



HAL
open science

L'alimentation des personnes âgées : étude sensorielle des fruits et légumes enrichis

Mathieu Mingioni

► **To cite this version:**

Mathieu Mingioni. L'alimentation des personnes âgées : étude sensorielle des fruits et légumes enrichis. Alimentation et Nutrition. Université d'Angers, 2016. Français. NNT : 2016ANGE0031 . tel-01531830

HAL Id: tel-01531830

<https://theses.hal.science/tel-01531830>

Submitted on 2 Jun 2017

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

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

Mathieu MINGIONI

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du
grade de Docteur de l'Université d'Angers
sous le sceau de l'Université Bretagne Loire*

École doctorale : VENAM *Végétal, environnement, nutrition, agroalimentaire, mer*

Discipline : *Sciences Agronomiques*

Spécialité : *Sciences sensorielles*

Unité de recherche : *Unité de Recherche GRAPPE, ESA-INRA*

Soutenance : *le 24 Novembre 2016*

L'alimentation des personnes âgées

Etude sensorielle des fruits et légumes enrichis

JURY

Rapporteurs :	Sylvie ISSANCHOU , Directrice de recherche, CSGA – INRA, Dijon Julien DELARUE , Maître de conférences, AgroParisTech, Paris
Examineurs :	Catherine DACREMONT , Professeure, uB – Agrosup, Dijon Catherine LEFRANC-MILLOT , R&D Nutrition and Health Manager, Roquette
Directeur de Thèse :	Frédérique JOURJON , Directrice de recherche, UR GRAPPE – ESA
Co-encadrante de Thèse :	Isabelle MAITRE , Enseignante-Chercheuse, UR GRAPPE – ESA

A mes parents et ma sœur

A Adeline

La variété est la véritable épice de la vie

Qui lui donne toute sa saveur.

William Cowper

AVANT-PROPOS

Cette thèse a été cofinancée par la région Pays de la Loire et par le projet de recherche européen nommé OPTIFEL : « *Optimised food products for elderly populations* ». Le projet OPTIFEL part d'une conviction forte : parmi les nombreuses voies pour améliorer l'alimentation des personnes âgées, l'offre alimentaire est encore insuffisamment explorée. Il s'agit d'identifier les besoins et les souhaits des personnes âgées pour concevoir, élaborer et valider des produits alimentaires à base de fruits et légumes optimisés pour cette population. Optimisés en termes de composition nutritionnelle bien sûr mais aussi, et surtout, en termes de goût et de texture pour qu'ils soient consommés avec plaisir et appétit. Ce projet a débuté en Septembre 2013, durera quatre ans (2017) et regroupe un total de 26 partenaires industriels et académiques répartis dans 10 pays européens.

Cette thèse s'est déroulée au sein de l'unité de recherche GRAPPE de l'Ecole Supérieure d'Agriculture (ESA) à Angers. A la fin de la deuxième année de thèse, ma directrice Emira MEHINAGIC a quitté l'ESA pour accepter une opportunité professionnelle. Pour la troisième année, la direction de ma thèse a été assurée par Frédérique JOURJON.



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

Publications en tant que premier auteur

- Mingioni, M., Mehinagic, E., Laguna, L., Sarkar, A., Pirttijärvi, T., Van Wymelbeke, V., Artigas, G., Chen, J., Kautola, H., Järvenpää, E. Mäenpää, T., Tahvonen, R., Grabska-Kobylecka, I., Maitre, I. (2016). Fruit and vegetables liking among European elderly according to food preferences, attitudes towards food and dependency. *Food Quality and Preference*, 50, 27–37
- Mingioni, M., Mehinagic, E., Siucińska, K., Konopacka, D., Artigas, G., Symoneaux, R., Maitre, I. (2017) Sweet and sour discrimination abilities of elderly people compared to those of young adults in apple purée. *Food Quality and Preference*, 59, 59– 67
- Mingioni, M., Pirttijärvi, T., Artigas, G., Grabska-Kobylecka, I., Van Wymelbeke, V., Wagner, M., Baudin, P., Symoneaux, R., Patron, C., Maitre, I. (soumis) Impact of plant-protein enrichments on sensory properties and liking of carrot purées by European elderly consumers. *Journal of Sensory Studies*

Publications en tant que co-auteurs

- Laguna, L., Mingioni, M., Maitre, I., Vanwymelbeke, V., Pirttijärvi, T., Artigas, M. G., Kautola, H., Järvenpää, E. Mäenpää, T., Tahvonen, R., Grabska-Kobylecka, I., Nowak, D., Chen, J., Sarkar, A. (2016). Perception of Difficulties Encountered in Eating Process from European Elderlies' Perspective. *Journal of Texture Studies*, 47(4), 342–352

Communications orales en congrès, colloques et journées

- Mingioni, M., Mehinagic, E., Siucińska, K., Konopacka, D., Artigas, G., Maitre, I. (2016). Do elderly people differ in their preferences? In *2nd Euro-Mediterranean Symposium on Fruit and Vegetable Processing*, Avignon, France

Posters

- Mingioni, M., Mehinagic, E., Laguna, L., Sarkar, A., Artigas, G., Vanwymelbeke, V., Pirttijärvi, T., Chen, J., Kautola, H., Järvenpää, E. Mäenpää, T., Tahvonen, R., Grabska-Kobylecka, I., Maitre, I. (2015). Fruits and Vegetables Liking among European Elderly, according to Food Preferences, Attitudes towards food and Dependency. In *11th Pangborn Sensory Science Symposium*, Gothenburg, Suède
- Mingioni, M., Mehinagic, E., Artigas, G., Siucińska, K., Konopacka, D., & Maitre, I. (2015). Gustatory Discrimination abilities of Elderly people in Apple Purées and impact on Liking. In *11th Pangborn Sensory Science Symposium*, Gothenburg, Suède

Mingioni, M., Pirttijärvi, T., Artigas, G., Grabska-Kobylecka, I., Vanwymelbeke, V., Wagner, M., Maitre, I. (2016) Liking of elderly consumers for protein enriched products: the case of carrot purees. In *Eurosense – Seventh European Conference on Sensory and Consumer Research*, Dijon, France

Maitre, I., Mingioni, M., Laguna, L., Sarkar, A., Pirttijärvi, T., Artigas, G., Chen, J., Kautola, H., Järvenpää, E., Mäenpää, T., Tahvonen, R., Grabska-Kobylecka, I., Van Wymelbeke, V. (2016) Meals of dependent elderly people: Importance of fruit and vegetables. In *Eurosense – Seventh European Conference on Sensory and Consumer Research*, Dijon, France

Webinaire

Mingioni, M. (2016) Age et Perceptions Sensorielles, Webinaire du 17 Mai 2016 dans le cadre de l'association Alim 50+

REMERCIEMENTS

D'un point de vue purement logistique, cette thèse représente 3 ans de travail, 604 kg de compotes, 99 kg de soupes de légumes, 236 kg de purées de carottes, 120 kg de poulet, 45 kg de sauces, 228 kg de desserts et 304 litres de smoothies... Tout cela pour un total de 1095 personnes interrogées ! Toutefois, à mes yeux, elle représente bien plus.

Je souhaite tout d'abord remercier la région Pays de la Loire ainsi que le projet de recherche OPTIFEL pour avoir financé cette thèse. Merci à tous les partenaires impliqués dans le projet OPTIFEL.

