aimé serait en fait ce que l'on est habitué à manger, ce que sa classe d'origine consomme (Poulain 2011). Les choix et habitudes peuvent se modifier, notamment par assimilation, ou par adoption de nouvelles règles, comme celles promues par les nutritionnistes (Fischler 1990). Cependant, les comportements et les préférences sensorielles représentent deux concepts distincts : **les comportements reflètent ce qui est consommé alors que les préférences, ce que l'on aime manger**. Au-delà des préférences sensorielles, de nombreux facteurs notamment socio-économiques, culturels et d'éducation nutritionnelle influencent les choix alimentaires (Corbeau 2012).

Les travaux des sociologues nous permettent de ne pas perdre de vue que les pratiques alimentaires ne sont pas que des habitudes et comportements, mais aussi des pratiques sociales, des croyances et des représentations. Elles se construisent tout au long de la vie et sont le reflet de parcours et d'expériences individuels. Si les choix alimentaires se construisent tout au long de la vie, **la délégation culinaire est une rupture brutale qui bouleverse les habitudes**. La personne doit faire le deuil de ses habitudes alimentaires pour adopter celles proposées par la collectivité, **l'écart entre ce qu'elle aime manger et ce qu'elle mange s'accroît**. La Blanquette de l'établissement n'est plus celle qu'elle avait l'habitude de manger, même si c'est toujours de la Blanquette. Ce bouleversement peut être plus ou moins imposé et bien vécu (Alaphilippe et al. 2013) et peut même devenir un sujet de crispation et de revendication en EHPAD.

Les résultats présentés ici montrent comme pour les capacités sensorielles une grande variabilité au sein de la population interrogée.

Le **score de sélectivité**, qui explore les rejets, varie de 0 à 40, 50% des personnes ayant coché plus de 8 aliments dans la liste proposée. Quand une personne devient dépendante pour son alimentation, disposer de la liste des aliments qu'elle n'aime pas est un préalable pour établir ses menus.

La dépendance mais pas l'âge est aussi associée au caractère difficile, et nous pouvons nous demander si la délégation culinaire ne conduirait pas les personnes à rejeter plus d'aliments, probablement par un effet de lassitude par exemple (« j'en ai assez des carottes ! »). Une autre hypothèse peut également être établie : le caractère difficile est peut être un trait de personnalité ancien de la personne. Ce trait de personnalité l'aurait amenée à consommer un répertoire alimentaire réduit et peut-être déséquilibré conduisant à une santé plus fragile. Le lien entre diversité alimentaire et pathologies (cancer) et mortalité est en effet aujourd'hui bien établi (Kant et al. 1993; Fernandez et al. 1996). Seul un suivi de cohorte dans le temps permettrait de vérifier ces hypothèses. Enfin, un lien entre une plus grande sélectivité et un plus grand risque de dénutrition est établi : disposer d'un répertoire alimentaire réduit est un premier facteur de risque, il a un impact plus fort en EHPAD ou en portage de repas quand la personne ne peut pas substituer le plat qu'elle n'aime pas par ce qu'elle aimerait manger à ce moment-là. Il est donc très important **de repérer ces personnes sélectives dès que la délégation culinaire est mise en place**, afin qu'une attention toute particulière soit apportée à leur alimentation.

La variabilité se traduit aussi pour les aliments et menus préférés. Trois types de styles de mangeur et quatre types de menus du déjeuner ont été identifiés. Aucun d'eux n'est lié à un état nutritionnel plus à risque. Ceci est cohérent avec le fait que mesurer les préférences, ce n'est pas mesurer les comportements alimentaires.

Il est possible de rapprocher les styles de mangeur de la réflexion de Fischler sur les fonctions du culinaire. Partant du concept des « flavor principles » de Paul et Elizabeth Rozin, Fischler l'étend à l'ensemble du système culinaire. Il s'agit en fait du style de cuisine qui contribue à construire la familiarité et l'acceptabilité des mets (Fischler 1990). « L'identification culturelle » d'un aliment, c'est-à-dire le fait qu'il puisse être rattaché à une classification, des règles et des normes culinaires connues, permettrait d'autoriser son incorporation. Reconnaître son système culinaire rendrait l'aliment acceptable. Lorsque la personne doit déléguer la préparation des repas, il semble donc essentiel qu'elle puisse se rattacher à son propre système culinaire. Il nous semble raisonnable d'écrire que l'outil de mesure des styles utilisé dans nos travaux contribuerait à l'identifier. **Cet outil des styles a un caractère très opérationnel** pour les cuisiniers et les diététiciennes qui décident des menus car il associe à la fois des aliments (les oeufs sous toute leurs formes) et des modes de préparation (cuisine au beurre).

Les préférences alimentaires sont reliées à une notion de plaisir. Les neurosciences ont montré que le plaisir est une composante importante du comportement alimentaire (Berridge 2004;

Rolls 2010). L'aliment joue le rôle de récompense, et il a été prouvé chez le rat que plus la récompense est grande, plus la motivation pour l'obtenir est grande. Les neurosciences comportementales distinguent le « liking », qui est la réponse hédonique à une récompense, et le « wanting », qui est la valeur de motivation (incitative) de la même récompense. Les mécanismes cérébraux associés ne sont pas les mêmes (Berridge 2004). C'est le processus d'attribution d'une importance motivationnelle au stimulus qui fait que ce stimulus devient un objet de désir, et induit un comportement spécifique. Le « liking » et le « wanting » doivent être associés pour une récompense complète. Rolls, dans sa revue, confirme que les stimuli liés à la valeur hédonique des aliments se forment séparément des représentations de ce que sont ces stimuli (Rolls 2010).

La satisfaction que l'on a de ses repas et le plaisir de manger ont été mesurés dans nos travaux et varient selon les individus. Il est intéressant de se pencher à nouveau sur ce qu'explorent ces deux variables : satisfaction et plaisir.

Pour obtenir un score de satisfaction, la question suivante était posée : « que pensez-vous de vos repas ? » avec une échelle de « je n'aime pas du tout » à « j'aime beaucoup » en 5 points. C'est finalement une échelle très proche de l'échelle d'appréciation des produits testés et présentés dans le chapitre 4, où il est demandé de cocher la case correspondant le mieux à l'appréciation du produit de « je n'aime pas du tout » à « j'aime beaucoup » en sept points. Ces mesures peuvent être rapprochées des mesures de palatabilité (Sorensen et al. 2003), c'est pour moi la valeur hédonique du produit. Il serait intéressant dans de futurs travaux de tenter d'harmoniser la taille des échelles.

La mesure du plaisir de manger est extraite de l'échelle HTAQ « Health and Taste Attitude Questionnaire » (Roininen et al. 1999) et comprend 5 affirmations dont une évoque le plaisir de manger en général, les autres la qualité sensorielle des aliments (goût et apparence des aliments) et le plaisir que l'on en attend ou que l'on en tire,. Ces questions reflètent l'importance que le sujet donne à la qualité sensorielle des produits, et le plaisir qu'il associe à une bonne dégustation et qu'il recherche. Cette mesure couvre à la fois des dimensions anticipatoires, ressenties et mémorisées, elle approche d'après moi plutôt la motivation.

Le plaisir de manger n'est pas altéré par la dépendance. L'âge et la dégradation de la santé ne modifient pas la capacité à prendre du plaisir, qui recouvre le plaisir anticipatoire et ressenti pour un bon repas et de bons plats. En revanche, **le niveau de satisfaction est moins bon dès l'apparition de la délégation culinaire et est sensible au choix du menu préféré pour le déjeuner.** Alors que la satisfaction est plus faible chez les personnes dépendantes pour leur alimentation, et particulièrement en EHPAD, ceux qui préfèrent un menu « volaille et plats en sauce » gardent un bon niveau de satisfaction. Ceux qui choisissent un menu « poisson » ou « rôti » sont eux significativement moins satisfaits en EHPAD. L'entrée en dépendance signifie une perte de contrôle des actes quotidiens, un ensemble de contraintes subies qui peuvent même conduire à une

dépression dite institutionnelle (Alaphilippe et al. 2013). Ne pas pouvoir consommer régulièrement ses aliments préférés provoque probablement une frustration qui amène à une moins bonne satisfaction. Le fait que les moins satisfaits soient ceux qui choisissent les plats moins souvent proposés en collectivité comme le poisson ou le rôti, étaye cette hypothèse.

Comment pourrait-on améliorer le niveau de satisfaction lorsque la délégation culinaire intervient ? Deux leviers semblent accessibles selon les motivations des personnes. Lorsque les personnes âgées ont encore une capacité à prendre du plaisir de manger élevée, comme c'est le cas des personnes ayant un style « desserts et cuisine élaborée » et « du rôti, du vin et pas de dessert ! », ou encore pour le groupe ayant adopté un menu « rôti », ce sont probablement sur les **facteurs sensoriels** qu'il faudrait insister. D'après JP Corbeau, « le plaisir alimentaire, c'est la rencontre entre l'histoire du mangeur et celle du produit qui débouche sur une émotion gustative » (Corbeau 2012). Les personnes ont besoin de retrouver cette émotion gustative, leur « madeleine de Proust » qui leur apporte vraiment du plaisir. Quand cette madeleine est un rôti de bœuf saignant et bien tendre, elle est très rare en situation de restauration collective. Un travail est à faire au niveau du choix du menu, afin que chacun puisse trouver régulièrement son menu préféré, mais également au niveau de la qualité des produits eux-mêmes. Cette population de gourmets saura reconnaître la qualité de la matière première, notamment celle de la viande, mais aussi la qualité de la transformation culinaire. Pour ces personnes motivées par le plaisir de manger, il faudrait communiquer davantage également sur la qualité des produits et les recettes, comment ils sont travaillés par le cuisinier afin d'augmenter le plaisir anticipatoire. **Une optimisation à la fois organisationnelle et technologique est à trouver.**

Lorsque les personnes sont motivées surtout par une alimentation saine, le levier d'amélioration de la satisfaction est probablement plutôt de l'ordre **nutritionnel**. C'est le cas du groupe de style « poisson et légumes vapeur » et du groupe ayant choisi un menu « poisson ». Ces personnes ont à cœur de manger sain et équilibré et ont bien intégré les messages des campagnes nutritionnelles. Elles sont susceptibles de souffrir d'avoir trop souvent à leur goût des viandes en sauce, des produits riches en acides gras saturés, pas assez de poisson (« dit ») frais, de fruits ou de légumes vapeur. Pour elles, le choix du menu semble là aussi crucial. Mais il faudrait aussi pouvoir séparer la viande de la sauce, disposer de fruits à volonté, avoir plus régulièrement du poisson au menu, des recettes plus dépouillées type vapeur ou grillade, ... Une communication orientée nutrition/santé pourrait contribuer à l'amélioration de la satisfaction de ces personnes motivées par une alimentation saine. Là encore, **l'organisation et la technologie** doivent être au service des solutions à mettre en œuvre...

Une source de motivation probablement transversale à tous les sujets est le maintien d'une bonne **convivialité**, que ce soit avec le personnel, ou entre les résidents en EHPAD. La qualité de la relation avec le chef semble très importante. Les personnes âgées sont en effet très sensibles aux efforts qui

sont faits pour leur plaisir et savent le reconnaître. La relation entre ceux qui font la cuisine, et ceux qui la mangent est essentielle dans l'appréciation d'un repas. Cette relation est parfois inexistante quand il y a délégation culinaire, et notamment en cas de cuisine centrale ; il serait intéressant de pouvoir l'établir et la renforcer.

Lorsque la personne devient dépendante, il serait nécessaire de tenir compte de ses préférences et de ses rejets afin de **réduire le fossé entre ses attentes et les propositions de la collectivité**; les outils proposés ici pourraient y contribuer. **Ce sont des outils simples à mettre en œuvre**, qui ont fait la preuve de leur capacité discriminante et qui mériteraient de faire l'objet de plus d'investigation. Utilisés lors de l'entrée dans la dépendance, puis régulièrement ultérieurement, ils peuvent servir de guides pour l'établissement de menus. La mise au point de logiciels de menus intégrant les informations issues de la sélectivité, des styles et des menus serait très utile pour les professionnels de la restauration en EHPAD, hôpital gériatrique ou portage de repas.

Le type de menu proposé est donc bien un enjeu dans les EHPAD, car il doit répondre à des contraintes nutritionnelles, technologiques, réglementaires, financières tout en satisfaisant les résidents. Les arguments économiques et d'organisation sont toujours mis en avant pour justifier le menu imposé en EHPAD. Il serait pourtant pertinent et probablement possible d'offrir une carte avec plusieurs choix aux résidents, dans la mesure où c'est une pratique courante en restauration dans les lieux de travail et universitaires. Cette **offre variée** permettrait probablement de mieux répondre aux attentes des résidents et aurait également l'avantage de leur laisser un espace de choix dont ils sont privés aujourd'hui. Repenser la restauration en EHPAD devrait être un futur défi pour la profession.

3. Dans cette population, comment sont associés à l'état nutritionnel des facteurs de différents champs disciplinaires, incluant capacités et préférences sensorielles ?

La classification de l'échantillon AUPALESENS a mis en évidence sept groupes, trois dont la majorité a moins de 80 ans, quatre plus de 80 ans (chapitre 3). Ils sont associés à des poids différents sur cinq variables latentes regroupant des variables issues de champs disciplinaires différents. Ils ont été ordonnés par ordre décroissant de statut nutritionnel (MNA).

Avant 80 ans, les plus en forme sont ceux qui ont une bonne activité physique et un intérêt pour une alimentation saine et variée tout en gardant le plaisir de manger sans attitude de restriction (régime par exemple). Après 80 ans, même si les personnes sont plus fragiles, une vie sociale, une alimentation variée sans restriction, un plaisir de manger ainsi qu'une activité physique restent favorables au « bien vieillir ». Les plus grands facteurs de risque que nous avons identifiés sont les

difficultés à manger (liés à une mauvaise santé orale) et la dépression. Associés à un mauvais statut nutritionnel, ils précipitent les personnes dans une spirale négative délétère pour leur santé générale. La méthodologie de classification utilisée ici permet, non pas de trier l'information, mais de la ranger. Il est très intéressant d'étudier comment les variables issues de champs disciplinaires différents sont associées, et le poids de ces variables dans les groupes de sujets.

Trois variables de capacités sensorielles ont été conservées dans cette analyse : la détection gustative, la détection olfactive ETOC et la discrimination olfactive. Elles sont chacune rattachées à une variable latente différente : la détection gustative à « good health state », la détection ETOC à « depressed – low food enjoyment » (poids négatif) et la discrimination olfactive à « healty eating ». Leurs poids sur les variables latentes sont faibles. Ce poids faible indiquerait que, **même si les capacités sensorielles ont un rôle dans le statut nutritionnel des sujets, d'autres facteurs pèsent bien plus lourd, comme l'activité physique avec un impact positif, et la dépression et les difficultés à manger avec un impact négatif.** Il faut cependant aussi bien avoir à l'esprit que dans les méthodes de classification, tous les objets à classer sont finalement rattachés à un groupe (ou à plusieurs groupes avec des probabilités différentes, si on adopte une classification floue). Ainsi, il est possible que les variables liées aux capacités sensorielles aient un niveau de corrélation assez faible avec plusieurs variables latentes et qu'elles se trouvent rattachées à un groupe, plutôt qu'à un autre sans signifier un fort degré d'appartenance au groupe d'affectation. Lorsque le degré d'affiliation n'est pas important, cela se traduit par un poids assez faible de la variable pour la variable latente du groupe dans lequel elle est placée.

Ce n'est pas pour autant qu'il faut s'en désintéresser, et notamment ne pas examiner le lien entre capacités sensorielles, attitudes vis-à-vis de l'alimentation, préférences et statut nutritionnel au sein des groupes de sujets.

Les meilleurs scores olfactifs et gustatifs caractérisent le groupe le plus en forme, qui a le meilleur statut nutritionnel (cluster 1). Il regroupe des personnes qui ont du plaisir à manger, sont très satisfaites de leurs repas et aiment beaucoup la viande et les fruits. Ces personnes cumulent des facteurs favorables à une bonne santé future. Wilson *et al.*, dans un suivi de cohorte, ont montré effectivement que de bonnes capacités d'identification olfactive étaient reliées à un risque de mortalité plus faible de 36% par rapport à des sujets ayant des capacités faibles (Wilson *et al.* 2011).

Parmi les plus de 80 ans, les meilleurs scores olfactifs ne caractérisent pas le groupe dont le statut nutritionnel et les capacités physiques sont les meilleurs, mais celui qui est très impliqué dans son alimentation : tous les scores de plaisir de manger, d'intérêt porté pour l'impact santé de son alimentation, de comportement alimentaire soumis aux émotions ou à la restriction y sont élevés (cluster 5). Ce groupe conserve un état nutritionnel satisfaisant. Cependant, les scores gustatifs de ce cluster 5 sont les plus faibles de l'échantillon. Le cluster des plus de 80 ans qui sont les plus en forme

(cluster 4) ne se caractérise pas par de meilleurs scores olfactifs et gustatifs que les deux clusters dont le statut nutritionnel est fragilisé (clusters 6 et 7). **Finalement, les capacités olfactives sont davantage associées au plaisir de manger et à l'intérêt porté à son alimentation qu'au statut nutritionnel lui-même au-delà d'un certain âge.**

Il n'est pas neutre de constater que les scores d'appréciation pour la viande sont élevés dans les deux clusters ayant le meilleur statut nutritionnel dans leur classe d'âge. L'apport protéique chez la personne âgée est un enjeu majeur pour les nutritionnistes, et il est bien évident que le fait de continuer à apprécier une source importante de protéines qu'est la viande est favorable.

Les motivations différencient les groupes de façon assez claire : **motivation « plaisir »** plus marquée dans les clusters 1, 3, 4 et 5, **motivation « restriction »** pour le cluster 3, **motivation « santé »** pour les clusters 3 et 5. Il est intéressant de rapprocher la classification AUPALESENS à une approche sociologique qui a permis d'identifier des profils de mangeur chez les personnes âgées selon leurs valeurs, normes et comportements alimentaires (Wisner-Bourgeois 2007). Une étude qualitative conduite auprès de 55 personnes âgées de milieu rural ou urbain, dépendantes ou non a mis en évidence plusieurs styles de mangeur : un premier groupe pour qui l'alimentation est essentielle dans la vie quotidienne où l'on retrouve les gourmands, les femmes préoccupées par la diététique et la minceur et les personnes dont l'attention est polarisée par les régimes qu'elles suivent ; un deuxième groupe relativement indifférent à la nourriture, qui comprend des hyperactifs et des solitaires ; et enfin un dernier groupe de personnes déprimées qui ne mangent que par obligation (Wisner-Bourgeois 2007). Un parallèle entre les clusters identifiés dans l'enquête AUPALESENS et les groupes proposés ci-dessus est possible : on y retrouve en effet dans les deux approches les gourmands qui ont un grand plaisir de manger (clusters 1 et 4), les préoccupés par leur santé (cluster 3), les dépressifs qui ne portent pas d'intérêt pour leur alimentation (clusters 2 et 7). Cependant, l'échantillon AUPALESENS montre que le découpage n'est pas si simple comme l'illustre le cluster 5 qui regroupe des personnes qui sont à la fois gourmandes (plaisir de manger élevé) et préoccupées par l'impact santé de leur alimentation. Le mangeur est notamment dans un constant paradoxe entre ce qui est bon pour la santé et ce qui lui fait plaisir, aggravé par le fait que le « bon pour la santé » repose sur des discours nutritionnels différents. Lorsque les préférences rejoignent naturellement les recommandations nutritionnelles, le paradoxe est résolu et l'enquête AUPALESENS montre de meilleurs indicateurs santé pour ces personnes. **Les résultats d'AUPALESENS illustrent également que garder un fort intérêt pour son alimentation, que ce soit par plaisir ou pour des préoccupations santé est positif et semble associé à de meilleurs statuts nutritionnels.**

Les résultats tendraient à prouver que **si des bonnes capacités sensorielles pourraient être éventuellement un signe d'un bon état de forme chez les jeunes seniors de moins de**

80 ans, au-delà, d'autres facteurs sont largement dominants pour expliquer une plus ou moins grande dégradation du statut nutritionnel, comme être dépressif ou avoir des difficultés à manger. En revanche, il faut remarquer que les deux clusters les plus en forme dans leur tranche d'âge (1 et 4) sont ceux qui ont du plaisir à manger, sont satisfaits de leurs repas, aiment beaucoup la viande et bien les fruits. Un intérêt marqué pour son alimentation semble contribuer au maintien du statut nutritionnel du cluster 5. Ce sont ces dimensions qu'il faut donc préserver et motiver autant que possible lors du vieillissement.