Merci à ma directrice de thèse, actuelle, Frédérique JOURJON. En plus de son travail de directrice de la recherche au sein de l'ESA, elle a su se montrer très disponible quand j'ai eu besoin. Merci pour vos remarques et vos conseils toujours pertinents. Un grand merci à ma directrice de thèse, historique, Emira MEHINAGIC. Tu as toujours su te montrer présente au cours de mes deux premières années de thèse. Ton regard bienveillant et ta gentillesse ont été un réel plus dans ce projet qu'est la thèse. Malgré l'éloignement et tes nouvelles responsabilités, j'espère que nous aurons encore l'occasion de se croiser au détour d'un colloque ou d'une virée en Bretagne. Merci à Pierre PICOUET, directeur du laboratoire GRAPPE.

Mes remerciements s'adressent ensuite à Sylvie ISSANCHOU et Julien DELARUE qui ont accepté d'être rapporteurs et d'évaluer mes travaux. Merci également à Catherine DACREMONT et Catherine LEFRANC-MILLOT d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Un petit mot pour mon comité de suivi de thèse : Catherine RENARD, Claire SULMONT-ROSSE, Virginie VAN WYMELBEKE et Gérard CUVELIER. Merci pour votre soutien et vos regards critiques sur mes travaux de recherche tout au long de leur évolution.

J'aimerais ensuite parler de mon unité de recherche d'accueil, le laboratoire GRAPPE. Quand je parle de thèse avec des étudiants hésitant à se lancer, j'insiste toujours en disant qu'au-delà d'un sujet de rêve, il faut une équipe d'accueil toute aussi parfaite ! Et pour cause ! L'équipe « senso » du GRAPPE incarne réellement ce qu'on appelle « l'esprit d'équipe ». Cette expression prend tout son sens ici. Merci à vous tous pour ces 3 années passées ensemble, merci de m'avoir accueilli et sachez que c'est avec émotion que je vais vous quitter.

Un grand merci à mon encadrante, à celle qui m'a suivi de près tout au long de ce parcours, Isabelle MAITRE. Imaginez une personne active sur tous les fronts, aussi bien professionnels que personnels et vous aurez une image encore trop calme d'Isabelle ! Tout ça pour dire que malgré un emploi du temps surchargé, tu as toujours su te libérer pour m'écouter, m'encadrer et discuter des points essentiels aux différentes étapes de ma thèse. Je sais que tes moments libres sont rares et précieux, donc un grand merci pour ta disponibilité ! Nos discussions ont toujours été très enrichissantes et m'ont permis d'évoluer pendant ces 3 ans. Si j'avais 2 choses à retenir d'Isabelle : « toujours commencer par les gros cailloux » et « ceinture et bretelles ». Sur le plan personnel, merci d'organiser les éditions angevines des Virades de l'Espoir. Ça a toujours été un grand plaisir d'y participer et d'animer notre fameux « Stand du goût » !

Merci ensuite à Ronan SYMONEAUX pour... Pour être Ronan tout simplement ! Merci pour tous tes conseils et nos échanges au sujet de R. Bien que pas assez nombreux à mon goût, ce fut très stimulant. Merci également d'organiser la présence du GRAPPE aux différents événements scientifiques locaux et de m'avoir invité à les animer avec toi et nos collègues.

Merci à toutes mes collègues du GRAPPE, passées ou actuelles : Céline BRASSE, Corinne PATRON, Véronique FORGERIT, Dominique LE MEURLAY, Anaïs LECHEVIN, Anaïs BAER et Isabel SAILLARD. Votre aide a été précieuse et a grandement contribué à ce que tout se passe bien tout au long de mes expérimentations. Merci pour votre investissement au cours de mes manips.

Merci à Laurence BEAUCHET. Merci de m'avoir aidé pour toutes ces tâches administratives que j'affectionne tant.

J'adresse ensuite un merci très spécial à Sandra BEAUCHET, ma collègue de bureau et camarade de thèse. Nous avons eu la chance de débiter nos travaux en même temps et déposons nos manuscrits respectifs la même semaine. Merci de ton amitié. Cela a été très agréable de partager le bureau avec toi et très motivant de pouvoir se soutenir mutuellement au cours des différentes étapes de nos thèses.

Ensuite, comment ne pas parler de Justine BRANCHU, Margot DAGUER et Anthony ROUAULT. Je vous remercie particulièrement pour les excellents moments que nous avons passés ensemble, tant sur le plan professionnel que personnel. Margot, malgré tes qualités de pilote et tes goûts musicaux ; Justine, malgré ton humour de papa et Anthony, malgré ton chauvinisme breton ; vous êtes des amis proches et c'est avec regret que je vous quitte. Mais j'emmène avec moi beaucoup de souvenirs très agréables. Merci pour tout ça.

Un énorme merci à toutes « mes » stagiaires, celles ayant participé à mes expérimentations et que j'ai pu encadrer : Claire BECHU, Céline AVIGNON et Sophie LE STUM. Je vous remercie pour votre aide sur le terrain et pour toute l'énergie dépensée au cours de ce beau projet. Et oui, Sophie, tu es ici. Merci également aux autres stagiaires de passage au GRAPPE pour l'ambiance et la bonne humeur que vous avez apportées : Axelle COLLINET, Anaïs BIENVENU, Vanessa DACQUAY, Léa KOENIG et Sophie RAMET. Je veux ensuite remercier tout particulièrement mes parents et ma petite sœur. Ils m'ont permis de faire « des études longues » et m'ont toujours encouragé dans mes projets. Vous m'avez transmis le goût du travail bien fait et c'est grâce à vous que j'en suis là aujourd'hui. Donc merci.

Un grand merci ensuite à Adeline, ma copine. En 2016, à l'heure où j'écris ces lignes, voilà maintenant 7 ans que nous formons un couple épanoui. Ces 3 années de relation à distance n'auront pas été simples à supporter, mais nous y sommes arrivés. Merci de m'avoir soutenu et de t'être montrée si compréhensive. Merci pour ton soutien et pour tout ce que tu m'apportes au quotidien. J'ai hâte de commencer de nouvelles aventures ensemble !

Evidemment, je souhaite terminer ces remerciements en adressant un énorme merci à toutes les personnes volontaires qui ont accepté de participer à nos études. Cette thèse n'existerait tout simplement pas sans elles.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	14
CHAPITRE I : Contexte, état de l'art et problématique	17
1. Contexte et état de l'art	17
1.1) Une population vieillissante	17
1.2) Âge et risque de dénutrition protéino-énergétique	19
1.3) Les moyens actuels pour lutter contre un déficit protéique	21
1.4) Vers de nouvelles solutions ?	25
2. Problématique et questions de recherche	34
CHAPITRE II : Habitudes et préférences alimentaires des personnes âgées pour les fruits et légumes	40
1. Habitudes alimentaires et place des fruits et légumes au sein des repas	40
1.1) Introduction	40
1.2) Matériels et méthodes	42
1.3) Résultats	45
1.4) Discussion	56
1.5) Conclusion	59
2. Appréciation des fruits et légumes chez les personnes âgées dépendantes	60
2.1) Introduction	60
2.2) Matériels et méthodes	61
2.3) Résultats	66
2.4) Discussion	79
2.5) Conclusion	80
CHAPITRE III : Performances sensorielles des personnes âgées et appréciation des purées de pommes	83
1. Introduction	83
2. Capacités sensorielles des personnes âgées – Le cas des systèmes modèles	84
2.1) Matériels et méthodes	84
2.2) Résultats	89
2.3) Discussion et conclusion	94