4. Quelle est la meilleure stratégie sensorielle pour améliorer des produits pour des personnes âgées dont les capacités sensorielles sont altérées ?

La diminution des capacités sensorielles et de l'appétit constatée chez la personne âgée a motivé des travaux de recherche visant à modifier les qualités organoleptiques des produits depuis la fin des années 1980. Les chercheurs se sont demandé si les produits étaient moins appréciés des personnes dont les capacités chimiosensorielles étaient altérées, et si pour ceux-là, un renforcement de saveur ou d'arôme était nécessaire. De nombreux travaux ont simplement comparé les réponses hédoniques de jeunes adultes et d'adultes âgés, faisant l'hypothèse que ces derniers étaient moins sensibles que les plus jeunes. Ces méthodologies négligent deux effets majeurs. Le premier est l'effet de la génération qui peut expliquer le niveau des préférences pour tel ou tel aliment et sa qualité. Le deuxième est l'effet des capacités sensorielles, l'échantillonnage pouvant conduire à comparer deux sous-populations de niveaux de perceptions équivalentes : des jeunes peu sensibles avec des âgés très sensibles pour leur âge. La méthodologie mise en œuvre ici nous affranchit de ces deux risques, les scores d'appréciation étant comparés au sein d'une population âgée, entre les plus sensibles et les moins sensibles, et selon des segments de préférence homogènes.

Malgré ce dispositif, **nos résultats ne soutiennent pas l'hypothèse selon laquelle de faibles capacités sensorielles conduiraient à préférer systématiquement des variantes renforcées en saveurs ou en arômes.** Si cette option peut fonctionner lorsque l'aliment est simple et plutôt fade (purée de bœuf-carottes), elle n'est pas pertinente pour un aliment complexe comme une blanquette de veau. Nous n'observons pas non plus que **les sujets les moins sensibles feraient moins de différences hédoniques entre les produits.**

Il est possible **d'interroger la pertinence des tests** utilisés pour évaluer les capacités sensorielles des sujets. Ils ont fait leurs preuves dans l'enquête AUPALESENS pour discriminer les sujets. Mais sont-ils prédictifs des sensations perçues lors de la consommation d'un aliment ? Plusieurs éléments pourraient expliquer que les tests utilisés ne seraient pas assez prédictifs des sensations perçues : présentation d'odeurs seulement alors que les arômes sont perçus par voie rétro-nasale et multiplicité des molécules sapides et aromatiques ont déjà été discutés dans le paragraphe 2.5 du

chapitre 1. Par ailleurs, la texture compte beaucoup dans la perception, et peut être de particulière importance pour ceux qui ont des difficultés à mâcher ou des douleurs orales (Szczeniak 2002)(voir paragraphe 3.3.3 du chapitre 4). La texture joue aussi un rôle dans le relargage des molécules, particulièrement aromatiques, le réseau piégeant les molécules, et les libérant au fur et à mesure de la manipulation du produit en bouche (Taylor et al. 1996; Lawrence et al. 2012). Par ailleurs, du fait de ce piégeage et des propriétés intrinsèques des molécules aromatiques (poids moléculaire), la séquence des sensations varie entre les produits et entre les sujets. Les tests mis en œuvre dans les différents travaux et les nôtres pourraient être impuissants à détecter les modifications des sensations associées à la dégustation des aliments et en particulier des distorsions de perceptions (Mattes 2002).

L'absence de lien entre perceptions sensorielles et appréciation hédonique de produits renforcés en arômes ou en composés sapides commence à être aujourd'hui bien étayée, dans les conditions d'évaluation actuelle des capacités sensorielles (Koskinen et al. 2003a; Forde et al. 2004; Kremer et al. 2007a). Les chercheurs ont souhaité expliquer pourquoi ils échouaient à établir un lien entre perceptions sensorielles et évaluation hédonique. L'hypothèse est que la baisse des perceptions étant progressive, elle serait indétectable. Les personnes s'habitueraient petit à petit à moins sentir les qualités organoleptiques des produits, leur appréciation hédonique ne serait ainsi pas modifiée. Des travaux sur les mémoires sensorielles montrant qu'elles sont relativement bien préservées avec l'âge soutiendraient cette hypothèse (Møller et al. 2004; Møller et al. 2007; Sulmont-Rossé et al. 2008). L'idée serait que l'image hédonique mémorisée pour le produit serait stable (Elsner 2002; Kremer et al. 2007b; Kremer et al. 2014) et par conséquent que les préférences seraient elles aussi stables dans le temps.

Faut-il pour autant renoncer à vouloir augmenter l'appréciation que les personnes âgées ont pour les produits ? Nos résultats montrent que non, mettant en évidence que **les sujets sont sensibles aux différences entre les produits, quelles que soient leurs capacités sensorielles, et que certaines stratégies sensorielles peuvent se révéler pertinentes. Toutes les variantes sans sel ont été peu appréciées**, et il est fortement recommandé de cuisiner avec un niveau de sel standard, même en EHPAD, afin d'éviter de dégrader la satisfaction des résidents. **Si un produit est fade**, comme l'était la purée de bœuf-carottes dans notre étude, **un renforcement des saveurs a été apprécié par tous les sujets**. Si la flaveur d'un produit est d'une **qualité standard** comme l'était la blanquette de veau, **l'amélioration du produit dans toutes ses dimensions, notamment au niveau de la texture et de la qualité de la viande est positive pour tous**. Les résultats de la crème dessert sont moins clairs, les variantes modifiées, qu'elles soient renforcées en arômes ou en saveurs, ou améliorées, ne font pas consensus dans notre échantillon. L'amélioration n'a pas permis non plus d'obtenir de meilleures notes que le témoin. Les résultats des variantes

renforcées peuvent s'expliquer probablement par le fait qu'une seule intensité de renforcement, et non une gamme, a été testée pour chaque dimension sensorielle. Il est probable que nous avons échoué à identifier l'optimum de saveurs ou d'arômes qui aurait plu aux sujets. En effet, il a été montré que la réponse des sujets à l'intensité des saveurs n'est pas linéaire, il en faut « ni trop, ni trop peu » (Murphy et al. 1986). Peut-être les variantes testées étaient-elles dosées au-delà de l'optimum.

Il faut aussi garder à l'esprit que chacun détermine ses préférences en donnant plus ou moins d'importance aux différentes dimensions sensorielles. Lors de la consommation du produit, tous les sens sont sollicités et c'est l'ensemble des sensations qui est lié au jugement de valeur (Giboreau 2012). La segmentation illustre la grande variété des réponses des sujets, chaque segment appréciant les produits en privilégiant certains critères plutôt que d'autres. La texture peut être un élément déterminant de la préférence, comme l'illustre la hiérarchie des produits dans les classes de consommateurs CD1 et CD3 (cf paragraphe 4.3.4 du chapitre 5). **Cette dimension de texture est particulièrement importante dans un produit complexe comme un plat de viande et légumes cuisinés.**

Compte-tenu de la variabilité des préférences qu'illustre la segmentation, **il est toujours difficile de développer un produit consensuel.** C'est aussi pourquoi le travail qui porte sur l'amélioration simultanée de plusieurs dimensions sensorielles est positif, il permet de répondre à plusieurs types d'attentes. Ces variantes améliorées apportent peut-être aussi plus de complexité sensorielle qui serait appréciée par les sujets, les travaux sur **la complexité sensorielle montrant l'intérêt de l'augmenter un peu pour améliorer la note hédonique** (Lévy et al. 2006). Ces résultats sont en accord avec les travaux menés par Claire Sulmont-Rosse dans le « Work Package 3 » d'AUPALESENS sur les conditions des repas en EHPAD. Parmi les pistes testées, deux voies ayant une composante sensorielle ont été positives sur l'appréciation et la prise alimentaire. Il s'agit de la présentation de deux légumes au lieu d'un, et de la possibilité d'utiliser une variété de condiments. Dans les deux cas, la complexité sensorielle a été augmentée et la personne âgée a eu plus de choix sensoriels.

Tous les leviers sensoriels sont à envisager pour maintenir le plaisir lors des repas en EHPAD : l'anticipation du plaisir par une bonne communication sur les menus et la préparation des repas, la qualité des plats dans toutes leurs dimensions sensorielles, mais aussi la présentation de l'assiette, la possibilité d'assaisonner à son goût, la façon dont la table est dressée. Ajoutés à une bonne convivialité, ces facteurs pourraient contribuer à améliorer la satisfaction des résidents.

Il est probable qu'il n'y a pas d'intérêt à développer des produits spécifiquement pour les personnes ayant des capacités sensorielles altérées (Mojet et al. 2005), l'effet des habitudes alimentaires semblant prévaloir sur l'effet des capacités sensorielles (Sulmont-Rossé et al. 2010). En revanche, **il reste pertinent d'améliorer les produits en cherchant un optimum consensuel pour la**

population âgée qui est toujours sensible aux différences de qualité entre les produits.

Cette recherche n'est pas simple. La grande variabilité des préférences que nous avons pu constater en testant cinq variantes pour trois plats ou desserts montre qu'il est difficile de mettre au point un produit amélioré qui soit consensuel pour tous.

5. Analyse critique et perspectives

Comme nous l'avons exprimé tout au long de la discussion, des améliorations pourraient être proposées pour des travaux futurs. Nous nous limiterons ici aux principales limites de notre travail.

La première critique que nous pouvons formuler est que **nous n'avons pas suivi une cohorte** dans le temps et qu'une analyse à un temps t ne permet pas de montrer des liens de cause à effet. Il serait vraiment passionnant de suivre les groupes de sujets de moins de 80 ans identifiés dans le chapitre 3. Le groupe 4 des plus de 80 ans les plus en forme est-il le futur du groupe 1 des plus jeunes dont les indicateurs santé et plaisir de manger sont favorables ? Est-ce que le groupe 2 de personnes montrant une diminution du lien à l'alimentation sera similaire au groupe 7 de personnes dépressives et désintéressées de leur alimentation ? Le groupe 3 préoccupé par une alimentation saine mais ayant un comportement de restriction deviendra-t-il comme le groupe 5 dont le statut nutritionnel est resté relativement favorable ? De même, les capacités sensorielles qui diffèrent entre les groupes des moins de 80 ans sont-elles prédictives d'une dégradation de l'état nutritionnel ?

La deuxième limite est probablement que les **tests sensoriels échoueraient à être prédictifs de la perception globale des aliments**. Etant limités à certaines capacités et surtout certaines molécules, les tests peinent à couvrir l'amplitude très large des perceptions sensorielles. Le plaisir et le vécu- l'expérience du sujet sont probablement des variables prioritaires à mesurer. Mais sommes-nous capables de le faire de façon fidèle ?

La troisième limite est enfin que nous **n'avons testé que deux plats et un dessert**, alors que le champ des produits composant les menus est immense.

Ces limites sont bien évidemment liées aux moyens dédiés à la recherche, les dépasser demanderait la mise en place de dispositifs expérimentaux plus lourds, plus longs et plus coûteux.

Nos résultats ouvrent vers des pistes de recherche futures. J'aimerais en présenter cinq :

La première serait de travailler encore **les tests sensoriels** pour qu'ils soient **plus représentatifs** et relier leurs résultats à des perceptions effectives des aliments.

La deuxième ouvre vers **la compréhension des leviers du plaisir de manger, et de leur hiérarchie**. L'outil utilisé ici est très global, et ne détaille pas les dimensions qui contribuent au plaisir de manger : notamment la perception du contexte du repas, l'appréciation des menus proposés et la perception des aliments. Comment chacune de ces dimensions joue et interfère avec

les autres ? Quel sera l'impact des générations dans les résultats que nous obtiendrons dans le futur ?

La troisième s'intéresse au **caractère plus ou moins difficile des sujets pour leur alimentation**. Est-ce que la sélectivité alimentaire est un trait de personnalité ancré chez le sujet qui le conduit à une moins grande variabilité alimentaire et à une dégradation du statut nutritionnel ou est-ce que la délégation culinaire rend plus sélectif ?

La quatrième porte sur **la prise en compte de la complexité du produit** et son impact sur sa valeur hédonique et la façon dont il doit être amélioré. C'est probablement aussi un enjeu pour les aliments à texture modifiée. Serait-il possible de maintenir de la complexité quand le produit est mixé ?

Enfin, un gros travail est à mener sur **la restauration collective pour la personne âgée**, qu'elle s'entende à domicile ou en EHPAD. L'organisation, l'intégration des attentes individuelles et la possibilité de choix de plats, d'horaires, de modes de cuisson, les relations entre le cuisinier et le consommateur, les menus, que ce soit leur diversité et l'équilibre de matières premières coûteuses ou moins pour mieux répondre aux exigences de qualité, les technologies de cuisson et de maintien en température, sont autant de champs qui devraient être explorés.

Ces pistes de travail s'adressent à la fois à la communauté scientifique, aux professionnels de l'agro-alimentaire et de la restauration collective ainsi qu'aux professionnels des services aux personnes âgées (EHPAD ou portage à domicile). Travailler ensemble semble une clef pour progresser de façon efficace sur ces sujets.



Conclusion

La problématique posée est la suivante : *Quelle est la variabilité des capacités sensorielles et des préférences alimentaires au sein d'une population âgée de niveaux de dépendance et d'âges variés et comment est-elle reliée au statut nutritionnel et à l'appréciation des produits?* En répondant à chacune des questions de recherche, nous avons pu conclure que l'on ne peut pas établir de généralités sur la personne âgée, ni sur la population des personnes âgées, compte-tenu d'une forte variabilité. Les médecins et soignants le savent bien ; chaque cas est particulier et doit être traité comme tel. Si la population jeune est déjà variable, lorsqu'elle vieillit, les parcours de vie ajoutent encore à cette variabilité. Cependant, les outils statistiques de classification permettent de simplifier l'information en dégagant des profils relativement homogènes au sein de la population étudiée. C'est ainsi que nous avons pu identifier quatre groupes pour les capacités chimiosensorielles, montrant que l'altération des capacités gustatives et olfactives ne concernait que 57 % des sujets au global, 65% des sujets vivant à domicile mais dépendants pour leur alimentation, et 82% de ceux résidant en EHPAD. Cette altération est liée à l'âge et aux pathologies associées à la dépendance, et est donc plus présente chez les personnes plus âgées et plus dépendantes.

Les préférences et les rejets sont aussi très variables au sein de la population âgée, et il semble à première vue complexe d'y répondre dans un système collectif. La sélectivité doit être un critère d'alerte lors de la mise en place de la délégation culinaire, et l'alimentation des personnes sélectives doit être particulièrement surveillée. En effet, les personnes difficiles pour leur alimentation sont plus à risque de dénutrition que les autres. Les styles de mangeur et les menus préférés sont également variables, et peuvent conduire à une satisfaction plus ou moins dégradée chez les personnes dépendantes. Ils ne sont pas liés au statut nutritionnel. Une meilleure prise en compte des préférences et des rejets et une plus grande possibilité de choix paraissent nécessaire.

Dans toutes les revues bibliographiques portant sur le comportement alimentaire ou l'anorexie de la personne âgée, la baisse des capacités sensorielles est identifiée comme un facteur de risque de dénutrition. La méthodologie originale de traitement de nos données permet de regrouper simultanément les variables autour de variables latentes, et les individus en groupes, et de simplifier l'information foisonnante recueillie dans l'enquête. L'objectif était d'identifier les groupes de personnes à risque de dénutrition et les facteurs de risque associés. Seul un suivi de cohorte sur une longue durée permettrait de vérifier quels facteurs interviennent les plus précocement. Dans le cas d'une enquête comme la nôtre, la méthode statistique mise en œuvre permet néanmoins de mesurer le poids des facteurs dans la dénutrition. Un bon score nutritionnel est associé à des capacités motrices préservées (score SPPB) et/ou au fait de faire attention à avoir une alimentation saine. En l'absence de pathologie aiguë, un mauvais état nutritionnel est associé à la dépression ou à des

difficultés à manger, ce sont deux facteurs très importants à dépister pour prévenir la dénutrition. Là encore, une politique de prévention serait pertinente chez les jeunes seniors : détection et prise en charge de la dépression, attention particulière portée à la santé orale. Une politique curative chez les plus de 80 ans est indispensable. Parmi la population des très âgés, les plus dépendants et les moins en forme sont ceux qui sont les plus déprimés, les plus difficiles, qui ont des capacités sensorielles diminuées, qui ont le plus de difficultés à manger, dont la perception de l'alimentation est dégradée et dont les scores d'appréciation des produits sont plus faibles. La qualité de l'alimentation est majeure pour ces groupes à risque de dénutrition. Au-delà des variables classiques de santé et de capacité fonctionnelle, sont associées au statut nutritionnel des variables psychologiques, de perception de l'alimentation, de préférences, de comportement alimentaire et de perception sensorielle. Les perceptions sensorielles ont un poids faible dans les variables latentes, mais jouent probablement un rôle dans le maintien du lien que la personne garde pour son alimentation, et notamment le plaisir de manger.

Le niveau de satisfaction que les personnes ont pour leurs repas, ou pour les produits que nous leur avons proposés ne dépend pas des capacités sensorielles mais des préférences. La délégation culinaire provoque une baisse de la satisfaction qui est probablement liée à un ensemble de facteurs comme la qualité des plats, la qualité du contexte, et le fait de ne plus décider de son alimentation. Pour améliorer ce niveau de satisfaction, l'amélioration de la qualité sensorielle est un levier important, particulièrement pour ceux qui ont gardé du plaisir à manger, mais qui ne suffira pas à lui seul. Laisser du choix, que ce soit dans les menus, les convives ou les horaires de repas, qui permettrait de laisser s'exercer une capacité décisionnelle, prendre l'avis des résidents ou des clients du portage, pourraient être autant de mesures bénéfiques. Repenser globalement l'organisation et les aspects techniques de la préparation des repas et leur service semble l'étape nécessaire qui nous attend pour franchir un pas significatif.

Les personnes âgées sont peu satisfaites de leurs repas quand ils sont délégués, et n'apprécient pas les produits fades. Même les personnes moins sensibles sont capables de discriminer des produits de qualité différente et de reconnaître des améliorations qualitatives. Les préférences pour les produits testés sont variables comme a pu l'illustrer la segmentation dans le chapitre 4. Il n'en reste pas moins possible de proposer des améliorations consensuelles. Raisonner les plats et repas délivrés aux personnes âgées en terme de qualité sensorielle tout autant que nutritionnelle devrait être systématique.

Plusieurs méthodologies ont été proposées ici qui peuvent contribuer positivement à améliorer la satisfaction des personnes âgées :

- Tout d'abord, le repérage des préférences et des rejets via le questionnaire des styles, qui renseigne sur le type de cuisine apprécié, le choix des menus, qui indique quels menus il faudrait présenter a minima une à deux fois par semaine, le questionnaire de sélectivité, qui

fournit à la fois une liste d'aliments à ne pas proposer, mais aussi un indicateur d'alerte sur un facteur de risque de dénutrition. Il faut être particulièrement vigilant avec les personnes difficiles pour leur alimentation, pour être capable de leur proposer les produits qu'elles apprécient.

- La méthodologie de mesure hédonique permet d'identifier les recettes préférées et la segmentation des préférences.
- Le processus de développement des produits, partant des attentes des consommateurs âgés, et visant à améliorer tous les défauts identifiés lors de ces premières dégustations, sécurise le travail sur les recettes en l'orientant vers des produits qui ont plus de chances d'être appréciés. Ces méthodes ne sont pas très complexes à mettre en œuvre. Elles pourraient s'envisager en EHPAD, ou même à domicile, afin d'orienter le travail du cuisinier.

L'amélioration des recettes permet d'augmenter le score d'appréciation. Nous pouvons considérer que c'est déjà une amélioration en soi. Ces produits ont été testés au cours de repas en EHPAD dans la suite du projet AUPALESENS menée par Virginie Vanwymelbeke. Ils ont obtenu de bons scores d'appréciation, ce qui valide la pertinence des premiers résultats obtenus et ont permis une augmentation significative de la prise alimentaire. Cet effet sur la prise alimentaire, bénéfique pour l'état nutritionnel des sujets, permet de valider le postulat que je souhaitais défendre : au-delà des apports nutritionnels, et même si les personnes âgées ont perdu des sensibilités sensorielles, travailler sur la qualité organoleptique globale des produits est une voie pertinente en faveur d'un bon état nutritionnel. Cet effet bénéfique pour l'état nutritionnel va de pair avec une plus grande satisfaction, et c'est un premier pas pour que le repas redevienne un moment de plaisir, comme cela devrait toujours l'être.



Table des illustrations

Figure 1 Pyramide des âges en 2007 et en 2060	24
Figure 2 Problématique de la thèse	46
Figure 3, Schéma général de la thèse et plan du manuscrit	49
Figure 4 échelle d'efficacité de la mastication	56
Figure 5. Relationship between age and the odour detection score (2.a) and the odour categorisation score (2.b) for each gender (Monadic Olfactory Test). F ratios: * $p < .05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$	76
Figure 6. Relationship between age and the short ETOC score (3.a), the taste detection score (3.b) and the odour discrimination score (3.c) for each dependency category. F ratios: (*) $p < .10$; * $p < .05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$	77
Figure 7 Distribution of selectivity scores within the whole panel.	90
Figure 8 Selectivity score : Boxplot with outliers for each dependency category	91
Figure 9 Regression lines between MNA score and selectivity score by dependency category (a) and eating difficulties level (b).	93
Figure 10 Hypothetical pathways between food selectivity, eating difficulties and malnutrition risk.	95
Figure 11 , Répartition de l'échantillon selon l'accord ou le désaccord à la question de style	102
Figure 12 moyenne des scores par item de style de mangeur, pour chaque groupe de style ($P < 0,05$)	104
Figure 13 Satisfaction pour les repas selon la catégorie de dépendance et le groupe de menu	116
Figure 14. Latent dimensions	135
Figure 15. Distribution of each cluster on 5 latent dimensions and age	139
Figure 16 Schéma d'organisation du work-package 2 d'Aupalesens	159
Figure 17 Hedonic scale developed in the AUPALESENS program.	170
Figure 18 Discrimination and inter-session repeatability	171
Figure 19 Distribution of differences between A1 and A2 liking score for each group (session 1).	172
Figure 20: Scale use and boredom	172
Figure 21 Scores d'appréciation par maquette et par produit sur l'ensemble des sujets	195
Figure 22 Segmentation des scores d'appréciation centrés par sujet	198
Figure 23, capacités sensorielles mesurées dans l'étude des produits (n=166) et dans l'enquête (n=559) (taux de réussite aux quatre tests)	209
Figure 24, Boîtes à moustaches des scores sensoriels selon le type de sujet	210
Figure 25. Comparaison des scores d'appréciation au score du témoin et des scores sensoriels au score moyen par classe. Bœuf-carottes.	213
Figure 26. Comparaison des scores d'appréciation au score du témoin et des scores sensoriels au score moyen par classe. Blanquette de veau	214
Figure 27. Comparaison des scores d'appréciation au score du témoin et des scores sensoriels au score moyen par classe. Crème dessert	215

Figure 28. Moyennes des écarts des variantes renforcées en saveurs, en arômes ou changées pour la texture par rapport au témoin en fonction des capacités sensorielles (seuls les écarts significativement différents entre les classes de préférence sont présentés ici).....220

Figure 29. Moyennes des écarts des variantes améliorées par rapport au témoin en fonction des capacités sensorielles (seuls les écarts significativement différents entre les classes de préférence sont présentés ici)221

Table des tableaux

Tableau 1 Description de l'échantillon et des catégories de dépendance	58
Tableau 2. Stimuli of the Monadic Olfactory Test.	67
Tableau 3. Stimuli of the odour discrimination test	68
Tableau 4 Description of the elderly sample according to the level of dependence	71
Tableau 5 Pearson's correlations between the sensory scores	72
Tableau 6. Segmentation of the sample of elderly people according to chemosensory performances.	72
Tableau 7 Descriptive characteristics of the clusters	74
Tableau 8. Impact of age, gender and dependency category on chemosensory performances.	75
Tableau 9 Questionnaire des styles de mangeur	100
Tableau 10, Caractéristiques des groupes de styles de mangeurs	105
Tableau 11. Carte du menu à choisir	111
Tableau 12 , Pourcentage de personnes du cluster (en colonne) qui choisissent le plat	113
Tableau 13 Caractérisation des quatre groupes de menus de déjeuner	115
Tableau 14. Choix du menu préféré pour le déjeuner par les groupes de styles de mangeur	122
Tableau 15. Profiles of socio-demographic characteristics by cluster (all differences are significant at $P < 0.05$)	140
Tableau 16. Active significant variables discriminating clusters ($P < 0.05$) (for quantitative variables mean and (SD) are given, according to the groups of means from LSD tests)	141
Tableau 17 Experimental design.	169
Tableau 18 Cahier des charges du développement des maquettes. Une croix indique que la variante est prévue pour la recette.	188
Tableau 19 Réalité sensorielle des maquettes d'après les profils sensoriels (une croix indique que l'objectif est atteint)	190
Tableau 20, Codage des maquettes	191
Tableau 21. Concentrations en sucre des solutions du test gustatif sucré	193
Tableau 22. Part des sujets autonomes ou dépendants par classe de préférence (en %)	199
Tableau 23, Scores d'appréciation ordonnés par classe	200
Tableau 24, Probabilités $< 0,05$ associées aux effets des capacités sensorielles sur l'écart de score d'appréciation avec le témoin	218
Tableau 25, Résultats des traitements statistiques visant à relier scores d'appréciation des variantes renforcées aux scores sensoriels	223



ANNEXES

Annexe 1 Revue bibliographique des travaux impliquant la mesure de seuils de détection olfactive

Auteurs	Mesures	Sujets	Méthodes	Odorants	Résultats comparés aux jeunes	Objectifs de l'étude
(Kimbrell et al. 1963)	Seuil de détection	4 groupes d'âge dont un de 60 à 69 et un de plus de 70	Méthode ascendante à choix forcé	n-butanol Iso-amyl acétate	Augmentation des seuils	Effet de l'âge sur les seuils
(Venstrom et al. 1968)	Détection	97 personnes dont 62 de 40 à 70ans	Procédure à choix forcé	18 odorants dont 10 acides gras	Effet âge pour 15 odorants sur 18	Effet de l'âge, du genre et du tabac sur les seuils
(Schiffman et al. 1976)	Seuil de détection	20 personnes âgées (m=81,4 ans) 8 jeunes (m=21,9 ans)	Test triangulaire	9 odorants	Augmentation des seuils	Effet de l'âge sur les seuils
(Murphy 1983)	Seuil de détection	20 (18-26) 20 (>65, m=75)	Méthode des pas d'escalier	Menthol	Augmentation des seuils	Effet de l'âge sur les seuils, l'intensité perçue et l'appréciation
(Stevens et al. 1987)	Seuil de détection Correspondance des grandeurs (magnitude matching) identification	20 (18-24) 20 (70-90)	Seuil : Méthode des limites ascendantes (à choix forcé) Pour l'identification : libre puis choix forcé	3 odorants pour les seuils : Iso-amyl butyrate D Limonène Benzaldéhyde 30 odorants pour l'identification	Augmentation des seuils Test de correspondance corrélé aux seuils Moins bonne identification	Effet de l'âge sur les seuils, les grandeurs et l'identification
(Stevens et al. 1993)	Seuil de détection	12 (19-26) 12 (69-91)	Seuil : méthode des pas décroissants 8 répétitions /sujet	n-butanol	Augmentation des seuils	Variabilité des seuils

Auteurs	Mesures	Sujets	Méthodes	Odorants	Résultats comparés aux jeunes	Objectifs de l'étude
(Duffy et al. 1995)	Seuil de détection Identification	80 femmes autonomes (>65)	Méthode des limites ascendantes	Butanol (seuil) 7 odorants (identification) Arôme orange (seuil voie rétronasale)	. Odeurs : 4 anosmies, 15 hyposmies sévères, 30 hyposmies modérées, 31 olfaction normale . Arôme : 29 seuils élevés, 24 seuils moyens, 23 seuils bas . Corrélation modérée entre performances orthonasales et rétronasales (r=0,4) . 46 personnes ont une baisse sévère de l'olfaction	Lien entre olfaction et état nutritionnel
(Griep et al. 1997a)	Seuil de détection	171 autonomes (53-86) m=66 ans	Méthode des limites ascendantes	Isoamyl acétate	Effet de l'âge et effet de la santé générale	Lien entre olfaction et âge, santé, mesures anthropométriques et santé buccale
(Duffy et al. 1999)	Expé 1 : mesure du seuil de détection Expé 2 : mesure du seuil de détection et identification	Expé 1 : 21 jeunes (18-32) (m=24) 28 âgés (63-93) (m=74) Expé 2 : 73 femmes âgées (65-93) (m=76)	Seuil : méthode des limites ascendantes	Expé 1 : Seuil Arôme dans une base de gélatine sucrée Expé 2 : Seuil : 1 butanol Identification : 7 odorants	Effet de l'âge sur les seuils Corrélation entre perception de l'arôme et perception des odeurs Influence négative du port d'un dentier sur la perception rétro nasale	Lien entre perception ortho nasale, rétro nasale et le port d'un dentier

Auteurs	Mesures	Sujets	Méthodes	Odorants	Résultats comparés aux jeunes	Objectifs de l'étude
(Lehrner et al. 1999)	Seuil de détection Identification Mémorisation	137 (4-90) dont 18 >64 ans	Méthode des pas d'escaliers croissants	n-butanol (seuil) 20 odorants (identification, mémorisation)	Pas d'effet d'âge pour le seuil (P=0,06) Effet de l'âge pour identification et mémorisation	Lien entre différentes capacités olfactives
(Kobal et al. 2000)	Seuil de détection Discrimination identification	Panel 1 :966 en bonne santé Panel 2 : 70 anosmiques	Sniffin' sticks Méthode pas d'escaliers single-staircase, triple-forced choice procedure	n-butanol (seuil) 16 odorants : Test triangulaire (discrimination) Et choix parmi 4 descripteurs (identification)	Performances plus faibles chez les âgés	Fournir des données de références pour les tests sniffing-sticks selon l'âge
(Elsner 2001)	Seuil de détection Reconnaissance et discrimination Identification	21 centenaires 101-115 (m=105)	Seuil : 2 AFC ascendant Reconnaissance : 1 parmi 4 Discrimination : test par paire (n=10) Identification : choix d'une odeur dans une paire (n=10) correspondant au descripteur annoncé	Alcool phenethyl Menthol	Pas d'effet d'âge Seuil de l'alcool phénil-éthylque plus faible qu'attendu 67% des répondants reconnaissent les odeurs Discrimination : entre 40 et 70% de bonnes réponses	Performances olfactives des centenaires
(Young Kim et al. 2003)	Seuil de détection Seuil d'identification	41 femmes (61-81) (m=73) 41 femmes jeunes (21-27) (m=24)	Présentation des odorants à concentrations croissantes	Alcool phenyléthyl Methyl cyclopentenolone Acide isovalérique Undécalactone Skatol	Augmentation des seuils de détection et d'identification /jeunes Seuils plus élevés pour les plus de 75 ans que pour les 61-74	Lien entre fonction olfactive et état nutritionnel

Auteurs	Mesures	Sujets	Méthodes	Odorants	Résultats comparés aux jeunes	Objectifs de l'étude
(Stuck et al. 2006)	Seuil de détection Discrimination Identification	95 (18-80) (m=46 ans)	Batterie de tests Sniffin' sticks	n_butanol (seuil) 16 odorants: Test triangulaire (discrimination) Et choix parmi 4 descripteurs (identification)	Augmentation du seuil de détection avec l'âge mais pas d'effet d'âge sur capacités de discrimination (mais interaction âge x sexe) et d'identification	Etude des potentiels évoqués chimio-sensoriels (ERP) en relation avec le stimulus, l'âge et le genre
(Hummel et al. 2007)	Seuil de détection Discrimination Identification	3282 dont 143 à 251 femmes >55 ans selon le test 139 à 238 hommes >55 ans selon le test	Sniffin'sticks <i>Seuil</i> : Méthode des pas d'escaliers 3AFC <i>Discrimination</i> 3AFC <i>Identification</i> : choix forcé parmi 4	<i>Seuil</i> : n butanol <i>Discrimination</i> : 16 odorants <i>Identification</i> 16 odorants	Effet âge sur le score composite Moins bonnes performances des âgés que les 16 à 55 ans pour chaque test	Fournir des données de référence pour le test sniffing sticks
(Hedner et al. 2010)	Seuil de détection Discrimination Identification	170 (30-87) (m=57 ans)	Sniffin'sticks tests battery (cf Hummel et al.)	<i>Seuil</i> : n butanol <i>Discrimination</i> : 16 odorants <i>Identification</i> 16 odorants	Effet de l'âge et du genre Effet de la cognition sur la discrimination et l'identification, mais pas sur le seuil	Relation entre variables cognitives et performances olfactives
(Nordin 2012)	Seuil de détection	16 jeunes (20-25à) (23) 16 âgés sélectionnés comme « successfully aged » (77-87) (m=80)	<i>Seuil</i> : Méthode des stimuli constants	Pyridine	Résultats très similaires entre les jeunes et les âgés	Evaluation de l'olfaction dans une population qui vieillit bien

Auteurs	Mesures	Sujets	Méthodes	Odorants	Résultats comparés aux jeunes	Objectifs de l'étude
(Allen et al. 2014)	Seuil de détection	28 (18-35) 28 (>65) 34 >65 autonomes 34>65 dépendants en hôpital	Test des seuils Sinffi'sticks	n-butanol par la méthode classique ou la nouvelle méthode testée	Effet de l'âge sur le seuils	Développement d'une méthode rapide de mesure de seuils adaptée aux personnes âgées

Annexe 2 : Autres travaux sur l'olfaction

Auteurs	Mesures	Sujets	Méthodes	Odorants	Résultats	Objectifs
(Stevens et al. 1982)	Estimation de la grandeur	20 (18-25) 20 (65-83)	Magnitude matching (correspondance intensité perçue, niveau d'un son)	Iso-amyl-butyrates CO2	Stimuli perçus moitié moins intenses par les âgés	Étudier les pertes olfactives à un niveau supra-liminaire
(Doty et al. 1984b)	Identification	1600	UPSIT university of pennsylvania smell identification test (choix force)	40 odorants	Décroissance des performances olfactives avec l'âge, particulièrement après 60 ans.	Développement du test UPSIT
(Murphy et al. 1991)	4 expériences Expés 1, 3 et 4 : mémorisation court terme Expé 2 : mémorisation à 6 mois	Jeunes (18-26, m=21) Agés (>65, m=72) Pour chaque expé, moins de 20 sujets par groupe d'âge		Seuil : 1 butanol Memorisation : 76	Seuils de détection plus élevés chez les âgés (expes 1 et 2) Mémorisation des odeurs moins bonne	Etude de la mémoire des odeurs (comparée à la mémoire graphique)
(Larsson et al. 1993)	Seuil et mémorisation	108 femmes 36(18-30) 36 (60-69) 36(70-79)	Présentation des odeurs seules, ou de leurs noms seulement ou de l'odeur + son nom	Seuil : 1 butanol Memorisation : 32 odorants	Seuils plus élevés chez les âgés Meilleurs résultats de reconnaissance des jeunes, pas de différence entre les deux groupes âgés. La condition odeur+nom obtient de meilleurs résultats quelque soit l'âge	Etudier si l'information sémantique aide à la mémorisation des odeurs
(Kaneda H. 2000)	Discrimination	20 jeunes (21-40) (m=29) 20 âgés (59-75) (m=67)	Tests triangulaires	Mélanges de saveurs (acide et sucré) et mélange d'odorants	Capacités discriminantes plus faibles chez les âgés	Etude de la discrimination