3. Le cas particulier des capacités de discrimination gustative	95
3.1) Introduction	95
3.2) Matériels et méthodes	96
3.3) Résultats	101
3.4) Conclusion	104
4. Quels sont les facteurs pouvant impacter les capacités de discrimination	104
4.1) Effet de la matrice utilisée	105
4.2) Effet des interactions de saveurs en purées de pommes	106
4.3) Effet de l'âge et de la dépendance	108
4.4) Effet des groupes de performances sensorielles	116
4.5) Discussion et conclusion	118
5. Lien entre capacités sensorielles et appréciation des purées de pommes	122
5.1) Introduction	122
5.2) Matériels et méthodes	124
5.3) Résultats	126
5.4) Discussion et conclusion	130

CHAPITRE IV : Evaluation hédonique de produits enrichis, à base de fruits et légumes, destinés aux personnes âgées

1. Etat de l'art	135
1.1) Introduction	135
1.2) L'enrichissement en protéines	136
1.3) L'enrichissement en micronutriments	138
1.4) Quels produits enrichir ?	139
2. Matériels et méthodes	140
2.1) Les produits testés	140
2.2) Profil sensoriel	142
2.3) Test consommateurs	142
2.4) Analyses statistiques	143
3. Résultats	144
3.1) Profils sensoriels	144
3.2) Test consommateurs	150
3.3) Lien entre appréciation des produits et attitudes envers les aliments	155
4. Discussion	159

CHAPITRE V : Discussion générale et perspectives

CONCLUSION **172**

Références bibliographiques et sources **174**

Annexes **196**

ABBREVIATIONS

ADDFMS	Aliment diététique destiné à des fins médicales spéciales
AFSSA	Agence française de sécurité sanitaire des aliments
ANOVA	Analysis of variance (analyse de la variance)
CAH	Classification ascendante hiérarchique
CCAF	Comportements et consommations alimentaires en France
CNO	Compléments nutritionnels oraux
CTCPA	Centre technique de la conservation des produits agricoles
EHPAD	Etablissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes
EUFIC	European food information council
FL	Fruits et légumes
FNS	Food neophobia scale
GRECO	Groupe de réflexion sur les évaluations cognitives
HAS	Hautes autorités de santé
HTAS	Health and taste attitude scale
IMP	Inosine mono-phosphate
INCA	Enquête individuelle et nationale sur les consommations alimentaires
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
ISO	Organisation internationale de normalisation (International organization for standardization)
LSD	Least significant difference (plus petite différence significative)
MMSE	Mini mental state evaluation
MSG	Mono sodium de glutamate
OMS / WHO	Organisation mondiale de la santé / World health organisation
OPTIFEL	Optimized food for elderly population
OQALI	Observatoire de la qualité de l'alimentation
PNNS	Programme national nutrition santé
RDD	Ratio de dépendance démographique (parfois appelé rapport de dépendance des personnes âgées)

Introduction

INTRODUCTION

En 2011, l'INSEE publiait un article intitulé « *Un papy-boom aura lieu, même si l'espérance de vie ne progressait plus* ». Ce vieillissement de la population aura lieu aussi bien en France qu'en Europe. Parallèlement à ce phénomène, le nombre de personnes âgées dépendantes augmentera également dans les années à venir. Dans ce contexte, il est important de s'assurer que les personnes âgées vieillissent dans les meilleures conditions ; garantissant ainsi un maintien de l'autonomie, une bonne qualité de vie et une réduction des coûts liés aux services de santé.

L'un des facteurs clé du « bien vieillir » est l'alimentation. Cependant, en vieillissant, manger avec plaisir et appétit n'est pas toujours chose aisée. De nombreux changements physiologiques, psychologiques et/ou sociaux peuvent impacter l'alimentation et ainsi dégrader le statut nutritionnel de la personne âgée ; augmentant ainsi le risque de dénutrition. La dénutrition, notamment protéino-énergétique, peut avoir de nombreuses conséquences délétères et constitue aujourd'hui un réel enjeu de santé publique.

Plusieurs solutions d'enrichissement existent à ce jour pour lutter contre la dénutrition. Idéales sur le plan nutritionnel, ces solutions ne sont malheureusement pas optimisées du point de vue sensoriel. Ainsi, les produits enrichis ne sont pas consommés avec plaisir et leur utilisation à long terme devient très rapidement problématique. C'est pourquoi les solutions actuelles sont insuffisantes et que de nouveaux produits doivent être développés en combinant les approches nutritionnelles et sensorielles.

Les travaux présentés ici ont été effectués au sein de l'unité de recherche GRAPPE, à l'Ecole Supérieure d'Agriculture (ESA) d'Angers. L'unité de recherche GRAPPE étudie la qualité des produits et vise à comprendre comment cette qualité est perçue par les consommateurs. Dans ce contexte, elle s'intéresse à l'alimentation des personnes âgées, tant du point de vue sensoriel que de la méthodologie en développant des outils adaptés à cette population fragile. Les résultats ont été obtenus dans le cadre du projet européen OPTIFEL. Nos expérimentations ont eu lieu au cours du WP1 (spécificités liées aux personnes âgées) et du WP5 (fabrication et test de produits enrichis).

Au cours du premier chapitre, nous présenterons le contexte et les enjeux justifiant la problématique de thèse suivante : ***Comment développer des produits nutritionnellement et sensoriellement adaptés à l'alimentation des personnes âgées en s'appuyant sur les outils sensoriels ? Le cas des fruits et légumes.*** Ensuite, le deuxième chapitre sera consacré aux habitudes et aux préférences des personnes âgées vis-à-vis des fruits et légumes. Dans le troisième chapitre, nous étudierons les capacités

sensorielles des personnes âgées et le lien entre ces capacités sensorielles et l'appréciation de produits à base de fruits. Le quatrième chapitre, quant à lui, abordera l'impact d'un enrichissement nutritionnel sur les caractéristiques sensorielles et hédoniques d'aliments réels. Enfin, la dernière partie proposera une discussion plus générale ainsi que des perspectives pour les recherches à venir.

Chapitre 1

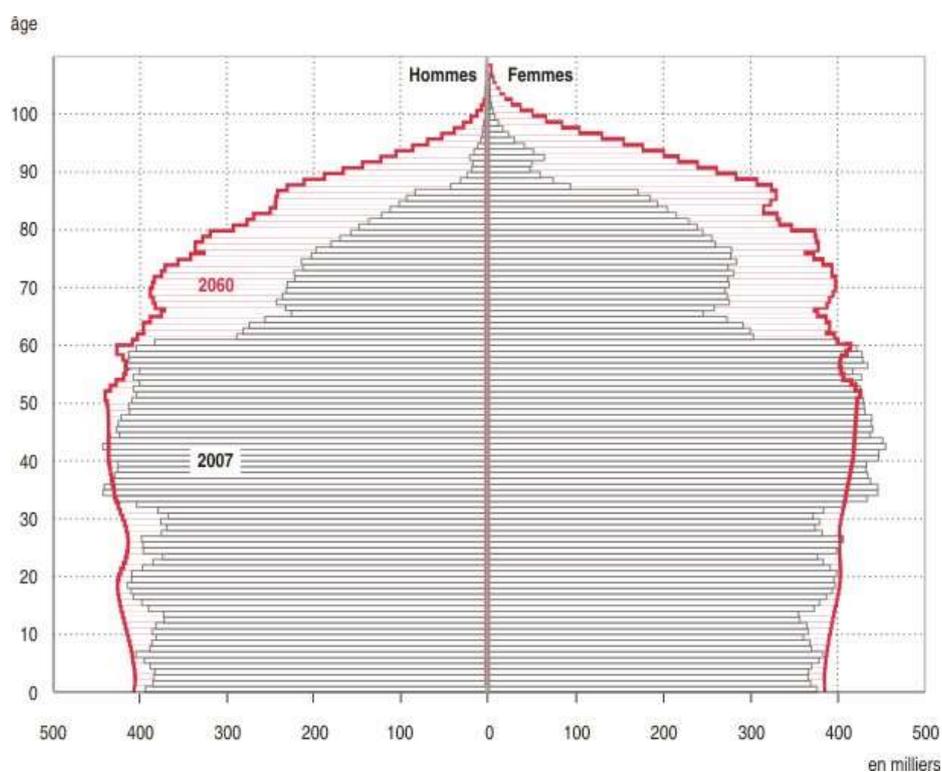
*Contexte, état de l'art et
problématique*