Auteurs	Mesures	Sujets	Méthodes	Odorants	Résultats	Objectifs
(Gourillon-Cordelle et al. 2001) dans (Sulmont-Rossé et al. 2010)	Détection Identification	900 (20-70)	ETOC	16 odorants alimentaires et non alimentaires	Fort effet de l'âge sur l'olfaction	Evaluer l'olfaction, la gustation et la sensibilité trigéminal dans une population européenne
(Murphy et al. 2002)	Identification	2491 (53-97) (m=68) Suivi de cohorte sur 5 ans	Test d'identification de San Diego (SDOIT)	8 odorants	6% des 53-59 ans, 17% des 60-69 ans, 29% des 70-79 ans et 62% des 90 à 97 ans avaient une olfaction déficiente	Evaluer la prévalence des déficiences olfactives
(Koskinen et al. 2003b)	Détection et identification olfactives Détection et évaluation de la grandeur gustatives Détection sensation trigéminal	47 jeunes (20-35) 45 âgés (65-82)	test ETOC (Thomas-Danguin et al. 2003)	16 odorants	Meilleures sensibilités olfactive, gustative et trigéminal des jeunes	Influence des sensibilités sur les préférences
(Koskinen et al. 2005)	Détection Identification Evaluation de l'intensité en voie ortho nasale et rétro nasale	Expé 1 : 32 jeunes (22-36) (m=26) 27 âgés (66-83) (m=74) Expé 2 : 10 jeunes (22-29) (m=26) 17 âgés (67-84) (m=75)	ETOC	Expé 1 : ETOC et vanille dans une boisson par voie ortho nasale et rétro nasale Expé 2 : ETOC et aromes vanille et citron dans des boissons, jus de raisin et yoghourt	Moins bonnes performances ETOC (détection et identification) chez les âgés Mauvaise prédiction des résultats en rétro nasal par le test ETOC	Etudier le lien entre performances au test ETOC et l'évaluation de l'intensité d'arômes par voie ortho nasale et rétro nasale

Auteurs	Mesures	Sujets	Méthodes	Odorants	Résultats	Objectifs
(Konstantinidis et al. 2006)	Identification	472 (18-79) (m=41)	Sniffin'sticks	16 odorants	Effet de l'âge sur la performance globale d'identification mais pas sur l'identification d'odeurs déplaisantes	Evaluer si les capacités d'identification dépendent des odeurs
(Wilson et al. 2007)	Identification Suivi de cohorte	589 âgés autonomes sans altération cognitive au début de l'étude suivis pendant 5 ans	BSIT : Brief Smell Identification Test (Doty et al. 1996)	12 odorants (issus des 40 du UPSIT)	Les difficultés à identifier les odeurs prédisent l'apparition de troubles cognitifs et sont associés dès le départ à de moins bonnes capacités cognitives.	Lien entre performances olfactives et apparition de troubles cognitifs
(Fusari et al. 2008)	Identification	30 jeunes (18-30) (m=25) 20 âgés (60-69) (m=64) 20 plus âgés (70-79) (m=75)	Choix forcé (1 parmi 4)	64 odorants	Pas de différence entre les jeunes et les 60-69 Les plus âgés identifient moins bien les odeurs Pas d'effet genre au sein des âgés	Explorer les performances d'identification dans un large champ d'odeurs
(Ross et al. 2008)	Identification Suivi de cohorte	2267 hommes (71-95) sans Parkinson au début de l'étude suivis pendant 5 ans	BSIT : choix forcé parmi 4	12 odorants	Des plus faibles performances d'identification sont reliées à une probabilité plus grande de survenue de Parkinson	Lien entre performances olfactives et apparition de la maladie de Parkinson

Auteurs	Mesures	Sujets	Méthodes	Odorants	Résultats	Objectifs
(Doty et al. 2011)		91 centenaires (m=100) 1131 jumeaux âgés (513 hommes m=80 ; 618 femmes) (m=81)	BSIT avec une question additionnelle : « ne sais pas »	12 odorants	Héritabilité faible pour l'identification des odeurs (contrairement aux capacités cognitives) Effet genre, âge, capacités cognitives (MMSE) et tabac sur les scores olfactifs.	Explorer l'influence de la génétique et de l'environnement sur les capacités à identifier des odeurs
(Wilson et al. 2011)	Identification Suivi de cohorte pendant 4,2 ans	1162 (m=80) sans démence ni Parkinson	BSIT	12 odorants	Risque de mortalité plus élevé de 36% en cas de faibles performances olfactives	Relier performances olfactives et risque de mortalité
(Gopinath et al. 2012)	Identification	n=1636 age>49	San Diego Odor Identification Test (SDOIT)	8 odorants	Personnes avec des déficiences olfactives plus dépendants avec de moins bonnes capacités fonctionnelles (ADL)	Etudier l'influence des déficiences olfactives sur le statut fonctionnel et la dépendance
(Schubert et al. 2012)	Identification	2838 (21-84) (m=49)	San Diego Odor Identification Test (SDOIT)	8 odorants	La prévalence d'une olfaction altérée est de moins de 1% chez les <35 et atteint 14% chez les >65. Pas d'association entre olfaction et santé générale, qualité de vie, dépression et comportement alimentaire	Evaluer la prévalence des déficits d'olfaction et les risques associés

Annexe 3 : List of 71 products to be ticked if disliked.

Entrées	Betterave cuite (cooked red beetroot)
	Carottes râpées vinaigrette (raw carrots with vinaigrette)
	concombres (cucumbers)
	avocat (avocado)
	Taboulé (tabbouleh)
	Oeufs durs macédoine (hard boiled eggs & mixed diced vegetables)
	Céleri rémoulade (grated celeriac in a mayonnaise dressing)
	Melon (melon)
	Asperges sauce mousseline (asparagus mousseline sauce)
	Tomates Mimosa (tomato Mimosa)
Salade piémontaise (piémontaise salad (tomatoes, potatoes, hard boiled eggs))	
Viande	Bœuf (beef)
	Porc (pork)
	Poulet (chicken)
	Veau (veal)
	Agneau (lamb)
	Lapin (rabbit)
Plats cuisinés	Bœuf aux carottes (beef and carrots)
	Pot au feu (pot-au-feu)
	Poulet basquaise (chicken with tomatoes and peppers)
	Petit salé aux lentilles (salty ham and lentils)
	Hachis parmentier (Shepherd's pie)
	Blanquette de veau (blanquette of veal)
	Bœuf bourguignon (Burgundy beef stew)
	Plats cuisinés exotiques (exotic cooked dishes)
	Poulet au curry, carottes, oignons (chicken curry with carrots and onions)
	Veau braisé aux endives (braised veal with endives)
Porc aux pruneaux et petits légumes (pork with prune and vegetables)	
Poissons	Poisson au court bouillon (fish in a court-bouillon)
	Paella (paella)
Oeufs	Omelette (omelette)
	Oeufs durs (hard boiled eggs)
	Oeufs au plat (fried eggs)
	Oeufs pochés (poached eggs)
	Oeufs brouillés (scrambled eggs)
Garnitures	Poireaux (leeks)
	Lentilles (lentils)
	Carottes cuites (cooked carrots)
	Haricots verts (green beans)
	Pommes de terre vapeur (steam cooked potatoes)
	Courgettes (courgettes/ zucchini)
	Poivrons (sweet pepper)
	Gratin dauphinois (Gratin dauphinois)
	Riz (rice)
	Pâtes (pasta)

Produits laitiers et desserts (Dairy products & desserts)	Fromage fondu (processed cheese) (as Vache-qui-rit® or Kiri®)
	Fromage à pâte molle (soft cheese) (as camembert)
	Fromage type Emmental (cheese as emmental)
	Fromage type (cheese as) St Paulin, Chaussée aux moines, Cheddar
	Compote (fruit puree)
	Tartes aux fruits (fruit pies)
	Yaourt nature (plain yoghurt)
	Crème au chocolat (chocolate cream)
	Crème à la vanille (vanilla cream)
	Crème au caramel (caramel cream)
	Crème pralinée (praline cream)
	Clafoutis (clafoutis)
	Brioche (brioche)
	Biscuit type petit beurre (butter biscuits)
Pains (Bread)	Pain blanc (white bread)
	Pain bis ou de campagne (brown bread or country bread)
	Pain complet ou semi-complet (whole-grain bread or middle whole-grain bread)
	Pain aux graines (seed bread)
	Pain de mie (sandwich bread)
	Baguette
	Pain individuel (individual bread)
	Pain tranché (sliced bread)
	Biscotte (zwieback)
Boissons (Beverages)	Lait (milk)
	Lait aromatisé (flavoured milk)
	Chocolat chaud (hot chocolate)

Annexe 4 : Effet de renforcements sensoriels sur l'appréciation des personnes âgées

	Plan d'expérience	Référence	n ¹ Age ² des seniors	n ¹ Age ² des jeunes	Stimulus renforcé	Plan d'expérience ³	Aliment	Effet sur l'appréciation ⁴	Echelle hédonique	Mesure des capacités sensorielles (hors mesure d'intensité)
Arôme	Intra-sujet	(Schiffman et al. 1988)	70-79		Arôme	Intra-sujet	4 légumes 3 viandes 3 soupes 1 jus	Oui + Oui + Oui + Oui +	Pas d'échelle. Choix du préféré	non
	Inter-sujet	(Griep et al. 1997b)	20 60-90	16 20-30	Arôme	Inter-sujet	Soupe de tomate Quorn Yaourt	Oui + Oui + Oui +	Echelle de 1 à 10	non
		(Griep et al. 2000)	Panel 1 : 178, 61-98 Panel 2 : 54 61- 90	Panel 1 : 56 <60 Panel 2 : 66, <60	Arôme	Inter-sujet	Yoghourt aromatisé Quorn (substitut de viande)	Oui+ dès 40 ans Oui+ dès 60 ans	Echelle continue	Seuil de détection isoamylacétate
	mixte	(Koskinen et al. 2003a)	57 m=74	58 M=23	Arôme	Inter-sujet Intra sujet	Yosa (Lait d'avoine fermenté)	Oui + en inter Oui- en intra	Echelle à 9 points, de n'aime pas à aime beaucoup	ETOC
		(Kremer et al. 2007a)	52 61-86	55 18-35	Arôme (+intense ou enrichi) Arôme + composé irritant	Inter-sujet Intra-sujet	Crème dessert Jus de tomate	Non au global mais les additions d'arômes à faibles doses dans la crème dessert ont été positives	Echelle visuelle analogique de très peu à vraiment beaucoup	ETOC
		(Kremer et al. 2007b)	22 60-85	16 18-35	Arôme	Inter-sujet Intra sujet	Gaufres sucrées Gaufres salées	Non Oui +	Echelle visuelle analogique de très peu à vraiment beaucoup	ETOC et sensibilité à la texture

	Plan d'expérience	Référence	n ¹ , Age ² des seniors	n ¹ , Age ² des jeunes	Stimulus renforcé	Plan d'expérience ³	Aliment	Effet sur l'appréciation ⁴	Echelle hédonique	Mesure des capacités sensorielles (hors mesure d'intensité)	
Flaveur	Intra-sujet	(Laureati et al. 2008) - exp 1	36 m=81	45 m=23	Flaveur	Intra-sujet	Bouillon Pâtes Légumes Riz	Non Non Oui + Oui +	Echelle à 9 points de je n'aime pas du tout à j'aime beaucoup	Sniffin' sticks, Identification olfactive et gustative	
	Inter_sujet	(Laureati et al. 2008) - exp 2	36 m=81	45 m=23	Saveur sucrée Flaveur	Inter-sujet	Jus de pêche	Oui + Non	Echelle à 9 points de je n'aime pas du tout à j'aime beaucoup	Sniffin' sticks, Identification olfactive et gustative	
	mixte		(De Graaf et al. 1994)- expérience 1	23 72- 82 m=76	32 20- 25 m=22	Flaveur	Inter-sujet Intra-sujet	Eaux aromatisées (bouillon, jus de tomates, jus d'orange), yoghourt aromatisé fraise,	Oui+ Oui+	Echelle à 10 points avec smileys 	non
			(De Graaf et al. 1996)	31 67-86 m=78	35 20-30 m=23	Flaveur	Inter-sujet Intra-sujet	Bouillon Soupe - tomate Crème au chocolat Limonade à l'orange	Oui+ en inter Oui+ en intra	Echelle à 10 points avec smileys 	non
		(Kälviäinen et al. 2003)	45 65-82 m=72,9	47 20-35 m=25,6	Flaveur et texture	Inter-sujet Intra-sujet	Lait fermenté d'avoine à l'orange	Oui+arome Oui+ sucré Oui texture Oui-arome Oui+ texture Oui+ sucré	Echelle à 9 points de je n'aime pas du tout à j'aime beaucoup	ETOC Identification gustative et intensité	
		(Forde et al. 2004)	52, m=71	48, m=31	Saveur sucrée Texture juteuse piquant	Inter-sujet Intra-sujet	Jus d'orange	Oui+ Oui + pour certains sujets Effet sucré et juteux pour les moins sensibles.	Label magnitude scale	Non	

	Plan d'expérience	Référence	n ¹ , Age ² des seniors	n ¹ , Age ² des jeunes	Stimulus renforcé	Plan d'expérience 3	Aliment	Effet sur l'appréciation 4	Echelle hédonique	Mesure des capacités sensorielles (hors mesure d'intensité)
Saveurs	Intra-sujet	(Mojet et al. 2005)	21 60 -75	n=21, 19 -33	Sucré, salé, amer, acide, glutamate (2 molécules par stimulus)	Intra-sujet	Solutions aqueuses	Non (sauf sucré pour les hommes âgés)	Echelle à 9 points de très peu à vraiment beaucoup	Seuils gustatifs
	Inter-sujet	(Murphy et al. 1986)	100 65- 93 m=73	200 18-45	Saveurs salée, sucrée et acide	Inter-sujet	Solutions aqueuses jus de légumes boisson à l'orange	Oui+ pour salé et sucré	Echelle continue centrée à 0	non
		(Chauhan et al. 1988)	60 70- 79 Et 60 80- 99	60 20-29	Saveurs acide et salée	Inter-sujets	Solutions aqueuses et jus de pomme	Oui+ seulement pour les solutions aqueuses	Magnitude estimation	non
		(Zallen et al. 1990)	48 >65	53 20- 35	Saveur salée	Inter-sujets	Purée de pommes de terre bouillon de poulet	Oui+		non
		(De Graaf et al. 1994)- expérience 2	23 72- 82 m=76	32 20- 25 m=22	Saveur sucrée	Inter-sujet	Yoghourt nature sucré	Non	Echelle à 10 points avec smileys 	non
		(Drewnowski et al. 1996)	24 60- 75	24 20- 30	Saveur salée	Inter-sujet	Solutions aqueuses Bouillon de poulet	Oui-	Echelle à 9 points de pas du tout à extrêmement	non
		(De Jong et al. 1996)	29 >65	35 <30	Saveur sucrée	Inter-sujet	Confiture de fraise Yaourt fraise Boisson à l'orange	Oui + Oui + Oui +	Echelle à 10 points avec smileys (ref : De Graaf 1994)	non
		(Zandstra et al. 1998)	30 > 65	150 5 tranches d'âge de 6 - 65 ans	Saveurs sucrée et acide	Inter-sujet	Solutions sucrées, acides et aromatisées	Oui+ (tendance)(suc ré) Oui+ (tendance) (arôme)	Echelle à 5 points	intensité

¹ Nombre de personnes ayant participé à l'étude.

² m : Age moyen

³ Dans le cas des plans d'expérience "intra-sujet", un effet du renforcement de la flaveur est déclaré si les sujets âgés ont donné une note d'appréciation différente entre l'aliment renforcé et sa version standard. Dans le cas des plans d'expérience "intersujet", un effet du renforcement de la flaveur est déclaré si les sujets âgés ont donné une note d'appréciation à l'aliment renforcé différente de la note donnée par un groupe de sujets plus jeunes.

⁴ Un "oui +" indique un effet positif du renforcement sur l'appréciation de l'aliment par les séniors. Un "oui -" indique un effet négatif du renforcement sur l'appréciation de l'aliment par les séniors. Un "non" indique l'absence d'effet significatif du renforcement.



Bibliographie

- AFNOR (1992). Analyse sensorielle - Vocabulaire. NF ISO 5492. AFNOR.
- Agarwal, E., M. Miller, A. Yaxley and E. Isenring (2013). "Malnutrition in the elderly: A narrative review." Maturitas **76**(4): 296-302.
- Alaphilippe, D. and N. Bailly (2013). Psychologie de l'adulte âgé, De Boeck.
- Alexopoulos, G. S., S. Borson, B. N. Cuthbert, D. P. Devanand, B. H. Mulsant, J. T. Olin and D. W. Oslin (2002). "Assessment of late life depression." Biological Psychiatry **52**(3): 164-174.
- Alix, E. and M. Ferry (2012). Epidémiologie de la dénutrition. Nutrition de la personne âgée. Aspects fondamentaux, cliniques et psycho-sociaux (4^e édition). M. Ferry, D. Mischlich, E. Alix et al, Elsevier Masson: 139-144.
- Allen, V. J., C. A. Withers, G. Hough, M. A. Gosney and L. Methven (2014). "A new rapid detection threshold method for use with older adults: Reducing fatigue whilst maintaining accuracy." Food Quality and Preference **36**(0): 104-110.
- Amieva, H., S. Andrieu, C. Berr, L. Buée, F. Checler, S. Clément, J.-F. Dartigues, B. Desgranges, B. Dubois and C. Duyckaerts (2007). Maladie d'Alzheimer: enjeux scientifiques, médicaux et sociétaux. INSERM. Paris, France.
- Amoore, J. E. (1986). Effects of chemical exposure on olfaction in humans. Toxicology of the nasal passages. Washington, Hemisphere Publishing Corporation: 155 - 190.
- Amoore, J. E., D. Vendstrom and A. R. Davis (1968). "Measurement of specific anosmia." Perceptual and Motor Skills **26**(1): 143-164.
- Arimond, M. and M. T. Ruel (2004). "Dietary diversity is associated with child nutritional status: Evidence from 11 demographic and health surveys." The Journal of Nutrition **134**(10): 2579-2585.
- Atanasova, B., W. El-Hage, C. Chabanet, P. Gaillard, C. Belzung and V. Camus (2010). "Olfactory anhedonia and negative olfactory alliesthesia in depressed patients." Psychiatry Research **176**(2-3): 190-196.
- Atanasova, B., J. Graux, W. El Hage, C. Hommet, V. Camus and C. Belzung (2008). "Olfaction: A potential cognitive marker of psychiatric disorders." Neuroscience & Biobehavioral Reviews **32**(7): 1315-1325.
- Atchison, K. (1997). "The general oral health assessment index." Measuring oral health and quality of life. Chapel Hill: University of North Carolina: 71-80.
- Auvray, L., A. Doussin and P. Le Fur (2003). Santé, soins et protection sociale en 2002, CREDES.
- Axelson, M. L. and M. P. Penfield (1983). "Food- and nutrition-related attitudes of elderly persons living alone." Journal of Nutrition Education **15**(1): 23-27.
- Bailey, R. L., J. H. Ledikwe, H. Smiciklas-Wright, D. C. Mitchell and G. L. Jensen (2004). "Persistent oral health problems associated with comorbidity and impaired diet quality in older adults." Journal of the American Dietetic Association **104**(8): 1273-1276.
- Bailly, N., I. Maitre, M. Amanda, C. Hervé and D. Alaphilippe (2012). "The Dutch Eating Behaviour Questionnaire (DEBQ). Assessment of eating behaviour in an aging French population." Appetite **59**(3): 853-858.
- Bailly, N., I. Maître and V. Van Wymelbeke (submitted). "Relationships between nutritional status, depression and pleasure of eating in aging men and women." Archives of Gerontology and Geriatrics.
- Bamia, C., P. Orfanos, P. Ferrari, K. Overvad, H. H. Hundborg, A. Tjønneland, A. Olsen, E. Kesse, M. C. Boutron-Ruault, F. Clavel-Chapelon, G. Nagel, P. Boffetta, H. Boeing, K. Hoffmann, D. Trichopoulos, N. Baibas, T. Psaltopoulou, T. Norat, N. Slimani, D. Palli, V. Krogh, S. Panico, R. Tumino, C. Sacerdote, H. B. Bueno-de-Mesquita, M. C. Ocké, P. H. Peeters, C. T. van Rossum, J. R. Quirós, M. J. Sánchez, C. Navarro, A. Barricarte, M.

- Dorronsoro, G. Berglund, E. Wirfält, G. Hallmans, I. Johansson, S. Bingham, K. T. Khaw, E. A. Spencer, A. W. Roddam, E. Riboli and A. Trichopoulou (2005). "Dietary patterns among older Europeans: The EPIC-Elderly study." British Journal of Nutrition **94**(1): 100-113.
- Bamia, C., D. Trichopoulos, P. Ferrari, K. Overvad, L. Bjerregaard, A. Tjønneland, J. Halkjær, F. Clavel-Chapelon, E. Kesse, M. C. Boutron-Ruault, P. Boffetta, G. Nagel, J. Linseisen, H. Boeing, K. Hoffmann, C. Kasapa, A. Orfanou, C. Travezea, N. Slimani, T. Norat, D. Palli, V. Pala, S. Panico, R. Tumino, C. Sacerdote, H. B. Bueno-de-Mesquita, P. M. C. M. Waijers, P. H. M. Peeters, Y. T. Van Der Schouw, A. Berenguer, C. Martinez-Garcia, C. Navarro, A. Barricarte, M. Dorronsoro, G. Berglund, E. Wirfält, I. Johansson, G. Johansson, S. Bingham, K. T. Khaw, E. A. Spencer, T. Key, E. Riboli and A. Trichopoulou (2007). "Dietary patterns and survival of older Europeans: The EPIC-Elderly Study (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition)." Public Health Nutrition **10**(6): 590-598.
- Beckett, N. S., R. Peters, A. E. Fletcher, J. A. Staessen, L. Liu, D. Dumitrascu, V. Stoyanovsky, R. L. Antikainen, Y. Nikitin, C. Anderson, A. Belhani, F. Forette, C. Rajkumar, L. Thijs, W. Banya and C. J. Bulpitt (2008). "Treatment of hypertension in patients 80 years of age or older." New England Journal of Medicine **358**(18): 1887-1898.
- Bernstein, M. A., K. L. Tucker, N. D. Ryan, E. F. O'Neill, K. M. Clements, M. E. Nelson, W. J. Evans and M. A. Fiatarone Singh (2002). "Higher dietary variety is associated with better nutritional status in frail elderly people." Journal of the American Dietetic Association **102**(8): 1096-1104.
- Berridge, K. C. (2004). "Motivation concepts in behavioral neuroscience." Physiology & Behavior **81**(2): 179-209.
- Berridge, K. C. (2009). "'Liking' and 'wanting' food rewards: Brain substrates and roles in eating disorders." Physiology & Behavior **97**(5): 537-550.
- Bianchetti, A., R. Rozzini, C. Carabellese, O. Zanetti and M. Trabucchi (1990). "Nutritional intake, socioeconomic conditions, and health status in a large elderly population." Journal of the American Geriatrics Society **38**(5): 521-526.
- Birch, L. L., J. O. Fisher, K. Grimm-Thomas, C. N. Markey, R. Sawyer and S. L. Johnson (2001). "Confirmatory factor analysis of the Child Feeding Questionnaire: a measure of parental attitudes, beliefs and practices about child feeding and obesity proneness." Appetite **36**(3): 201-210.
- Blanpain, N. and O. Chardon (2010). Projections de population à l'horizon 2060 : Un tiers de la population âgé de plus de 60 ans. Insee Première N° 1320 - octobre 2010. INSEE. **N° 1320**.
- Borg, G. (1982). A category scale with ratio properties for intermodal and interindividual comparisons. Psychophysical Judgment and the Process of Perception. H. G. G. a. P. Petzold. Berlin, Deutscher Verlag der Wissenschaften: 25-33.
- Bourque, P., L. Blanchard and J. Vézina (1990). "Étude psychométrique de l'échelle de dépression gériatrique." Canadian Journal on Aging/La Revue canadienne du vieillissement **9**(04): 348-355.
- Bowman, S. (2007). "Low economic status is associated with suboptimal intakes of nutritious foods by adults in the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2002." Nutrition Research **27**(9): 515-523.
- Boyce, J. M. and G. R. Shone (2006). "Effects of ageing on smell and taste." Postgraduate Medical Journal **82**(966): 239-241.
- Bromley, S. M. (2000). "Smell and taste disorders: a primary care approach." American family physician **61**(2): 427-440.
- Cabrera, M. A. S., A. E. Mesas, A. R. L. Garcia and S. M. de Andrade (2007). "Malnutrition and depression among community-dwelling elderly people." Journal of the American Medical Directors Association **8**(9): 582-584.

- Cain, W. S. and M. D. Rabin (1989). "Comparability of two tests of olfactory functioning." Chemical Senses **Vol 14(4)**: 479-485.
- Campbell, A. J., M. C. Robertson, M. M. Gardner, R. N. Norton and D. M. Buchner (1999). "Falls prevention over 2 years: a randomized controlled trial in women 80 years and older." Age and Ageing **28(6)**: 513-518.
- Camus, S. (2004). "Proposition d'échelle de mesure de l'authenticité perçue d'un produit alimentaire." Recherche et Applications en Marketing **19(4)**: 39-63.
- Cardon, P. (2009). "«Manger» en vieillissant pose-t-il problème? Veuvage et transformations de l'alimentation de personnes âgées." Lien social et Politiques(62): 85-95.
- Cardon, P. and S. Gojard (2009). "Les personnes âgées face à la dépendance culinaire: entre délégation et remplacement." Retraite et société(4): 169-193.
- Carlos, J. P. and M. D. Wolfe (1989). "Methodological and nutritional issues in assessing the oral health of aged subjects." The American Journal of Clinical Nutrition **50(5)**: 1210-1218.
- Carruth, B. R., J. Skinner, K. Houck, J. Moran, 3rd, F. Coletta and D. Ott (1998). "The phenomenon of "picky eater": a behavioral marker in eating patterns of toddlers." J Am Coll Nutr **17(2)**: 180-186.
- Carruth, B. R. and J. D. Skinner (2000). "Revisiting the "picky/fussy" eater phenomenon: Neophobic behaviours of young children." Journal of the American College of Nutrition **19**: 771-780.
- Carruth, B. R., P. J. Ziegler, A. Gordon and S. I. Barr (2004). "Prevalence of picky eaters among infants and toddlers and their caregivers' decisions about offering a new food." Journal of the American Dietetic Association **104**: 57-64.
- Cavanaugh, S. v. (1983). "The prevalence of emotional and cognitive dysfunction in a general medical population: Using the MMSE, GHQ, and BDI." General Hospital Psychiatry **5(1)**: 15-24.
- Charpin, J.-M. (2011). perspectives démographiques et financières de la dépendance, Ministère des affaires sociales et de la santé.
- Chauhan, J. and Z. J. Hawrysh (1988). "Suprathreshold sour taste intensity and pleasantness perception with age." Physiology & Behavior **43(5)**: 601-607.
- CLCV (2012) "enquête sur l'alimentation des personnes âgées." **2012**, 15.
- Cochran, W. G. and G. M. Cox (1950). Experimental Designs. New York, John Wiley & Sons.
- Commission_Directive (2001/20/EC). "of 4 April 2001 on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to the implementation of good clinical practice in the conduct of clinical trials on medicinal products for human use." Official Journal of the European Communities **L 121/34**.
- Conklin, A. I., N. G. Forouhi, P. Surtees, K.-T. Khaw, N. J. Wareham and P. Monsivais (2014). "Social relationships and healthful dietary behaviour: Evidence from over-50s in the EPIC cohort, UK." Social Science & Medicine **100(0)**: 167-175.
- Corbeau, J.-P. (2012). Préférences et symboles alimentaires chez le sujet âgé. Nutrition de la personne âgée (4^o édition). M. Ferry, D. Mischlich, E. Alixet al. Paris, Elsevier Masson: 325-338.
- Cordelle, S., C. Lange and P. Schlich (2004). "On the consistency of liking scores: insights from a study including 917 consumers from 10 to 80 years old." Food Quality and Preference **15(7-8)**: 831-841.
- Corti, M. C., J. M. Guralnik, M. E. Salive and J. D. Sorokin (1994). "Serum albumin level and physical disability as predictors of mortality in older persons." Journal of American Medical Association **272(13)**(0098-7484 (Print)): 1036-1042.
- Corwin, J., M. Loury and A. N. Gilbert (1995). "Workplace, age, and sex as mediators of olfactory function: Data from the National Geographic Smell Survey." The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences **50B(4)**: 179:186.

- Covinsky, K. E., K. Yaffe, K. Lindquist, E. Cherkasova, E. Yelin and D. G. Blazer (2010). "Depressive Symptoms in Middle Age and the Development of Later-Life Functional Limitations: The Long-Term Effect of Depressive Symptoms." Journal of the American Geriatrics Society **58**(3): 551-556.
- Cowart, B. J. (1989). "Relationships between taste and smell across the adult life span." Annals of the New York Academy of Sciences **561**(1): 39-55.
- Crum, R. M., J. C. Anthony, S. S. Bassett and M. F. Folstein (1993). "Population-based norms for the mini-mental state examination by age and educational level." Journal of American Medical Association **269**(18): 2386-2391.
- d'Hauteville, F., P. Aurier and L. Sirieix (1997). A sensory approach to consumers preferences for rice. First results of a European survey (France, Greece, Netherlands, Spain). International symposium on rice quality,. Nottingham, UK, .
- de Boer, A., G. J. Ter Horst and M. M. Lorist (2013). "Physiological and psychosocial age-related changes associated with reduced food intake in older persons." Ageing Research Reviews **12**(1): 316-328.
- de Castro, J. M. and E. S. de Castro (1989). "Spontaneous meal patterns of humans: influence of the presence of other people." The American Journal of Clinical Nutrition **50**(2): 237-247.
- De Deyn, P. P., J. Goeman, A. Vervaet, B. Dourcy-Belle-Rose, D. Van Dam and E. Geerts (2011). "Prevalence and incidence of dementia among 75-80-year-old community-dwelling elderly in different districts of Antwerp, Belgium: The Antwerp Cognition (ANCOG) Study." Clinical Neurology and Neurosurgery **113**(9): 736-745.
- De Graaf, C., P. Polet and W. A. van Staveren (1994). "Sensory Perception and Pleasantness of Food Flavors in Elderly Subjects." Journal of Gerontology **49**(3): P93-P99.
- De Graaf, C., W. A. van Staveren and J. Burema (1996). "Psychophysical and psychohedonic functions of four common food flavours in elderly subjects." Chemical Senses **21**: 293-302.
- de Groot, C. P. G. M., D. Schlettwein-Gsell, K. Schroll-Bjørnsbo and W. A. van Staveren (1998). "Meal patterns and food selection of elderly people from six European towns." Food Quality and Preference **9**(6): 479-486.
- De Groot, L. C. P. M. G., M. W. Verheijden, S. De Henauw, M. Schroll and W. A. Van Staveren (2004). "Lifestyle, nutritional status, health, and mortality in elderly people across Europe: A review of the longitudinal results of the SENECA study." The Journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences **59**(12): 1277-1284.
- De Jong, N., C. De Graaf and W. A. Van Staveren (1996). "Effect of Sucrose in Breakfast Items on Pleasantness and Food Intake in The Elderly." Physiology & Behavior **60**(6): 1453-1462.
- De Jong, N., I. Mulder, C. de Graaf and W. A. van Staveren (1999). "Impaired sensory functioning in elders: the relation with its potential determinants and nutritional intake." The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences **54**(8): B324-B331.
- De Soete, G. and J. D. Carroll (1994). K-means clustering in a low-dimensional Euclidean space. New Approaches in Classification and Data Analysis. E. Diday, Y. Lechevallier, M. Schader, P. Bertrand and B. Burtschy, Springer Berlin Heidelberg: 212-219.
- Derouesné, C., J. Poitreneau, L. Hugonot, M. Kalafat, B. Dubois and B. Laurent (1999). "Le Mini-Mental State Examination (MMSE) : un outil pratique pour l'évaluation de l'état cognitif des patients par le clinicien. Version française consensuelle. Groupe de Recherche sur les Évaluations Cognitives (GRECO)." La Presse Médicale **28**(21): 1141-1148.
- DiPietro, L., R. F. Anda, D. F. Williamson and A. J. Stunkard (1992). "Depressive symptoms and weight change in a national cohort of adults." International journal of obesity and

- related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity **16**(10): 745-753.
- Donini, L., Savina, C, Cannella, C. (2003). "Eating habits and appetite control in the elderly: the anorexia of aging." International Psychogeriatric Journal **15**(1): 73-87.
- Donini, L. M., E. Poggiogalle, M. Piredda, A. Pinto, M. Barbagallo, D. Cucinotta and G. Sergi (2013). "Anorexia and eating patterns in the elderly." PLoS One **8**(5): e63539.
- Doty, R. L. (1991a). Olfactory dysfunction in neurodegenerative disorders. Smell and taste in health and disease. T. V. Getchell. New-York, Raven Press: 735 - 751.
- Doty, R. L. (1991b). Olfactory system. Smell and Taste in Health and Disease. R. L. D. M. L. Getchell, L. M. Bartoshuk and J. B. Snow. New York, Raven Press: 175-203.
- Doty, R. L. (2012). "Olfaction in Parkinson's disease and related disorders." Neurobiology of Disease **46**(3): 527-552.
- Doty, R. L. and M. D. Bromley (2004). "Effects of drugs on olfaction and taste." Otolaryngologic Clinics of North America **37**: 1229 - 1254.
- Doty, R. L., A. Marcus and W. William Lee (1996). "Development of the 12-Item Cross-Cultural Smell Identification Test(CC-SIT)." The Laryngoscope **106**(3): 353-356.
- Doty, R. L., D. P. Perl, J. C. Steele, K. M. Chen, J. D. Pierce, Jr., P. Reyes and L. T. Kurland (1991). "Olfactory dysfunction in three neurodegenerative diseases." Geriatrics **46 Suppl 1**: 47-51.
- Doty, R. L., I. Petersen, N. Mensah and K. Christensen (2011). "Genetic and Environmental Influences on Odor Identification Ability in the Very Old." Psychology and Aging **26**(4): 864-871.
- Doty, R. L., P. F. Reyes and T. Gregor (1987). "Presence of both odor identification and detection deficits in alzheimer's disease." Brain Research Bulletin **18**(5): 597-600.
- Doty, R. L., K. Saito and S. M. Bromley (2008a). Disorders of Taste and Smell. The Senses: A Comprehensive Reference. I. B. Volume Editors: Allan, K. Akimichi, M. S. Gordonet al. New York, Academic Press: 859-887.
- Doty, R. L., M. Shah and S. Bromley (2008b). "Drug-induced taste disorders." Drug Safety **31**(3): 199-215.
- Doty, R. L., P. Shaman, S. L. Applebaum, R. Giberson, L. Siksorski and L. Rosenberg (1984a). "Smell identification ability: changes with age." Science **226**(4681): 1441-1443.
- Doty, R. L., P. Shaman and M. Dann (1984b). "Development of the university of pennsylvania smell identification test: A standardized microencapsulated test of olfactory function." Physiology & Behavior **32**(3): 489-502.
- Dovey, T. M., P. A. Staples, E. L. Gibson and J. C. G. Halford (2008). "Food neophobia and 'picky/fussy' eating in children: A review." Appetite **50**(2-3): 181-193.
- Drewnowski, A. (1997). "Taste preference and food intake." Annual Review of Nutrition **17**(1): 237-253.
- Drewnowski, A., S. A. Henderson, A. Driscoll and B. J. Rolls (1996). "Salt Taste Perceptions and Preferences are Unrelated to Sodium Consumption in Healthy Older Adults." Journal of the American Dietetic Association **96**(5): 471-474.
- Duée, M. and C. Rebillard (2006). La dépendance des personnes âgées : une projection en 2040. Données sociales - La société française. **7**: 613-619.
- Duffy, V. B., J. R. Backstrand and A. M. Ferris (1995). "Olfactory dysfunction and related nutritional risk in free-living, elderly women." Journal of the American Dietetic Association **95**(8): 879-884.
- Duffy, V. B., W. S. Cain and A. M. Ferris (1999). "Measurement of sensitivity to olfactory flavor: application in a study of aging and dentures." Chemical Senses **24**(6): 671-677.
- Edfors, E. and A. Westergren (2012). "Home-Living Elderly People's Views on Food and Meals." Journal on Aging Research **2012**: 761291.

- Ekberg, O. and M. J. Feinberg (1991). "Altered swallowing function in elderly patients without dysphagia: radiologic findings in 56 cases." American Journal of Roentgenology **156**(6): 1181-1184.
- El Osta, N., M. Hennequin, S. Tubert-Jeannin, N. B. Abboud Naaman, L. El Osta and N. Geahchan (2014). "The pertinence of oral health indicators in nutritional studies in the elderly." Clinical Nutrition **33**(2): 316-321.
- Elsner, R. J. F. (2001). "Odor threshold, recognition, discrimination and identification in centenarians." Archives of Gerontology and Geriatrics **33**(1): 81-94.
- Elsner, R. J. F. (2002). "Changes in eating behavior during the aging process." Eating Behaviors **3**(1): 15-43.
- Essed, N. H., W. A. van Staveren, F. J. Kok and C. de Graaf (2007). "No effect of 16 weeks flavor enhancement on dietary intake and nutritional status of nursing home elderly." Appetite **48**(1): 29-36.
- Estaquio, C., K. Castetbon, E. Kesse-Guyot, S. Bertrais, V. Deschamps, L. Dauchet, S. Péneau, P. Galan and S. Hercberg (2008). "The French National Nutrition and Health Program score is associated with nutritional status and risk of major chronic diseases." Journal of Nutrition **138**(5): 946-953.
- Eurostat (2011). " "Structure et vieillissement de la population" - Statistics Explained " http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Population_structure_and_ageing/fr **2012/8/0**.
- Fabian, E. and I. Elmadfa (2008). "Nutritional Situation of the Elderly in the European Union: Data of the European Nutrition and Health Report (2004)." Annals of Nutrition and Metabolism **52**(Suppl. 1): 57-61.
- Falk, L. W., C. A. Bisogni and J. Sobal (1996). "Food Choice Processes of Older Adults: A Qualitative Investigation." Journal of Nutrition Education **28**(5): 257-265.
- Fernandez, E., B. D'Avanzo, E. Negri, S. Franceschi and C. La Vecchia (1996). "Diet diversity and the risk of colorectal cancer in northern Italy." Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention **5**(6): 433-436.
- Ferry, M. (2008). "Bases nutritionnelles pour un vieillissement réussi." Cahiers de Nutrition et de Diététique **43**(2): 90-96.
- Ferry, M. (2009). "Prévention des problèmes liés au vieillissement : rôle de la nutrition et de l'activité physique." from www.inserm.fr/content/download/4898/40212/file/ferry.pdf.
- Ferry, M. (2010). "Nutrition, vieillissement et santé." Gérontologie et Société **134**(3): 123-132.
- Ferry, M. (2011). "Nutrition / Dénutrition personnes âgées." oral presentation 11/05/05 CNSA.
- Ferry, M. (2012a). Conséquences globales de la dénutrition. Nutrition de la personne âgée (4^e édition). M. Ferry, D. Mischlich, E. Alixet al. Paris, Elsevier Masson: 172-178.
- Ferry, M. (2012b). Le refus alimentaire : la loi et les repères éthiques. Nutrition de la personne âgée (4^e édition). M. Ferry, D. Mischlich, E. Alixet al. Paris, Elsevier Masson: 239-244.
- Ferry, M. (2012c). Troubles de la déglutition. Nutrition De la Personne âgée (4e édition). M. Ferry, D. Mischlich, E. Alixet al. Paris, Elsevier Masson: 37-41.
- Ferry, M. and E. Alix (2012a). Etudes épidémiologiques nutritionnelles à domicile. Nutrition De la Personne âgée (4e édition). M. Ferry, D. Mischlich, E. Alixet al. Paris, Elsevier Masson: 121-135.
- Ferry, M., E. Alix, P. Brocker and T. Constans (2012b). Causes des dénutritions. Nutrition De la Personne âgée (4e édition). M. Ferry, D. Mischlich, E. Alixet al. Paris, Elsevier Masson: 145-150.
- Fischler, C. (1990). "L'omnivore, éditions O." Jacob, Coll. Point, 2eme édition, Paris.
- Folstein, M., S. Folstein and P. McHugh (1975). "Mini-Mental-State: a practical method for grading cognitive state of patients for the clinician." Journal of Psychiatric Research **12**(3): 189 - 198.