CHAPITRE I : Contexte, état de l'art et problématique

1. Contexte et état de l'art

1.1) Une population vieillissante

En 2011, des auteurs ont dressé le bilan de l'évolution de la population française et européenne entre 2007 et 2060 (Blanpain & Chardon, 2011). Les données passées et les prédictions montrent que, partout en Europe, nous sommes face à un phénomène de vieillissement de la population. Ce phénomène est particulièrement visible, notamment sur la pyramide des âges présentée en Figure 1.



D'après (Blanpain & Chardon, 2011)

Figure 1 : Pyramide des âges en 2007 (barres noires) et 2060 (barres rouges)

L'avancée en âge de la population se traduit tout d'abord par une augmentation du nombre de personnes âgées au sein de la population. Ainsi, en France, la part des 65 ans et plus ne représentait que 11,6% de la population en 1960 alors qu'elle atteint 18,6% aujourd'hui (données pour l'année 2015, Blanpain & Chardon, 2010). Pour 2060, les projections annoncent que plus d'un quart de la population (26,6%) sera âgé de plus de 65 ans en France (Blanpain & Chardon, 2010; Lanzieri, 2011). Le même constat peut être effectué en s'intéressant aux personnes âgées de 80 ans et plus : elles ne

représentaient que 2% de la population en 1960 et seront 11% en 2060 (Lanzieri, 2011). Au-delà d'un phénomène français, ce vieillissement de la population se produit de façon généralisée en Europe. Ainsi, en cent ans, le pourcentage de personnes âgées de 65 ans et plus en Europe sera multiplié par plus de trois (9,6% en 1960 contre 29,3% en 2060) alors que, dans le même temps, le pourcentage de personnes de 80 ans et plus sera quasiment multiplié par dix (1,4% en 1960 contre 11,5% en 2060). Enfin, au niveau mondial, l'organisation mondiale de la santé (OMS) prévoit un total de deux milliards de personnes âgées de 60 ans et plus en 2050 (22% de la population), contre 900 millions en 2015 (WHO, 2012).

Un autre indicateur du vieillissement de la population est l'âge médian. L'âge médian représente l'âge qui divise une population en deux sous-groupes de même effectif. Entre 1960 et 2060, l'âge médian passera respectivement de 33,0 ans à 44,5 ans en France, et de 31,5 ans à 47,2 ans en Europe (Lanzieri, 2011).

Selon l'OMS, la limite couramment admise pour parler de « personne âgée » se situe aux environs de 60-65 ans et correspond globalement à l'âge de la retraite dans la plupart des pays développés (WHO, 2006). Avec l'avancée en âge, nous assistons ainsi à une augmentation de la part de la population inactive par rapport à la part de la population en âge de travailler. L'indice permettant de rendre compte de cet effet est le ratio de dépendance démographique (RDD, Blanpain & Chardon, 2011) ; aussi appelé rapport de dépendance des personnes âgées (INSEE, 2005) ; ou encore *old age dependency ratio* en anglais (Lanzieri, 2011). Cet indice est défini dans la bibliographie comme le rapport entre le nombre de personnes âgées inactives et le nombre de personnes actives. Selon les auteurs, les limites des tranches d'âges pour ces catégories varient légèrement. Par exemple, le nombre de personnes âgées inactives est calculé à partir de 60 ans (Blanpain & Chardon, 2011) ou 65 ans (INSEE, 2005; Lanzieri, 2011). En France, le nombre de personnes actives est généralement calculé sur la base des 20-64 ans, alors qu'au niveau international, le calcul est plutôt effectué sur le nombre de 15-64 ans (INSEE, 2005). Malgré ces légères variations, cet indice traduit bien la proportion de personnes inactives, dépendantes financièrement, par rapport aux personnes actives. En France, en 1960, le ratio de dépendance démographique était de 18,7% ; soit un peu moins d'une personne âgée inactive pour quatre personnes actives. En 2060, le RDD augmentera jusqu'à 46,6% ; soit environ une personne âgée inactive pour une personne active. Cette rapide augmentation aura également lieu en Europe, passant de 15,0% en 1960 à 52,4% en 2060 (Lanzieri, 2011).

Au-delà de la dépendance financière, la dépendance fonctionnelle est également à considérer. Ce type de dépendance peut se manifester au niveau physique et/ou cognitif ; limitant ou inhibant la réalisation d'actions quotidiennes comme se déplacer, s'orienter, etc. Parallèlement au nombre croissant de personnes âgées, le nombre de personnes dépendantes augmentera dans les années à

venir. Ainsi, si la France comptait 1 150 000 personnes âgées dépendantes en 2010, les prévisions annoncent 1 550 000 personnes âgées dépendantes en 2030 et 2 300 000 en 2060 (Charpin, 2011). Au vu du vieillissement de la population et de l'augmentation de la dépendance, il est important d'assurer la bonne santé au cours du vieillissement de ces personnes afin de maintenir une autonomie, une bonne qualité de vie et de limiter les coûts engendrés ; notamment pour les services de santé. L'un des facteurs clés à considérer pour bien vieillir est l'alimentation.

1.2) Âge et risque de dénutrition protéino-énergétique

Comme en témoignent les nombreuses actions de communications, tant aux niveaux français qu'europpéen, l'alimentation est un facteur important du « bien vieillir » (PNNS, 2015a; WHO, 2014). Cependant, avec l'avancée en âge, de nombreuses modifications interviennent sur le plan physiologique, psychologique, économique et social. Toutes ces modifications peuvent avoir un impact sur l'alimentation et le statut nutritionnel de la personne âgée et donc, à terme, dégrader son état de santé. L'une des principales conséquences d'une mauvaise alimentation est la dénutrition, notamment protéino-énergétique. Ce phénomène résulte d'un déséquilibre entre les besoins et les apports en protéines et en énergie. Notons également que, avec l'âge, les capacités physiologiques d'assimilation des nutriments diminuent ; pouvant ainsi causer ou aggraver ce phénomène de dénutrition.

a) Intérêts des protéines

Les protéines jouent un rôle essentiel dans de nombreuses fonctions du corps humain. En effet, elles participent au maintien de la balance énergétique et des fonctions cardiovasculaires, améliorent la santé et la masse osseuse (en combinaison avec le calcium), favorisent la guérison des plaies et sont impliquées dans des fonctions du système immunitaire (Donini, Savina, & Cannella, 2003; Wolfe, Miller, & Miller, 2008). Au niveau de l'alimentation, les protéines sont la principale source alimentaire d'azote (AFSSA, 2007). Elles jouent un rôle dans de nombreux signaux, notamment ceux liés à la mobilité gastrique et intestinale. De plus, elles ont des propriétés rassasiantes et permettent de diminuer la sensation de faim (Tomé, Schwarz, Darcel, & Fromentin, 2009).