- Forde, C. G. and C. M. Delahunty (2004). "Understanding the role cross-modal sensory interactions play in food acceptability in younger and older consumers." Food Quality and Preference **15**(7-8): 715-727.
- Forster, A., N. Samaras, G. Gold and D. Samaras (2011). "Oropharyngeal dysphagia in older adults: A review." European Geriatric Medicine **2**(6): 356-362.
- Frank, R. A. and N. J. van der Klaauw (1994). "The Contribution of Chemosensory Factors to Individual Differences in Reported Food Preferences." Appetite **22**(2): 101-123.
- Frijters, J. E. R. (1988). A review of Roland Harper's research in psychology and food science. Food acceptability. D. M. H. Thomson. London and New York, Elsevier: 11-25.
- Fucile, S., P. M. Wright, I. Chan, S. Yee, M. E. Langlais and E. G. Gisel (1998). "Functional oral-motor skills: Do they change with age?" Dysphagia **13**(4): 195-201.
- Furst, L. R. (2010). Introduction. Disorderly Eaters: Texts in Self-Empowerment. L. R. Furst and P. W. Graham, Penn State Press: 1-10.
- Fusari, A. and S. Ballesteros (2008). "Identification of odors of edible and nonedible stimuli as affected by age and gender." Behavior Research Methods **40**(3): 752-759.
- Galanos, A. N., C. F. Pieper, J. C. Cornoni-Huntley, C. W. Bales and G. G. Fillenbaum (1994). "Nutrition and function: is there a relationship between body mass index and the functional capabilities of community-dwelling elderly?" Journal of the American Geriatrics Society **42**(4): 368-373.
- Galloway, A. T., L. Fiorito, Y. Lee and L. L. Birch (2005). "Parental pressure, dietary patterns, and weight status among girls who are "picky eaters"." Journal of the American Dietetic Association **105**(4): 541-548.
- Gana, K., Y. Saada, N. Bailly, M. Joulain, C. Hervé and D. Alaphilippe (2013). "Longitudinal factorial invariance of the Rosenberg Self-Esteem Scale: Determining the nature of method effects due to item wording." Journal of Research in Personality **47**: 406-416.
- Gangbè, M. and F. Ducharme (2006). "Le «bien vieillir»: concepts et modèles." Médecine Sciences **22**(3): 297-300.
- Giboreau, A. (2012). Goût, olfaction, autres systèmes sensoriels et intégration multisensorielle. Odorat et goût: de la neurobiologie des sens chimiques aux applications. R. Salesse and R. Gervais, Quae: 383-390.
- Giduck, S. A., R. M. Threatte and M. R. Kare (1987). "Cephalic reflexes: their role in digestion and possible roles in absorption and metabolism." The Journal of Nutrition **117**(7): 1191-1196.
- Girling, D. M., C. Barkley, E. S. Paykel, E. Gehlhaar, C. Brayne, C. Gill, D. Mathewson and F. A. Huppert (1995). "The prevalence of depression in a cohort of the very elderly." Journal of Affective Disorders **34**(4): 319-329.
- Gojard, S. and A. Lhuissier (2002). "Monotonie ou diversité de l'alimentation: les effets du vieillissement." INRA Sciences Sociales **5/02**(02).
- Gopinath, B., K. J. Anstey, A. Kifley and P. Mitchell (2012). "Olfactory impairment is associated with functional disability and reduced independence among older adults." Maturitas **72**(1): 50-55.
- Gourillon-Cordelle, S., S. Issanchou, P. Schlich, G. Hansen, K. Kramer Vig, R. Nielsen, S. Hoyer, B. Seppelt, U. Simchen and E. Sheehan (2001). "Impact of age and culture on food liking in three European countries " The 4th Pangborn Sensory Science: A Sense Odyssey **22-26 July, Dijon**.
- Griep, M. I., E. Borg, K. Collys and D. L. Massart (1998). "Category ratio scale as an alternative to magnitude matching for age-related taste and odour perception." Food Quality and Preference **9**(1-2): 67-72.
- Griep, M. I., T. F. Mets, K. Collys, P. Vogelaere, M. Laska and D. L. Massart (1997a). "Odour perception in relation to age, general health, anthropometry and dental state." Archives of Gerontology and Geriatrics **25**(3): 263-275.

- Griep, M. I., T. F. Mets and D. L. Massart (1997b). "Different effects of flavour amplification of nutrient dense foods on preference and consumption in young and elderly subjects." Food Quality and Preference **8**(2): 151-156.
- Griep, M. I., T. F. Mets and D. L. Massart (2000). "Effects of flavour amplification of Quorn® and yoghurt on food preference and consumption in relation to age, BMI and odour perception." British Journal of Nutrition **83**(02): 105-113.
- Grunert, K. G., M. Dean, M. M. Raats, N. A. Nielsen and M. Lumbers (2007). "A measure of satisfaction with food-related life." Appetite **49**(2): 486-493.
- Guigoz, Y., S. Lauque and B. J. Vellas (2002). "Identifying the elderly at risk for malnutrition. The Mini Nutritional Assessment." Clinics in Geriatric Medicine **18**(4): 737-757.
- Guralnik, J. M., E. M. Simonsick, L. Ferrucci, R. J. Glynn, L. F. Berkman, D. G. Blazer, P. A. Scherr and R. B. Wallace (1994). "A Short Physical Performance Battery assessing lower extremity function: Association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission." Journal of Gerontology **49**(2): M85-M94.
- Hammar, M. and C. J. Östgren (2013). "Healthy aging and age-adjusted nutrition and physical fitness." Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology **27**(5): 741-752.
- Harris, T., M. G. Kovar, R. Suzman, J. C. Kleinman and J. J. Feldman (1989). "Longitudinal study of physical ability in the oldest-old." American Journal of Public Health **79**(6): 698-702.
- HAS (2007) "Stratégie de prise en charge en cas de dénutrition protéino-énergétique chez la personne âgée. recommandations professionnelles."
- Hays, N. P. and S. B. Roberts (2006). "The anorexia of aging in humans." Physiology & Behavior **88**(3): 257-266.
- Hazif-Thomas, C. and P. Thomas (2014). "Troubles psychiques du sujet âgé." La Revue du Praticien **64**: 1-6.
- Hebel, P. (2007). Comportements et consommations alimentaires en France, CREDOC. Lavoisier.
- Hebel, P. and C. Gaignier (2005). "Les comportements alimentaires des seniors." Cahier recherche CREDOC **207**.
- Hedner, M., M. Larsson, N. Arnold, G. M. Zucco and T. Hummel (2010). "Cognitive factors in odor detection, odor discrimination, and odor identification tasks." Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology **32**(10): 1062-1067.
- Henkin, R. I., L. M. Levy and A. Fordyce (2013). "Taste and smell function in chronic disease: A review of clinical and biochemical evaluations of taste and smell dysfunction in over 5000 patients at The Taste and Smell Clinic in Washington, DC." American Journal of Otolaryngology **34**(5): 477-489.
- Holmén, K. and H. Furukawa (2002). "Loneliness, health and social network among elderly people--a follow-up study." Archives of Gerontology and Geriatrics **35**(3): 261-274.
- Hummel, T., G. Kobal, H. Gudziol and A. Mackay-Sim (2007). "Normative data for the "Sniffin' Sticks" including tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds: an upgrade based on a group of more than 3,000 subjects." European Archives of Oto-Rhino-Laryngology **264**(3): 237-243.
- Hummel, T., B. Sekinger, S. R. Wolf, E. Pauli and G. Kobal (1997). "'Sniffin' sticks' : Olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory threshold." Chemical Senses **22**(1): 39-52.
- Hybels, C. F., L. R. Landerman and D. G. Blazer (2012). "Age differences in symptom expression in patients with major depression." International Journal of Geriatric Psychiatry **27**(6): 601-611.
- Imoscopi, A., E. M. Inelmen, G. Sergi, F. Miotto and E. Manzato (2012). "Taste loss in the elderly: epidemiology, causes and consequences." Aging Clinical and Experimental Research **24**(6): 570-579.
- INSEE (2007). "Résultats du recensement de la population."

- INSEE (2008). "(Pays de la Loire) La vie après 60 ans en Loire-Atlantique." Enjeux et Perspectives. Dossier n°27.
- INSEE (2010). "Résultats du recensement de la population 2010."
- Ji, L., H. Meng and B. Dong (2012). "Factors associated with poor nutritional status among the oldest-old." Clinical Nutrition **31**: 922-926.
- Jouglà, E., G. Pavillon, A. Le Toulec, M. Bovet, S. Rican and G. Salem (2006). "Disparités du niveau de la mortalité des personnes de plus de 64 ans dans les pays de l'Union européenne, année 2000." Bulletin Epidemiologique Hebdomadaire **5-6**: 39-42.
- Kälviäinen, N., K. Roininen and H. Tuorila (2003). "The relative importance of texture, taste and aroma on a yogurt-type snack food preference in the young and the elderly." Food Quality and Preference **14**(3): 177-186.
- Kaneda H, M. K., Goto N, Kobayakawa T, Ayabe-Kanamura S, Saito S (2000). "Decline in taste and odor discrimination abilities with age, and relationship between gustation and olfaction." Chemical Senses **23**: 331-337.
- Kant, A. K., A. Schatzkin, T. B. Harris, R. G. Ziegler and G. Block (1993). "Dietary diversity and subsequent mortality in the First National Health and Nutrition Examination Survey Epidemiologic Follow-up Study." American Journal of Clinical Nutrition **57**(3): 434-440.
- Katz, S., A. B. Ford, R. W. Moskowitz, B. A. Jackson and M. W. Jaffe (1963). "Studies of illness in the aged: The index of adl: a standardized measure of biological and psychosocial function." Journal of the American Medical Association **185**(12): 914-919.
- Kauer, J. (2002) "The range and variation of human food selection: Adult picky eating." Dissertations available from ProQuest. Paper AAI3054960 <http://repository.upenn.edu/dissertations/AAI3054960>, 243.
- Kelly, G. (1955). The psychology of personal constructs. Norton. New York.
- Kesse-Guyot, E., H. Amieva, K. Castetbon, A. Henegar, M. Ferry, C. Jeandel, S. Hercberg, P. Galan, L. Vogt, M. Escande, J. M. Sérot, E. Vasseur, M. Debray, C. Hussonnois, M. Iehl-Robert, M. Le Sommer, T. Boge, J. Rajaonarivo, J. Jouseau, M. Frison, A. Gentric, F. Leenaert, B. Bascou, J. P. Lemaire, N. Baptiste, M. F. Maugourd, A. Gibelain, R. Lopitiaux, J. Hild, H. Nachar, G. Soulié, F. Clémenti, P. Friocourt, A. Sagnier, P. Schiano, A. Collet, D. Richard, F. Zandi, P. Couturier, A. Raynaud-Simon, P. Lermite, M. Alix, E. Alix, F. Puisieux, C. Gaxatte, T. Dantoine, P. Livet, G. Albrand, P. Haond, P. Ménezier, F. Pinoche, S. B. Guillaume, M. Heim, A. Wang, Y. Passadori, A. Benetos, C. Couturier, G. Berrut, S. Sacher-Huvelin, H. Patouraux, P. Brocker, O. Guérin, D. Strubel, F. Dupriez, J. B. Gauvain, Y. Wolmark, O. Hanon, B. Cassou, P. Déjardin, F. De La Fournière, F. Woné, C. Buj-Hardy, M. Paccalin, B. Placines, J. L. Novella, P. Jouanny, F. Martin, P. Chassagne, I. Landrin, C. Girtanner, R. Gonthier, C. Troadec, C. Dourthe, E. Bonnin, J. P. Marot, S. Rossignol, G. Sebbane, P. Y. Cornu, J. J. Monsuez, I. Périllat, R. Ratiney, G. Kaltenbach, Y. Rolland, T. Constans, G. Coz, J. P. Aquino and O. Cézard (2011a). "Adherence to nutritional recommendations and subsequent cognitive performance: Findings from the prospective supplementation with antioxidant vitamins and minerals 2 (SU.VI.MAX 2) study." American Journal of Clinical Nutrition **93**(1): 200-210.
- Kesse-Guyot, E., S. Bertrais, S. Peneau, C. Estaquio, L. Dauchet, A. C. Vergnaud, S. Czernichow, P. Galan, S. Hercberg and F. Bellisle (2008). "Dietary patterns and their sociodemographic and behavioural correlates in French middle-aged adults from the SU.VI.MAX cohort." European Journal of Clinical Nutrition **63**(4): 521-528.
- Kesse-Guyot, E., M. Touvier, A. Henegar, S. Czernichow, P. Galan, S. Hercberg and K. Castetbon (2011b). "Higher adherence to French dietary guidelines and chronic diseases in the prospective SU.VI.MAX cohort." European Journal of Clinical Nutrition **65**(8): 887-894.
- Kimbrell, G. and E. Furchtgott (1963). "The effect of aging on olfactory threshold." Journal of Gerontology.

- Kobal, G., L. Klimek, M. Wolfensberger, H. Gudziol, A. Temmel, C. M. Owen, H. Seeber, E. Pauli and T. Hummel (2000). "Multicenter investigation of 1,036 subjects using a standardized method for the assessment of olfactory function combining tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds." European Archives of Oto-Rhino-Laryngology **257**(4): 205-211.
- Konstantinidis, I., T. Hummel and M. Larsson (2006). "Identification of unpleasant odors is independent of age." Archives of Clinical Neuropsychology **21**(7): 615-621.
- Koskinen, S., N. Kälviäinen and H. Tuorila (2003a). "Flavor enhancement as a tool for increasing pleasantness and intake of a snack product among the elderly." Appetite **41**(1): 87-96.
- Koskinen, S., N. Kälviäinen and H. Tuorila (2003b). "Perception of chemosensory stimuli and related responses to flavored yogurts in the young and elderly." Food Quality and Preference **14**(8): 623-635.
- Koskinen, S. and H. Tuorila (2005). "Performance on an odor detection and identification test as a predictor of ortho- and retronasal odor intensity ratings in the young and elderly." Food Quality and Preference **16**(5): 383-392.
- Koskinen, S., S. Vento, H. Malmberg and H. Tuorila (2004). "Correspondence Between Three Olfactory Tests and Suprathreshold Odor Intensity Ratings." Acta Oto-laryngologica **124**(9): 1072-1077.
- Köster, E. P. (2003). "The psychology of food choice: some often encountered fallacies." Food Quality and Preference **14**(5-6): 359-373.
- Kremer, S., J. H. F. Bult, J. Mojet and J. H. A. Kroeze (2007a). "Compensation for age-associated chemosensory losses and its effect on the pleasantness of a custard dessert and a tomato drink." Appetite **48**(1): 96-103.
- Kremer, S., N. Holthuysen and S. Boesveldt (2014). "The influence of olfactory impairment in vital, independently living older persons on their eating behaviour and food liking." Food Quality and Preference **38**: 30-39.
- Kremer, S., J. Mojet and J. H. A. Kroeze (2007b). "Differences in perception of sweet and savoury waffles between elderly and young subjects." Food Quality and Preference **18**(1): 106-116.
- Lamy, M., P. Mojon, G. Kalykakis, R. Legrand and E. Butz-Jorgensen (1999). "Oral status and nutrition in the institutionalized elderly." Journal of dentistry **27**(6): 443-448.
- Landi, F., F. Lattanzio, G. Dell'Aquila, P. Eusebi, B. Gasperini, R. Liperoti, A. Belluigi, R. Bernabei and A. Cherubini (2013). "Prevalence and potentially reversible factors associated with anorexia among older nursing home residents: results from the ULISSE project." Journal of the American Medical Directors Association **14**(2): 119-124.
- Lanzieri, G. (2011). "The greying of the baby boomers. A century-long view of ageing in European populations." eurostat, statistics in focus **23,2011**.
- Larrieu, S., L. Letenneur, C. Berr, J. F. Dartigues, K. Ritchie, A. Alperovitch, B. Tavernier and P. Barberger-Gateau (2004). "Sociodemographic Differences in Dietary Habits in a Population-Based Sample of Elderly Subjects: The 3C Study." Journal of Nutrition, Health & Aging **8**(6): 497-502.
- Larsson, M. (1996). "Odor and source remembering in adulthood and aging: influences of semantic activation and item richness." Thesis report, Karolinska Institute, Stockholm.
- Larsson, M. and L. Backman (1997). "Age-related differences in episodic odour recognition: the role of access to specific odour names." Memory **5**(3): 361-378.
- Larsson, M. and L. Bäckman (1993). "Semantic Activation and Episodic Odor Recognition in Young and Older Adults." Psychology and Aging **8**(4): 582-588.
- Laureati, M., E. Pagliarini and O. Calcinoni (2008). "Does the enhancement of chemosensory stimuli improve the enjoyment of food in institutionalized elderly people ? ." Journal of Sensory Studies **23**(2): 234-250.

- Laureati, M., E. Pagliarini, O. Calcinoni and M. Bidoglio (2006). "Sensory acceptability of traditional food preparations by elderly people." Food Quality and Preference **17**(1-2): 43-52.
- Lawrence, G., S. Buchin, C. Achilleos, F. Bérodiér, C. Septier, P. Courcoux and C. Salles (2012). "In Vivo Sodium Release and Saltiness Perception in Solid Lipoprotein Matrices. 1. Effect of Composition and Texture." Journal of Agricultural and Food Chemistry **60**(21): 5287-5298.
- Lawton, M. P. and E. M. Brody (1969). "Assessment of older people: Self-maintaining and instrumental activities of daily living " Gerontologist **9**: 179-186.
- Le Pape, A. and T. Lecomte (1999). "Prévalence et prise en charge médicale de la dépression." CREDES **485**: 108.
- Lee, M. S., Y. C. Huang and M. L. Wahlqvist (2010). "Chewing ability in conjunction with food intake and energy status in later life affects survival in taiwanese with the metabolic syndrome." Journal of the American Geriatrics Society **58**(6): 1072-1080.
- Legarth, S. V., C. S. Simonsen, O. Dyrland, L. Bramsløw, C. T. Jespersen, G. Le Ray and N. Zacharov (2013). A hearing impaired panel for the hearing aid industry. 10th Pangborn Sensory Science Symposium. Rio.
- Lehrner, J. P., J. Gluck and M. Laska (1999). "Odor identification, consistency of label use, olfactory threshold and their relationships to odor memory over the human lifespan." Chemical Senses **24**(3): 337-346.
- Lennartsson, C. and M. Silverstein (2001). "Does engagement with life enhance survival of elderly people in Sweden? The role of social and leisure activities." The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences **56**(6): S335-S342.
- Lesourd, B. and S. Dadet (2013). "Portage de repas à domicile : quel rôle et quelle efficacité ?" Les cahiers de l'année gérontologique **5**(4): 318-325.
- Lesourd, B. and M.-F. Mathey (2002). L'anorexie des personnes âgées. Paris, FRANCE, Hervas.
- Lesourd, B., A. Raynaud-Simon and M.-F. Mathey (2001). "Comment favoriser la prise alimentaire des sujets âgés." Nutrition Clinique et Métabolisme **15**(3): 177-188.
- Lévy, C. M., A. MacRae and E. P. Köster (2006). "Perceived stimulus complexity and food preference development." Acta Psychologica **123**(3): 394-413.
- Lluch, A., J. P. Kahn, A. Stricker-Krongrad, O. Ziegler, P. Drouin and L. Méjean (1996). "Internal validation of a French version of the Dutch eating behaviour questionnaire." European Psychiatry **11**(4): 198-203.
- Lundström, J. N., A. R. Gordon, P. Wise and J. Frasnelli (2012). "Individual Differences in the Chemical Senses: Is There a Common Sensitivity?" Chemical Senses **37**(4): 371-378.
- Mackay-Sim, A., L. Grant, C. Owen, D. Chant and P. Silburn (2004). "Australian norms for a quantitative olfactory function test." Journal of Clinical Neuroscience **11**(8): 874-879.
- Mackay-Sim, A., A. N. Johnston, C. Owen and T. H. Burne (2006). "Olfactory ability in the healthy population: reassessing presbyosmia." Chemical Senses **31**(8): 763-771.
- Maitre, I., R. Symoneaux, S. Issanchou and C. Sulmont Rosse (2012). Impact of ageing on chemosensory capacities : Evidence for the existence of different patterns of alteration. XVI International Symposium on Olfaction and Taste. Stockholm, Sweden.
- Maitre, I., V. Van Wymelbeke, M. Amand, E. Vigneau, S. Issanchou and C. Sulmont-Rossé (2014). "Food pickiness in the elderly: Relationship with dependency and malnutrition." Food Quality and Preference **32, Part B**(0): 145-151.
- Maitre, I., V. Van Wymelbeke, C. Sulmont-Rossé, V. Cariou, N. Bailly, J. M. Ferrandi, A. Salle and E. Vigneau (2013). Food behaviour and health patterns in the French elderly population. 10th Pangborn Sensory Science Symposium. Rio.
- Manton, K. G. and J. W. Vaupel (1995). "Survival after the Age of 80 in the United States, Sweden, France, England, and Japan." New England Journal of Medicine **333**(18): 1232-1235.

- Marchi, M. and P. Cohen (1990). "Early Childhood Eating Behaviors and Adolescent Eating Disorders." Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry **29**(1): 112-117.
- Margetts, B. M., R. L. Thompson, M. Elia and A. A. Jackson (2003). "Prevalence of risk of undernutrition is associated with poor health status in older people in the UK." European Journal of Clinical Nutrition **57**(0954-3007 (Print)): 69-74.
- Marin, A. B., T. E. Acree and J. Barnard (1988). "Variation in odor detection thresholds determined by charm analysis." Chemical Senses **13**(3): 435-444.
- Mascola, A. J., S. W. Bryson and W. S. Agras (2010). "Picky eating during childhood: A longitudinal study to age 11years." Eating Behaviors **11**(4): 253-257.
- Mattes, R. D. (2002). "The chemical senses and nutrition in aging: Challenging old assumptions." Journal of the American Dietetic Association **102**(2): 192-196.
- Mattsson Sydner, Y. and C. Fjellström (2007). "Illuminating the (non-)meaning of food: organization, power and responsibilities in public elderly care – a Swedish perspective." Journal of Foodservice **18**(3): 119-129.
- McAlister, L. and E. Pessemier (1982). "Variety Seeking Behavior: An Interdisciplinary Review." Journal of Consumer Research **9**(3): 311-322.
- McLachlan, G. J., D. Peel and R. W. Bean (2003). "Modelling high-dimensional data by mixtures of factor analyzers." Computational Statistics & Data Analysis **41**(3-4): 379-388.
- McMullin, J. A. and J. Cairney (2004). "Self-esteem and the intersection of age, class, and gender." Journal of Aging Studies **18**(1): 75-90.
- Meiselman, H. and D. Waterman (1978). "Food preferences of enlisted personnel in the Armed Forces." Journal of the American Dietetic Association **73**(6): 621-629.
- Methven, L., V. J. Allen, C. A. Withers and M. A. Gosney (2012). Ageing and taste. Cambridge, ROYAUME-UNI, Cambridge University Press.
- Mioche, L. (2004). "Mastication and food texture perception : variation with age." Journal of Texture Studies **35**(2): 145-158.
- Mioche, L., P. Bourdiol and S. Monier (2002). Changes in chewing behavior induced by aging and consequences in texture perception during meat consumption. Tenth Food Choice Conference. DeGraaf. Wageningen, The Netherlands.
- Mioche, L., P. Bourdiol and M. A. Peyron (2004). "Influence of age on mastication: effects on eating behaviour." Nutrition Research Reviews **17**(1): 43-54.
- Mischlich, D. (2012). Introduction. Nutrition de la personne âgée (4^e édition). M. Ferry, D. Mischlich, E. Alixet al, Elsevier Masson: 3-5.
- Mitchell, A. J., V. Bird, M. Rizzo and N. Meader (2010). "Diagnostic validity and added value of the geriatric depression scale for depression in primary care: A meta-analysis of GDS30 and GDS15." Journal of Affective Disorders **125**(1-3): 10-17.
- Moingeon, B. (1993). "La sociologie de Pierre Bourdieu et son apport au marketing." Recherche et Applications en Marketing **8**(2): 105-123.
- Mojet, J., E. Christ-Hazelhof and J. Heidema (2001). "Taste perception with age: Generic or specific losses in threshold sensitivity to the five basic tastes?" Chemical Senses **26**(7): 845-860.
- Mojet, J., E. Christ-Hazelhof and J. Heidema (2005). "Taste perception with age: pleasantness and its relationships with threshold sensitivity and supra-threshold intensity of five taste qualities." Food Quality and Preference **16**(5): 413-423.
- Mojet, J., J. Heidema and E. Christ-Hazelhof (2003). "Taste perception with age: Generic or specific losses in supra-threshold intensities of five taste qualities?" Chemical Senses **28**(5): 397-413.
- Mojon, P., E. Budtz-Jørgensen and C. H. Rapin (1999). "Relationship between oral health and nutrition in very old people." Age and Ageing **28**(5): 463-468.
- Møller, P., J. Mojot and E. P. Köster (2007). "Incidental and Intentional Flavor Memory in Young and Older Subjects." Chemical Senses **32**(6): 557-567.

- Møller, P., C. Wulff and E. P. Köster (2004). "Do age differences in odour memory depend on differences in verbal memory?" Neuroreport **15**(5): 915-917.
- Monnery-Patris, S. (2009). L'enfant difficile à table : impact des caractéristiques personnelles et des pratiques familiales. Résultats préliminaires de l'étude Opaline. XVIIIèmes Rencontres Scientifiques de Nutrition, Paris, Institut Danone.
- Mor, V., V. Wilcox, W. Rakowski and J. Hiris (1994). "Functional transitions among the elderly: patterns, predictors, and related hospital use." American journal of public health **84**(8): 1274-1280.
- Morel, A. (2013). société et vieillissement, Ministère des affaires sociales et de la santé.
- Morley, J. (2012). "Anorexia of aging: A true geriatric syndrome." The Journal of Nutrition, Health & Aging **16**(5): 422-425.
- Morley, J. E. (2001). "Decreased food intake with aging." The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences **56**(suppl 2): 81-88.
- Morrissey, P. A., C. M. Delahunty and C. A. Martin (2003) "Sensory Factors Influencing Healthy Food Choices." Healthsense project.
- Motta, L., G. Baggio, M. Dallavestra, S. Donazzan, G. Sangiorgi, M. Barbagallo, G. Frada, S. Bertolini, M. Agretti and P. Costelli (1998). "Assessment of sense of taste in Italian Centenarians." Archives of Gerontology and Geriatrics **26**(2): 177-183.
- Murphy, C. (1983). "Age-related Effects on the Threshold, Psychophysical Function, and Pleasantness of Menthol." Journal of Gerontology **38**(2): 217-222.
- Murphy, C. (1986). Taste and smell in the elderly. Clinical measurement of taste and smell, New York : Macmillan: 343-369.
- Murphy, C., W. S. Cain, M. M. Gilmore and B. R. Skinner (1991). "sensory and semantic factors in recognition memory for odors and graphic stimuli : elderly versus young persons." American Journal of Psychology **104**: 161-192.
- Murphy, C., C. R. Schubert, K. J. Cruickshanks, B. E. K. Klein, R. Klein and D. M. Nondahl (2002). "Prevalence of olfactory impairment in older adults." Journal of the American Medical Association **288**(18): 2307-2312.
- Murphy, C. and J. Withee (1986). "Age-Related Differences in the Pleasantness of Chemosensory Stimuli." Psychology and Aging **1**(4): 312-318.
- Murray, J. M., C. M. Delahunty and I. A. Baxter (2001). "Descriptive sensory analysis: Past, present and future." Food Research International **34**(6): 461-471.
- Nasri, N., C. Septier, N. Beno, C. Salles and T. Thomas-Danguin (2013). "Enhancing salty taste through odour-taste-taste interactions: Influence of odour intensity and salty tastants' nature." Food Quality and Preference **28**(1): 134-140.
- Nicolas, A.-S., S. Andrieu, F. Nourhashémi, Y. Rolland and B. Vellas (2001). "Successful aging and nutrition." Nutrition Reviews **59**(8): S88-S92.
- Nordin, S., Almkvist, O., & Berglund, B. (2012). "Is Loss in Odor Sensitivity Inevitable to the Aging Individual? A Study of "Successfully Aged" Elderly." Chemosensory Perception **5**: 188-196.
- Nourhashémi, F., S. Andrieu, S. Gillette-Guyonnet, B. Vellas, J. L. Albarède and H. Grandjean (2001). "Instrumental Activities of Daily Living as a potential marker of frailty: A study of 7364 community-dwelling elderly women (the EPIDOS Study)." The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences **56**(7): M448-M453.
- Ödlund, O. A., A. Koochek, O. Ljungqvist and T. Cederholm (2005). "Nutritional status, well-being and functional ability in frail elderly service flat residents." European Journal of Clinical Nutrition **59**(2): 263-270.
- Payette, H., C. Coulombe, V. Boutier and K. Gray-Donald (1999). "Weight loss and mortality among free-living frail elders: a prospective study." The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences **54**(9): M440 - 445.
- Peel, N. M., R. J. McClure and H. P. Bartlett (2005). "Behavioral determinants of healthy aging." American Journal of Preventive Medicine **28**(3): 298-304.

- Pelchat, M. C. and D. Burkhardt-Kulpa (1996). "Taste sensitivity and preference in the frail, institutionalized elderly." Chemical Senses **21**, 654(654).
- Pinquart, M. and S. Sörensen (2001). "Gender differences in self-concept and psychological well-being in old Age: A meta-analysis." The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences **56**(4): P195-P213.
- Plailly, J., N. Luangraj, S. Nicklaus, S. Issanchou, J.-P. Royet and C. Sulmont-Rossé (2011). "Alliesthesia is greater for odors of fatty foods than of non-fat foods." Appetite **57**(3): 615-622.
- PNNS (2011). Programme National Nutrition Santé 2011 2015, Ministère du Travail de l'Emploi et de la Santé, DICOM S-11-047.
- Potts, H. W. W. and J. Wardle (1998). "The List Heuristic for Studying Personality Correlates of Food Choice Behaviour: a Review and Results from Two Samples." Appetite **30**(1): 79-92.
- Poulain, J.-P. (2011). Sociologie de l'alimentation, Puf.
- Quandt, S. A., J. McDonald, T. A. Arcury, R. A. Bell and M. Z. Vitolins (2000). "Nutritional self-management of elderly widows in rural communities." Gerontologist **40**(1): 86-96.
- Ramic, E., N. Pranjić, O. Batic-Mujanovic, E. Karic, E. Alibasic and A. Alic (2011). "The effect of loneliness on malnutrition in elderly population." Medical Archives **65**(2): 92-95.
- Ranawana, V., J. A. Monro, S. Mishra and C. J. K. Henry (2010). "Degree of particle size breakdown during mastication may be a possible cause of interindividual glycemic variability." Nutrition Research **30**(4): 246-254.
- Raudenbush, B., N. J. Van Der Klaauw and R. A. Frank (1995). "The Contribution of Psychological and Sensory Factors to Food Preference Patterns as Measured by the Food Attitudes Survey (FAS)." Appetite **25**(1): 1-15.
- Ravaglia, G., P. Forti, A. Lucicesare, N. Pisacane, E. Rietti and C. Patterson (2008). "Development of an easy prognostic score for frailty outcomes in the aged." Age and Ageing **37**(2): 161-166.
- Raynaud-Simon, A., M. Bonnefoy and M. Ferry (2012). Muscle et nutrition. Nutrition de la personne âgée (4^e édition). M. Ferry, D. Mischlich, E. Alixet al. Paris, Elsevier Masson: 59-64.
- Raynaud-Simon, A., S. Lafont, C. Berr, J. F. Dartigues and Y. Le Bouc (2002). "Orosomucoid: a mortality risk factor in elderly people living in the community?" Clinical Nutrition **21**(1): 45-50.
- Rizzuto, D., N. Orsini, C. Qiu, H.-X. Wang and L. Fratiglioni (2012). "Lifestyle, social factors, and survival after age 75: population based study." BMJ **345**.
- Roberts, S. B., P. Fuss, M. B. Heyman and et al. (1994). "Control of food intake in older men." Journal of American Medical Association **272**(20): 1601-1606.
- Roberts, S. B., C. L. Hajduk, N. C. Howarth, R. Russell and M. A. McCrory (2005). "Dietary Variety Predicts Low Body Mass Index and Inadequate Macronutrient and Micronutrient Intakes in Community-Dwelling Older Adults." The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences **60**(5): 613-621.
- Roberts, S. B. and N. P. Hays (2001). Regulation of Energy Intake in Old Age. Functional Neurobiology of Aging. R. H. Patrick and V. M. Charles. San Diego, Academic Press: 829-838.
- Roininen, K., L. LÄhteenmäki and H. Tuorila (1999). "Quantification of Consumer Attitudes to Health and Hedonic Characteristics of Foods." Appetite **33**(1): 71-88.
- Rolls, B. J. (1991). "effect of age on sensory-specific appetite." American Journal of Clinical Nutrition **54**: 988-996.
- Rolls, B. J. (1993). "Appetite, Hunger and Satiety in the Elderly." Critical Reviews in Food Science and Nutrition **33**(1): 39-44.
- Rolls, B. J., K. A. Dimeo and D. J. Shide (1995). "Age-related impairments in the regulation of food intake." The American Journal of Clinical Nutrition **62**(5): 923-931.

- Rolls, E. (1984). "The neurophysiology of feeding." International Journal of Obesity **8**(1): 139-150.
- Rolls, E. T. (2010). Taste, Olfactory and Food-texture Processing in the Brain and the Control of Appetite. Obesity Prevention. D. Laurette, B. Antoine, D. Alainet al. San Diego, Academic Press: 41-56.
- Rosenberg, M. (1965). Society and the adolescent self-image, Princeton University Press (Princeton, N.J).
- Ross, G. W., H. Petrovitch, R. D. Abbott, C. M. Tanner, J. Popper, K. Masaki, L. Launer and L. R. White (2008). "Association of olfactory dysfunction with risk for future Parkinson's disease." Annals of Neurology **63**(2): 167-173.
- Rozin, P. and L. M. Barker (1982). "Human food selection: the interaction of biology, culture and individual experience." The psychobiology of human food selection: 225-254.
- Russell, C. G. and D. N. Cox (2003). "A computerised adaptation of the repertory grid methodology as a useful tool to elicit older consumers' perceptions of foods." Food Quality and Preference **14**(8): 681-691.
- Saka, B., O. Kaya, G. B. Ozturk, N. Erten and M. A. Karan (2010). "Malnutrition in the elderly and its relationship with other geriatric syndromes." Clinical Nutrition **29**(6): 745-748.
- Sawaya, A. L., P. J. Fuss, G. E. Dallal, R. Tsay, M. A. McCrory, V. Young and S. B. Roberts (2001). "Meal palatability, substrate oxidation and blood glucose in young and older men." Physiology & Behavior **72**(1-2): 5-12.
- Schiffman, S. S. (1991). Drugs influencing taste and smell perception. Smell and taste in health and disease. Raven-Press. New York: 845-850.
- Schiffman, S. S. (1993). "Perception of taste and smell in elderly persons." Critical Reviews in Food Science and Nutrition **33**(1): 17-26.
- Schiffman, S. S. (1997). "Taste and smell losses in normal aging and disease." Journal of American Medical Association **278**(16): 1357-1362.
- Schiffman, S. S. (2000). "Taste quality and neural coding: Implications from psychophysics and neurophysiology." Physiology & Behavior **69**(1-2): 147-159.
- Schiffman, S. S. and B. G. Graham (2000). "Taste and smell perception affect appetite and immunity in the elderly." European Journal of Clinical Nutrition **54 Suppl 3**: 54-63.
- Schiffman, S. S., M. P. Manning, Z. S. Warwick and A. L. Crumblissi (1995). "Detection thresholds of potassium salts are related to the molar conductivity of the anion." Brain Research Bulletin **37**(6): 623-626.
- Schiffman, S. S., J. Moss and R. P. Erickson (1976). "Thresholds of food odors in the elderly." Experimental Aging Research **2**(5): 389-398.
- Schiffman, S. S. and Z. S. Warwick (1988). "Flavor enhancement of foods for the elderly can reverse anorexia." Neurobiology of Aging **9**(0): 24-26.
- Schubert, C. R., K. J. Cruickshanks, M. E. Fischer, G.-H. Huang, B. E. K. Klein, R. Klein, J. S. Pankow and D. M. Nondahl (2012). "Olfactory impairment in an adult population: the Beaver Dam Offspring Study." Chemical Senses **37**(4): 325-334.
- Seccareccia, F., A. Alberti-Fidanza, F. Fidanza, G. Farchi, K. M. Freeman, S. Mariotti and A. Menotti (2003). "Vegetable intake and long-term survival among middle-aged men in Italy." Annals of Epidemiology **13**(6): 424-430.
- Sheikh, J. I. (1986). "Geriatric Depression Scale (GDS) recent evidence and development of a shorter version." Clinical Gerontologist **5**: 165-173.
- Sidenvall, B. (1999a). "Elderly households and meals from a female perspective." Aldrehusshallet och maltiden ur ett kvinnoperspektiv **43**(1): 31-34.
- Sidenvall, B. (1999b). "Meal procedures in institutions for elderly people: a theoretical interpretation." Journal of Advanced Nursing **30**(2): 319-328.
- Silverstone, T. (1976). Appetite and food intake, Dahlem Konferenzen.
- Smith, A. M., S. Roux, N. T. Naidoo and D. J. Venter (2005). "Food choice of tactile defensive children." Nutrition **21**(1): 14-19.