b) Les apports nécessaires en protéines

Une idée reçue persiste : avec l'âge, l'activité diminue et donc les besoins alimentaires sont moins importants. Or, c'est exactement l'inverse qui se produit. A partir de 55 ans, chez des personnes en bonne santé, les besoins protéiques sont plus importants que chez des adultes plus jeunes et augmentent de l'ordre de 20% (PNNS, 2015a). Or, il a été montré que les apports protéiques diminuaient avec l'âge à partir de 65 ans, les rendant ainsi insuffisants par rapport aux besoins (Hébel, 2007, 2012a). Au niveau de la population, l'apport nutritionnel conseillé en protéines est d'environ 0,8

g par kilogramme de poids corporel et par jour (Bozzetti, 2003; Chernoff, 2004; Volpi et al., 2013; Wolfe et al., 2008). Pour les personnes âgées en bonne santé, les chercheurs s'accordent à dire que les apports protéiques journaliers doivent être d'au moins 1,0 à 1,2 g/kg de poids corporel (AFSSA, 2007; Basdekis, 2004; Bauer et al., 2013; Bozzetti, 2003; Chernoff, 2004; Nowson & O'Connell, 2015). Pour les personnes âgées plus fragiles (maladies aiguës ou chroniques), l'apport journalier doit varier entre 1,2 et 1,5 g/kg de poids corporel (Bozzetti, 2003; Nowson & O'Connell, 2015). Enfin, les protéines consommées doivent représenter entre 12% et 20% des apports caloriques totaux (Bozzetti, 2003; Wolfe et al., 2008).

Des études sur des populations âgées ont montré que l'avancée en âge était associée à des apports insuffisants en protéines (Hébel, 2012b; Rousset, Patureau Mirand, Brandolini, Martin, & Boirie, 2003) et en micronutriments (Elmadfa et al., 2009). De plus, des études traitant de la dépendance ont montré l'importance de l'alimentation chez les personnes dépendantes ainsi que la prévalence croissante du risque de dénutrition chez cette population (D'Antoni, Sucher, & Coulston, 1996; Gollub & Weddle, 2004). La dénutrition touche entre 4% et 10% des personnes vivant à domicile, entre 15% et 38% des personnes vivant en EHPAD et jusqu'à 70% en hôpital (Hautes Autorités de Santé, 2007). La prévalence de la dénutrition augmente avec la dépendance et peut impacter sérieusement l'état de santé de la personne dénutrie.

c) Les conséquences de la dénutrition

Une des premières conséquences de la dénutrition et d'un déficit protéique est la sarcopénie (Cruz-Jentoft et al., 2010). La sarcopénie se définit comme un syndrome gériatrique caractérisé par une diminution progressive et généralisée de la masse musculaire et de la force, entraînant un risque de handicap physique, une diminution de la qualité de vie et pouvant aller jusqu'à la mort du sujet (Cruz-Jentoft et al., 2010). Une revue récente sur la prévalence de la sarcopénie a mis en évidence que ce syndrome touchait de 1% à 29% des personnes âgées vivant en collectivités, de 14% à 33% des personnes âgées en institution de soin de longue durée et 10% des personnes âgées en hôpitaux (Cruz-Jentoft et al., 2014). En comparant la répartition des masses tissulaires entre 22 et 78 ans, des auteurs ont montré que la fonte musculaire se faisait au profit de la masse grasse. A 22 ans, la masse musculaire et la masse grasse représentent respectivement 48% et 19% du poids corporel. A 78 ans, cette proportion s'inverse et 25% du poids corporel est occupé par la masse musculaire alors que la masse grasse occupe 35% (Nowson & O'Connell, 2015 adapté de Short & Nair, 2000). Notons que la sarcopénie n'est qu'une des premières étapes, encore réversible, de toute une série d'effets pouvant mener à la mort de la personne dénutrie. Au-delà de la sarcopénie, la dénutrition peut augmenter la fragilité ainsi que la dépendance du sujet dénutri (Cederholm et al., 2014; Raynaud-Simon & Lesourd, 2000). La dénutrition est également liée à un risque plus important de septicémie, notamment en

milieu hospitalier (Potter, Klipstein, Reilly, & Roberts, 1995). Le docteur Monique Ferry décrit ces effets successifs comme « la spirale de la dénutrition » (Figure 2). La lutte contre la dénutrition constitue donc aujourd'hui un enjeu majeur de santé publique et des solutions doivent être trouvées pour assurer un vieillissement dans les meilleures conditions.

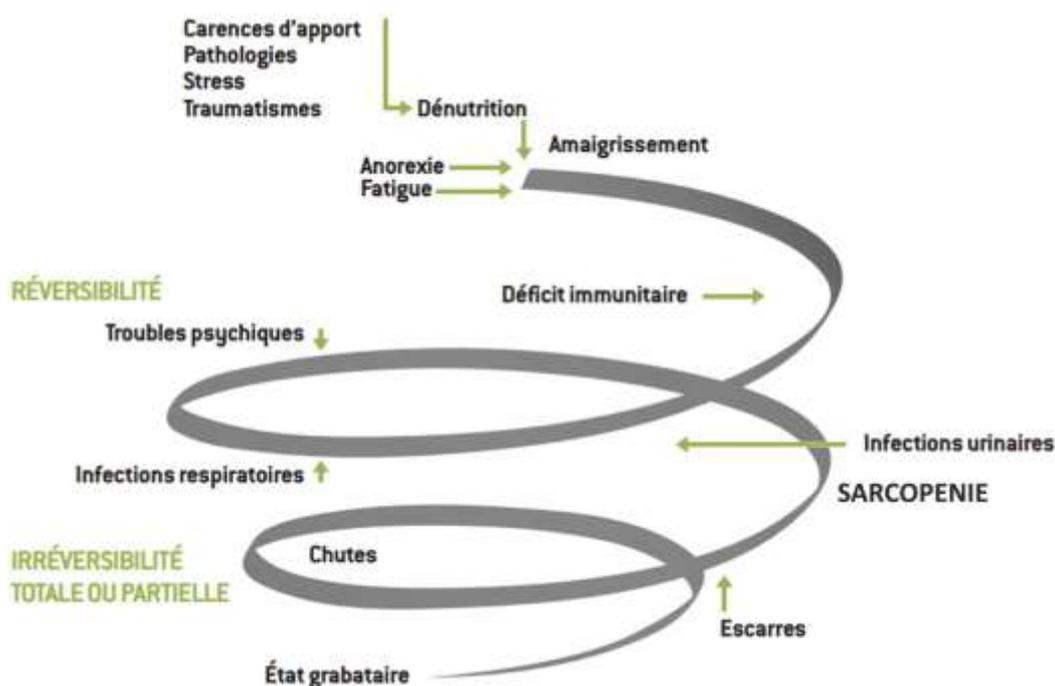


Figure 2 : La spirale de la dénutrition, d'après Ferry et al. (2012)

1.3) Les moyens actuels pour lutter contre un déficit protéique

Nous venons de voir que les besoins en protéines sont maintenus et parfois même augmentés avec l'âge. Cependant, les consommations de protéines par les personnes âgées ne sont pas toujours efficaces et peuvent entraîner un déficit protéique et une dénutrition dont les conséquences peuvent être délétères. C'est pourquoi il est nécessaire de mettre en place des solutions pour lutter contre la dénutrition.

a) Enrichir l'alimentation

Afin de lutter contre les conséquences de la dénutrition, différentes stratégies ont déjà été proposées et mises en œuvre. Dans un premier temps, il s'agit d'augmenter les portions des aliments naturellement riches en protéines comme les viandes, les poissons, les œufs ou encore les produits laitiers (Depraz Cissoko, Lafaille Paclet, & Coti Bertrand, 2009). L'augmentation de la consommation peut se faire soit par la quantité (portions plus importantes) soit par la fréquence (en consommer plus souvent). Toutefois chez les personnes âgées, plusieurs auteurs ont mis en évidence certains freins à

la consommation de ces produits riches en protéines d'origine animale : des pertes sensorielles, des problèmes physiques et/ou de dentition ou encore une modification de la situation de vie (Appleton, 2016; Best & Appleton, 2013). Ces freins réduisent ou inhibent la consommation des produits riches en protéines car ces derniers sont souvent perçus comme durs, périssables, peu pratiques (besoin d'être cuisinés) et coûteux. En effet, en 2004, une étude américaine a comparé le prix de différentes sources de protéines (Chernoff, 2004). Bien que certaines sources de protéines comme les œufs soient très abordables (\$0,25 pour 20g), ce n'est pas le cas de certaines viandes comme les côtes de porc (\$1,09/20g) ou encore le rôti de bœuf (\$1,43/20g). De plus, l'avancée en âge est souvent liée à une diminution de l'appétit (Clarkston et al., 1997; Donini et al., 2003; PNNS, 2015b; Roberts & Rosenberg, 2006; Rolls, 1993) et à une diminution de la consommation de produits riches en protéines (Volpi et al., 2013). Ainsi, que ce soit pour des raisons physiques, organoleptiques ou encore financières, le maintien de la consommation d'aliments naturellement riches en protéines n'est pas toujours possible.

La seconde stratégie mise en œuvre est l'enrichissement de l'alimentation. Dans ce cas, il ne s'agit pas de « manger plus », mais de « manger mieux » ; tout du moins sur le plan nutritionnel. Plusieurs niveaux d'enrichissement existent. Le premier va être d'enrichir l'alimentation courante. Cet enrichissement est une solution simple et peu coûteuse permettant un apport supplémentaire de protéines. Par exemple, certains plats comme les gratins, les potages, les purées, etc. peuvent être enrichis en rajoutant de la crème, du lait concentré non sucré, du fromage râpé, des œufs, du jambon, etc. (DOC éditions, 2009; Ferry, 2012; PNNS, 2015b). Ceci constitue une première solution permettant de conserver les qualités gustatives des plats proposés (Depraz Cissoko et al., 2009) tout en palliant une carence protéique faible. Le second niveau d'enrichissement sera d'introduire dans l'alimentation des aliments spécifiques : les compléments nutritionnels oraux.

b) Les compléments nutritionnels oraux

Pour les cas où le déficit protéique est plus important, l'alimentation peut être complétée par des compléments nutritionnels oraux (CNO). Les CNO sont classés parmi les aliments diététiques destinés à des fins médicales spéciales (ADDFMS) (Bouteloup, 2009; Ferry, 2012). De plus, l'arrêté du 20 Septembre 2000 (Journal Officiel du 13 Octobre 2000) précise que : « *les ADDFMS représentent une catégorie d'aliments destinés à une alimentation particulière. Ils sont spécialement traités ou formulés et destinés à répondre aux besoins nutritionnels des patients et ne peuvent être utilisés que sous contrôle médical* » (Bouteloup, 2009). Notons qu'il est important de différencier les compléments nutritionnels et les compléments alimentaires. Dans le premier cas, le but des compléments nutritionnels est de palier une carence. Sous cette appellation, sont classés les minéraux, vitamines,

protéines (sauf créatine) ainsi que quelques plantes. Au contraire, le but des compléments alimentaires est de compléter un régime alimentaire normal (Wilcke, 2009).

D'après leur composition nutritionnelle, il existe aujourd'hui trois types de CNO. Tout d'abord, les CNO n'apportant qu'un seul macronutriment en quantité importante. Comme leur nom l'indique, plus de 95% des apports énergétiques totaux de ces produits sont apportés par un seul macronutriment (soit des protéines, soit des glucides, soit des lipides). Le deuxième type de CNO correspond aux produits glucido-protéiques. Très pauvres ou dépourvus de lipides, ces CNO vont apporter une grande quantité de glucides et de protéines. Parmi ces produits se trouvent des jus de fruits, des compotes, des pâtes ou encore de la semoule. Enfin, le dernier type de compléments regroupe les CNO polymériques, apportant un mélange complet de glucides, lipides, protéines, vitamines, minéraux et oligo-éléments (Bouteloup, 2009). Parmi ces CNO polymériques, certains peuvent être normo-protéiques (4,5% à 7,0% de protéines) ou hyperprotéiques (supérieur à 7,0% de protéines). De la même façon, certains CNO polymériques peuvent être normo-caloriques (100 à 150 kcal pour 100g de produit ; proche d'une alimentation courante) ou hypercaloriques (> 150 kcal/100g de produit) (Basdekis, 2004; Bouteloup, 2009).

Afin d'adapter les CNO aux besoins et aux préférences de la personne âgée dénutrie ou à risque de dénutrition, de nombreux produits existent sur le marché. En s'intéressant aux types de produits développés pour les CNO hyperprotéiques, nous pouvons très vite remarquer que les produits liquides et semi-liquides occupent une très grande place dans ce marché. En effet, suivant les sources, les auteurs ont référencé 13 à 14 boissons lactées enrichies en protéines et 8 à 10 crèmes desserts (Basdekis, 2004; Bouteloup, 2009). Hormis les boissons lactées et crèmes desserts, ces auteurs ont également listé d'autres produits enrichis en protéines : un à quatre potages, six plats mixés et une seule référence de biscuit. Une étude interne a été réalisée au sein du laboratoire afin d'analyser le marché actuel des compléments nutritionnels oraux enrichis en protéines (LeStum, 2015 ; *non publié*). Cette étude a confirmé la forte présence des boissons lactées et des crèmes desserts sur ce marché (respectivement douze et huit références). Toutefois, l'étude a permis de mettre en évidence l'émergence de certains produits comme par exemple des boissons aux fruits, des biscuits ou encore du pain (respectivement quatre, deux et une références).

En plus de cette diversité croissante du marché des CNO, les produits enrichis en protéines présentent de nombreux avantages : ils sont pratiques (pas besoin de cuisine), ont une composition précise et constante et sont très efficaces sur le plan nutritionnel (Depraz Cissoko et al., 2009). En effet, une étude sur 12 personnes âgées de plus de 65 ans a montré qu'une solution hyperprotéinée (20g), donnée au petit déjeuner, permettait d'augmenter significativement la ration protéique, sans pour autant impacter la quantité d'aliments consommés au déjeuner ou au dîner (Irvine et al., 2004).

Cependant, très peu d'études se sont intéressées aux qualités organoleptiques de ces produits et très peu est connu sur leur appréciation par les consommateurs.