- Smith, G. C. (1988). "The spatial shopping behaviour of the urban elderly: A review of the literature." *Geoforum* **19**(2): 189-200.
- Solemdal, K., L. Sandvik, T. Willumsen, M. Mowe and T. Hummel (2012). "The Impact of Oral Health on Taste Ability in Acutely Hospitalized Elderly." *PLoS One* **7**(5): e36557.
- Sorensen, L. B., P. Moller, A. Flint, M. Martens and A. Raben (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.
- Spector, W. D., S. Katz, J. B. Murphy and J. P. Fulton (1987). "The hierarchical relationship between activities of daily living and instrumental activities of daily living." *Journal of Chronic Diseases* **40**(6): 481-489.
- Steele, J. G., S. M. T. Ayatollahi, A. W. G. Walls and J. J. Murray (1997). "Clinical factors related to reported satisfaction with oral function amongst dentate older adults in England." *Community Dentistry and Oral Epidemiology* **25**(2): 143-149.
- Stevens, J. C., L. M. Bartoshuk and W. S. Cain (1984). "chemical senses and aging : taste versus smell." *Chemical Senses* **9**(2): 167-179.
- Stevens, J. C. and W. S. Cain (1987). "Old-age deficits in the sense of smell as gauged by thresholds, magnitude matching, and odor identification." *Psychology and Aging* **2**(1): 36-42.
- Stevens, J. C., W. S. Cain and R. J. Burke (1988). "Variability of olfactory thresholds." *Chemical Senses* **13**(4): 643-653.
- Stevens, J. C., W. S. Cain, A. Demarque and A. M. Ruthruff (1991). "On the discrimination of missing ingredients: Aging and salt flavor." *Appetite* **16**(2): 129-140.
- Stevens, J. C., W. S. Cain, F. T. Schiet and M. W. Oatley (1989). "Olfactory adaptation and recovery in old age." *Perception* **18**(2): 265-276.
- Stevens, J. C. and A. Dadarwala (1993). "Variability of olfactory threshold and its role in assessment of aging." *Perception & Psychophysics* **54**(3): 296-302.
- Stevens, J. C., A. Plantinga and W. S. Cain (1982). "Reduction of odor and nasal pungency associated with aging." *Neurobiology of Aging* **3**(2): 125-132.
- Stinton, N., M. A. Atif, N. Barkat and R. L. Doty (2010). "Influence of smell loss on taste function." *Behavioral Neuroscience* **124**(2): 256-264.
- Stuck, B. A., S. Frey, C. Freiburg, K. Hörmann, T. Zahnert and T. Hummel (2006). "Chemosensory event-related potentials in relation to side of stimulation, age, sex, and stimulus concentration." *Clinical Neurophysiology* **117**(6): 1367-1375.
- Sturm, K., B. Parker, J. Wishart, C. Feinle-Bisset, K. L. Jones, I. Chapman and M. Horowitz (2004). "Energy intake and appetite are related to antral area in healthy young and older subjects." *The American Journal of Clinical Nutrition* **80**(3): 656-667.
- Stute, W. and L. Zhu (1995). "Asymptotics of k-means clustering based on projection pursuit." *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics, Series A*: 462-471.
- Sulmont-Rosse, C., I. Maître, M. Amand, R. Symoneaux, V. Van Wymelbeke, E. Caumon, J. Tavarès and S. Issanchou (submitted). "Evidence for different patterns of chemosensory alterations in the elderly population: impact of age versus dependency." *Chemical Senses*.
- Sulmont-Rossé, C., I. Maître and S. Issanchou (2010). "age, perception chimiosensorielle et préférences alimentaires " *Gérontologie et société* **3 (n°134)**(134): 87:106.
- Sulmont-Rossé, C., I. Maître and V. Van Wymelbeke (2012). AUPALESENS: improving pleasure of elderly people for fighting against malnutrition *7ème Congrès international goût nutrition santé*. VITAGORA. Dijon.
- Sulmont-Rossé, C., P. Møller, S. Issanchou and E. P. Köster (2008). "Effect of Age and Food Novelty on Food Memory." *Chemosensory Perception* **1**(3): 199-209.
- Symoneaux, R., M. V. Galmarini and E. Mehinagic (2012). "Comment analysis of consumer's likes and dislikes as an alternative tool to preference mapping. A case study on apples." *Food Quality and Preference* **24**(1): 59-66.

- Szczesniak, A. S. (2002). "Texture is a sensory property." *Food Quality and Preference* **13**(4): 215-225.
- Taylor, A. J. and R. S. T. Linforth (1996). "Flavour release in the mouth." *Trends in Food Science & Technology* **7**(12): 444-448.
- Teff, K. L. and K. Engelman (1996). "Palatability and dietary restraint: Effect on cephalic phase insulin release in women." *Physiology & Behavior* **60**(2): 567-573.
- Thomas-Danguin, T., C. Rouby, G. Sicard, M. Vigouroux, V. Farget, A. Johanson, A. Bengtson, G. Hall, W. Ormel, C. De Graaf, F. Rousseau and J.-P. Dumont (2003). "Development of the ETOC: A European test of olfactory capabilities." *Rhinology* **41**: 142-151.
- Timmerman, M., E. Ceulemans, K. Roover and K. Leeuwen (2013). "Subspace K-means clustering." *Behavior Research Methods* **45**(4): 1011-1023.
- Toffanello, E. D., E. M. Inelmen, A. Imoscopi, E. Perissinotto, A. Coin, F. Miotto, L. M. Donini, D. Cucinotta, M. Barbagallo, E. Manzato and G. Sergi (2013). "Taste loss in hospitalized multimorbid elderly subjects." *Clinical Interventions in Aging* **8**: 167-174.
- Trichopoulou, A., P. Orfanos, T. Norat, B. Bueno-de-Mesquita, M. C. Ocké, P. H. Peeters, Y. T. v. d. Schouw, H. Boeing, K. Hoffmann, P. Boffetta, G. Nagel, G. Masala, V. Krogh, S. Panico, R. Tumino, P. Vineis, C. Bamia, A. Naska, V. Benetou, P. Ferrari, N. Slimani, G. Pera, C. Martinez-Garcia, C. Navarro, M. Rodriguez-Barranco, M. Dorronsoro, E. A. Spencer, T. J. Key, S. Bingham, K.-T. Khaw, E. Kesse, F. Clavel-Chapelon, M.-C. Boutron-Ruault, G. Berglund, E. Wirfalt, G. Hallmans, I. Johansson, A. Tjonneland, A. Olsen, K. Overvad, H. H. Hundborg, E. Riboli and D. Trichopoulos (2005). "Modified Mediterranean diet and survival: EPIC-elderly prospective cohort study." *BMJ* **330**(7498): 991.
- Tubert-Jeannin, S., P. J. Riordan, A. Morel-Papernot, S. Porcheray and S. Saby-Collet (2003). "Validation of an oral health quality of life index (GOHAI) in France." *Community Dentistry and Oral Epidemiology* **31**(4): 275-284.
- Tuorila, H. (2014). "From sensory evaluation to sensory and consumer research of food: an autobiographical perspective." *Food Quality and Preference*(0).
- Tuorila, H., Å. Anderson, A. Martikainen and H. Salovaara (1998). "Effect of product formula, information and consumer characteristics on the acceptance of a new snack food." *Food Quality and Preference* **9**(5): 313-320.
- Vallieres, E. F. and R. J. Vallerand (1990). "Traduction et validation canadienne-française de l'échelle de l'estime de soi de Rosenberg." *International Journal of Psychology* **25**(2): 305-316.
- van Bokhorst-de van der Schueren, M. A. E., S. Lonterman-Monasch, O. J. de Vries, S. A. Danner, M. H. H. Kramer and M. Muller (2013). "Prevalence and determinants for malnutrition in geriatric outpatients." *Clinical Nutrition* **32**(6): 1007-1011.
- Van Duyn, M. A. S. and E. Pivonka (2000). "Overview of the health benefits of fruit and vegetable consumption for the dietetics professional: selected literature." *Journal of the American Dietetic Association* **100**(12): 1511-1521.
- Van Lancker, A., S. Verhaeghe, A. Van Hecke, K. Vanderwee, J. Goossens and D. Beeckman (2012). "The association between malnutrition and oral health status in elderly in long-term care facilities: A systematic review." *International Journal of Nursing Studies* **49**(12): 1568-1581.
- Van Strien, T., J. E. R. Frijters, G. P. A. Bergers and P. B. Defares (1986). "The Dutch Eating Behavior Questionnaire (DEBQ) for assessment of restrained, emotional, and external eating behavior." *International Journal of Eating Disorders* **5**(2): 295-315.
- Vanderwee, K., E. Clays, I. Bocquaert, M. Gobert, B. Folens and T. Defloor (2010). "Malnutrition and associated factors in elderly hospital patients: A Belgian cross-sectional, multi-centre study." *Clinical Nutrition* **29**(4): 469-476.
- Venstrom, D. and J. E. Amoore (1968). "Olfactory Threshold, in Relation to Age, Sex or Smoking." *Journal of Food Science* **33**(3): 264-265.

- Veyrone, J.-L. and L. Mioche (2000). "Complete denture wearers: electromyography of mastication and texture perception whilst eating meat." European Journal of Oral Sciences **108**(2): 83-92.
- Veyrone, J. L. and C. Lassauzay (2009). Vieillesse et pathologie buccodentaire. Traité de nutrition de la personne âgée, Springer Paris: 73-82.
- Vichi, M. and H. A. L. Kiers (2001). "Factorial k-means analysis for two-way data." Computational Statistics & Data Analysis **37**(1): 49-64.
- Vichi, M. and G. Saporta (2009). "Clustering and disjoint principal component analysis." Computational Statistics & Data Analysis **53**(8): 3194-3208.
- Wallace, J. I., R. S. Schwartz, A. Z. LaCroix, R. F. Uhlmann and R. A. Pearlman (1995). "Involuntary weight loss in older outpatients: incidence and clinical significance." Journal of the American Geriatrics Society **43**(4): 329-337.
- Wang, T.-F., I. J. Chen and I. C. Li (2012). "Associations between chewing and swallowing problems and physical and psychosocial health status of long-term care residents in Taiwan: A pilot study." Geriatric Nursing **33**(3): 184-193.
- Warwick, Z. S., W. G. Hall, T. N. Pappas and S. S. Schiffman (1993). "Taste and smell sensations enhance the satiating effect of both a high-carbohydrate and a high-fat meal in humans." Physiology & Behavior **53**(3): 553-563.
- Weiffenbach, J. M. (1991). Chemical senses in aging. Smell and Taste in Health and Disease... D. R. Getchell TV, Bartoshuk LM, Snow JB, . New-York, Raven Press: 369-378.
- Westergren, A., C. Lindholm, A. Mattsson and K. Ulander (2009). "Minimal eating observation form: reliability and validity." Journal of Nutrition Health and Aging **13**(1): 6-12.
- Westergren, A., M. Unosson, O. Ohlsson, B. Lorefält and I. R. Hallberg (2002). "Eating difficulties, assisted eating and nutritional status in elderly (≥ 65 years) patients in hospital rehabilitation." International Journal of Nursing Studies **39**(3): 341-351.
- WHO. (2012). "10 facts on ageing and the life course." Retrieved 2013/08/28, 2013, from <http://www.who.int/features/factfiles/ageing/fr/index.html>.
- WHO, F. (2003). "Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases." WHO technical report series, **916**.
- Williams, E. (1949). "Experimental Designs Balanced for the Estimation of Residual Effects of Treatments." Australian Journal of Chemistry **2**(2): 149-168.
- Wilson, R. S., J. A. Schneider, S. E. Arnold, Y. Tang, P. A. Boyle and D. A. Bennett (2007). "Olfactory identification and incidence of mild cognitive impairment in older age." Archives of General Psychiatry **64**(7): 802-808.
- Wilson, R. S., L. Yu and D. A. Bennett (2011). "Odor identification and mortality in old age." Chemical Senses **36**: 63:67.
- Windle, G., D. Hughes, P. Linck, I. Russell and B. Woods (2010). "Is exercise effective in promoting mental well-being in older age? A systematic review." Aging & Mental Health **14**(6): 652-669.
- Wisner-Bourgeois, C. (2007). Représentations sociales et comportements alimentaires. Les comportements alimentaires. D. Chapelot and J. Louis-Sylvestre, Editions TEC&DOC: 259-277.
- Withers, C., M. A. Gosney and L. Methven (2013). "Perception of Thickness, Mouth Coating and Mouth Drying of Dairy Beverages by Younger and Older Volunteers." Journal of Sensory Studies **28**(3): 230-237.
- Witten, D. M. and R. Tibshirani (2010). "A framework for feature selection in clustering." Journal of the American Statistical Association **105**(490): 713-726.
- Wong, C. L. and B. A. Mullan (2009). "Predicting breakfast consumption: An application of the theory of planned behaviour and the investigation of past behaviour and executive function." British Journal of Health Psychology **14**(3): 489-504.

- Wong, K. K., M. L. T. M. Muller, H. Kuwabara, S. A. Studenski and N. I. Bohnen (2010). "Olfactory loss and nigrostriatal dopaminergic denervation in the elderly." Neuroscience Letters **484**(3): 163-167.
- Woo, J., S. Ho, J. Lau and Y. K. Yuen (1994). "Chewing difficulties and nutritional status in the elderly." Nutrition Research **14**(11): 1649-1654.
- Yesavage, J., T. Brink and T. Rose (2000). "Geriatric depression scale (GDS)." Handbook of psychiatric measures. Washington DC: American Psychiatric Association: 544-546.
- Yesavage, J. A., T. L. Brink, T. L. Rose, O. Lum, V. Huang, M. Adey and V. O. Leirer (1983). "Development and validation of a geriatric depression screening scale: A preliminary report." Journal of Psychiatric Research **17**(1): 37-49.
- Young Kim, W., M. Hur, M. Sook Cho and H. Sook Lee (2003). "Effect of olfactory function on nutritional status of Korean elderly women." Nutrition Research **23**(6): 723-734.
- Zallen, E. M., L. B. Hooks and K. O'Brien (1990). "Salt taste preferences and perceptions of elderly and young adults." Journal of the American Dietetic Association **90**(7): 947-950.
- Zamboni, M., G. Mazzali, F. Fantin, A. Rossi and V. Di Francesco (2008). "Sarcopenic obesity: A new category of obesity in the elderly." Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases **18**(5): 388-395.
- Zandstra, E. H. and C. de Graaf (1998). "Sensory perception and pleasantness of orange beverages from childhood to old age." Food Quality and Preference **9**(1): 5-12.

Thèse de Doctorat

Isabelle MAITRE

Sensory perceptions and food preferences of the elderly: Contribution to nutritional risk limitation and food products liking

Résumé

Comprendre les facteurs jouant sur l'état nutritionnel du sujet âgé est un enjeu fort. Une première enquête pluridisciplinaire a permis d'interroger 559 seniors de plus de 65 ans de niveaux d'autonomie culinaire différents.

Si un effet de l'âge et des facteurs associés à la dépendance est constaté sur les performances sensorielles, 42% de l'échantillon ont des capacités olfactives et gustatives préservées.

Trois outils de mesure des rejets et des préférences ont été développés afin de mieux prendre en compte les attentes des personnes âgées à l'entrée dans la dépendance : la mesure de la sélectivité alimentaire, le questionnaire des styles de mangeur et le choix du menu préféré.

Les facteurs les plus associés à un risque de dénutrition sont une mauvaise santé orale ou un état dépressif. Garder du plaisir à manger et de l'intérêt pour son alimentation sont au contraire des facteurs favorables au maintien du statut nutritionnel.

La stratégie sensorielle consistant à améliorer des produits en tenant compte des attentes des personnes âgées plutôt qu'en renforçant en saveurs ou en arômes s'est révélée la plus efficace. Les 166 personnes âgées qui ont testé les différentes variantes ont notamment apprécié, pour le produit le plus complexe, la variante améliorée dans toutes ses dimensions sensorielles – et ce, quels que soient leurs niveaux de capacités gustatives et olfactives.

Même si le vieillissement s'accompagne d'une baisse des perceptions du goût et des arômes, prendre en compte les attentes des personnes âgées et améliorer les produits qui leur sont destinés est une voie pertinente pour améliorer le statut nutritionnel tout en contribuant à une plus grande satisfaction.

Mots clés : *Sensoriel, alimentation, personnes âgées, olfaction, gustation, texture, préférences alimentaires, rejets alimentaires, appréciation, menu, état nutritionnel, santé, segmentation, plaisir de manger, échelle hédonique, développement produits*

Abstract

Understanding which factors are linked to nutritional status of the elderly is a major challenge for our aging societies.

A first multidisciplinary survey was performed with 559 elderly people, varying on their culinary dependency level, from free living people without help to people living in nursing home.

Even if an age and dependency effect on sensory performances was shown, 42% of the sample had still good olfactory and gustatory capacities, compared to the young.

Three measurement tools to evaluate food likes and dislikes have been developed: the selectivity evaluation, the eater style questionnaire and the menu choice. They will help to take account of the elderly's expectations, when becoming culinary dependent.

Associated factors to malnutrition risk were mainly poor oral health and depression. Having still eating pleasure and interest for food were on the contrary positive factors for a good nutritional status.

Sensory strategy aiming at improving products, starting from the elderly expectations, is more efficient than reinforcing products in taste or flavor, trying to compensate sensory deficiencies. The 166 elderly who evaluated the different products, have liked the improved variant of the most complex product – and that, whatever their gustatory and olfactory abilities.

Even if ageing comes with sensory perceptions loss, it is worth taking account the elderly's expectations and improving products. This is a relevant way to improve the elderly's nutritional status, while maintaining a gold satisfaction level.

Key Words : *Sensory, food, elderly, olfaction, gustation, texture, food preferences, food dislikes, liking, menu, nutritional status, health, clustering, eating pleasure, hedonic scale, sensory test, product development*