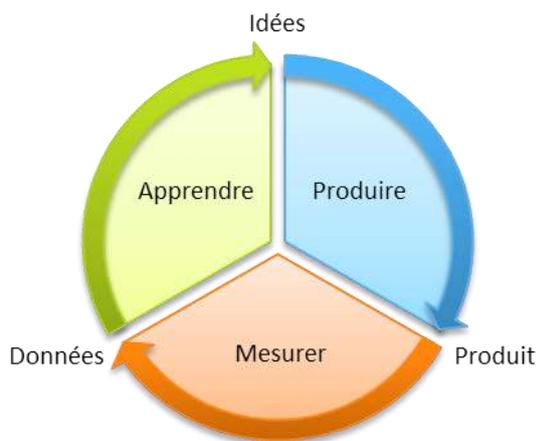
En 2000, Lawson et collaborateurs ont mesuré la compliance (observance par un patient de ses prescriptions) de 84 patients bénéficiant d'une supplémentation nutritionnelle orale post-opératoire (service orthopédie). Les patients étaient âgés de 47 à 88 ans (âge moyen : 72 ans) dont 27 hommes et 57 femmes. La supplémentation prescrite correspondait à deux CNO hypercaloriques et hyperprotéiques par jour sur toute la durée du séjour en hôpital (de 5 à 101 jours ; durée moyenne : 14,4 jours ; durée médiane : 9 jours). Une compliance de 100% équivaut à la consommation des deux CNO par jour sur toute la durée de l'hospitalisation. Enfin, deux variantes de CNO étaient proposées : une boisson à base de jus ou une boisson lactée. Les résultats de cette étude ont montré qu'aucun patient n'a obtenu une compliance supérieure à 80% (Lawson et al., 2000). Autrement dit, aucun patient n'a consommé entièrement les CNO prescrits sur la durée totale du séjour ; même pour les séjours les plus courts (cinq jours). De plus, 20% des participants (17/84) n'ont pas consommé du tout de CNO. Nous pouvons noter que seulement 5% des participants (4/84) ont eu une compliance comprise entre 61 et 80% et que 64% d'entre eux (54/84) ont eu une compliance inférieure à 40%. Enfin, 76% des patients ayant initialement choisi la boisson lactée ont décidé de changer pour la boisson à base de jus ; ce qui montre bien la limite de ce genre de produit. Les auteurs précisent que le faible taux d'observance est lié à la faible valeur hédonique des CNO enrichis en protéines. Les caractéristiques sensorielles principalement mises en cause sont le goût et la texture des produits (Lawson et al., 2000). Comme précisé par certains auteurs : « Les CNO ne sont pas comparables à des aliments de consommation courante tant du point de vue nutritionnel que gustatif. Ils doivent être considérés comme des médicaments » (Depraz Cissoko et al., 2009).

En priorisant l'aspect nutritionnel au détriment des qualités organoleptiques, il apparaît que les CNO ne constituent aujourd'hui qu'une solution partielle au problème de carence protéique. Malgré une grande efficacité nutritionnelle, ces produits ne sont pas consommés avec plaisir. Des études ont conclu que le maintien du plaisir à manger était positivement associé à une prise alimentaire plus importante ainsi qu'à un meilleur statut nutritionnel (Lesourd, Raynaud-Simon, & Mathey, 2001; Maitre, 2014). Il est donc nécessaire de développer de nouveaux aliments enrichis en protéines en combinant aspect nutritionnel, approche sensorielle et valeur hédonique afin qu'ils soient consommés avec plus d'appétit et plus durablement. Intéressons-nous donc maintenant aux solutions permettant de développer de tels aliments et aux considérations à prendre en compte.

1.4) Vers de nouvelles solutions ?

a) Le processus d'innovation et le projet OPTIFEL

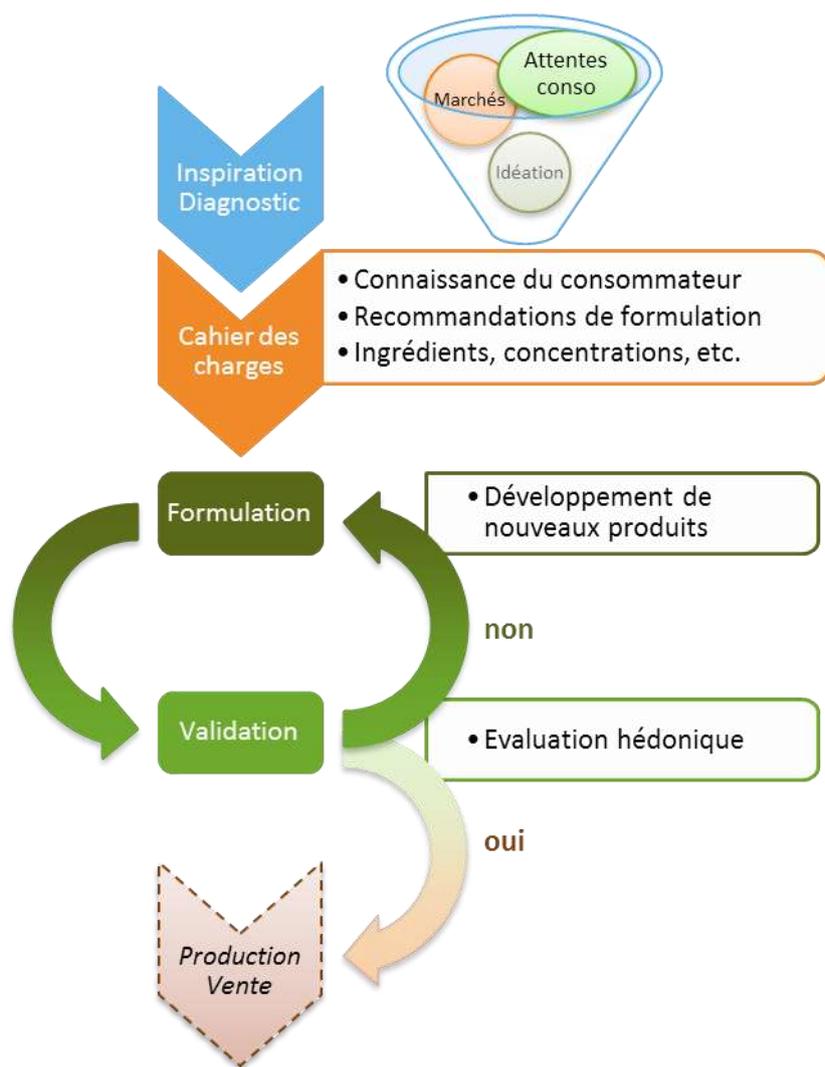
Afin de développer de nouveaux aliments destinés aux personnes âgées, plusieurs méthodes d'innovation existent. Notons que la plupart de ces méthodes ont été développées dans un contexte hors agroalimentaire. Un exemple célèbre est le fordisme, méthode initialement conçue et mise en place en 1908 pour produire un nouveau modèle de voiture. Bien qu'elle permette un gain significatif de productivité, cette méthode n'est pas basée sur les attentes et les besoins des consommateurs. Parmi les méthodes plus actuelles, plusieurs approches d'ingénierie reverse se sont développées. Centrons-nous sur le *Lean Startup*. Cette méthode a été créée et proposée par Eric Ries en 2008. Elle est fondée sur une stratégie d'apprentissage validé : Apprendre, Produire, Mesurer (Ries, 2012). Cet apprentissage se structure selon une boucle, en faisant ainsi un processus itératif (Figure 3). Le but de cette méthode est d'apprendre les réelles volontés des clients, de produire tout en diminuant les cycles de développement et de mesurer les progrès. En se centrant sur les attentes des clients, cette boucle permet d'aboutir à des produits réellement adaptés à leurs besoins.



D'après (Ries, 2012)

Figure 3 : Schéma du *Lean Startup* pour le développement de produits innovants

Afin de rendre plus précis ce schéma, chacune des étapes peut alors être détaillée (voir Figure 4).



Adapté de Chirouze, 2004

Figure 4: Schéma détaillé du développement produit

Ainsi, bien que la méthode de *Lean Startup* n'ait pas été initialement développée pour l'agroalimentaire, ses étapes s'y appliquent parfaitement et permettent d'orienter le développement produit autour du consommateur et de ses attentes, ses besoins et ses préférences. Toutefois, il manque un élément important à cette boucle : le cahier des charges. Le cahier des charges est un document par lequel « le demandeur exprime son besoin (ou celui qu'il est chargé de traduire) en terme de fonctions de services et de contraintes » (AFNOR, 2013). Il arrive donc en amont de la phase de production et permet de préciser les caractéristiques et le niveau de qualité attendus du produit final.

C'est dans ce contexte de développement d'aliments innovants pour les personnes âgées que le projet OPTIFEL est né (*Optimized food for elderly population*,). OPTIFEL est un projet de recherche européen ayant pour but de développer des produits, à base de fruits et légumes, adaptés à l'alimentation des populations âgées. L'un des enjeux majeurs de ce projet est de réussir à créer des aliments innovants en combinant des atouts nutritionnels (produits enrichis en protéines, en vitamines, en fibres, etc.) avec des qualités sensorielles (propriétés organoleptiques appréciées du consommateur). Toutefois, certains verrous restent à lever.

b) Les verrous à lever

De nombreux verrous sont liés au développement de produits, notamment dans le domaine agroalimentaire. Certains verrous peuvent être technologiques (exemple : comment incorporer de façon homogène un texturant dans une matrice afin d'obtenir la viscosité désirée ?), sanitaires (exemple : comment garantir la sécurité microbiologique du produit développé ?), etc. Mes travaux de thèse se sont plus particulièrement intéressés aux verrous d'ordre sensoriel.

Les fruits et légumes

Dans le projet OPTIFEL, les fruits et légumes ont été choisis comme matrices car ils présentent de nombreux bénéfices santé. Tout d'abord, il a été démontré que leur consommation régulière permettait de réduire les risques de mortalité, de maladies chroniques comme les maladies cardiovasculaires ou encore certains cancers ainsi que les pertes cognitives (pour une revue complète, voir Boeing et al., 2012; Nicklett & Kadell, 2013). Au niveau fonctionnel, la consommation de fruits et légumes est aussi mise en relation avec une baisse des risques d'ostéoporose, de fracture de la hanche, de chutes et une plus grande force musculaire (Boeing et al., 2012; Byberg, Bellavia, Orsini, Wolk, & Michaëlsson, 2015; Nicklett & Kadell, 2013; Robinson, Cooper, & Aihie Sayer, 2012; Semba, Lauretani, & Ferrucci, 2007). Enfin, au niveau cognitif, les fruits et légumes aident à prévenir la dépression ainsi que les accidents vasculaires cérébraux (Boeing et al., 2012; He, Nowson, & MacGregor, 2006; Payne, Steck, George, & Steffens, 2012). En plus de leurs nombreux bénéfices santé, les fruits et légumes sont très intéressants sur le plan nutritionnel car ils sont une source importante de vitamines, de minéraux, de fibres et d'antioxydants (EUFIC, 2012). Enfin, la plupart des fruits et légumes sont riches en eau ; ce qui en fait une source d'hydratation supplémentaire. Il est important de préciser que les fruits et légumes sont des aliments très appréciés par les personnes âgées (Baker & Wardle, 2003). Ainsi, plusieurs auteurs ont montré que des populations âgées consommaient plus de fruits et légumes que des populations d'adultes plus jeunes (AFSSA, 2009; Billson, Pryer, & Nichols, 1999; Hébel, 2012a; Juan & Lino, 2007; Monceau, Blanche-Barbat, & Echampe, 2002; Volatier, 2000). Cependant, la consommation de fruits et légumes reste insuffisante chez les personnes âgées, partout en Europe (Elmadfa et al., 2009; Ruokatiето, 2015) et en dessous de la portion de 400g par jour recommandée

par l'OMS (WHO, 2007). La consommation de fruits et légumes est donc à encourager. De par leurs nombreux avantages, les fruits et légumes semblent donc constituer de bons candidats pour servir de base au développement de nouveaux produits. Cependant, ils présentent un inconvénient majeur : leur faible densité protéino-énergétique. C'est pourquoi il est nécessaire de les enrichir en protéines. Dans la suite de ce manuscrit, nous verrons comment les produits ont été enrichis.

Malgré le succès des fruits et légumes auprès des populations âgées, les données sur l'appréciation de ces aliments restent assez générales et souvent peu précises. Par exemple, peu de choses sont connues sur les habitudes de consommation des fruits et légumes, sur l'appréciation de tels ou tels fruits ou légumes. Existent-ils des fruits et légumes consensuels en Europe, appréciés par la majorité des personnes âgées ou faut-il développer des produits en suivant les préférences de chaque pays ? Or, dans une optique de développement de produits, il est essentiel de connaître ce genre de données afin de s'adapter au mieux aux attentes du consommateur et d'ainsi favoriser une consommation durable.

Au-delà de correspondre aux préférences et aux habitudes alimentaires, les produits innovants doivent également être en adéquation avec les perceptions sensorielles des personnes âgées. Cependant, au vu des effets de l'âge sur les perceptions sensorielles, cela constitue un second verrou à lever pour pouvoir développer avec succès des aliments pertinents sur le plan sensoriel.

Les perceptions sensorielles des personnes âgées

L'avancée en âge est liée à une diminution générale des capacités sensorielles (Kremer, 2008; Methven, Allen, Withers, & Gosney, 2012; Sulmont-Rossé, Maitre, & Issanchou, 2010). De nombreuses études existent sur le sujet et le but de ce paragraphe n'est pas d'en faire une revue exhaustive (pour un état de l'art complet et détaillé, voir Maitre, 2014). Au contraire, ce paragraphe a pour objectif de résumer les connaissances existantes à ce jour sur les perceptions sensorielles des personnes âgées et de détailler ce qui est encore mal connu.

Les auteurs ont montré un déclin principalement pour les capacités de détection et d'identification. Bien qu'il soit admis que des diminutions des capacités sensorielles surviennent avec l'âge pour l'olfaction (Doty et al., 1984; Kaneda et al., 2000; Kremer, Bult, Mojet, & Kroeze, 2007b; Murphy, Cain, Gilmore, & Skinner, 1991; Schiffman & Pasternak, 1979; Stevens & Dadarwala, 1993; Sulmont-Rossé et al., 2015), la variabilité interindividuelle n'en reste pas moins importante (Kremer, Bult, et al., 2007b; Stevens & Dadarwala, 1993; Sulmont-Rossé et al., 2015). Comme pour l'olfaction, l'âge est associé à une diminution des performances gustatives. Ceci a été démontré pour la détection des saveurs salée et acide en solutions aqueuses (Kaneda et al., 2000; Kremer, Bult, et al., 2007b; Methven, Allen, et al., 2012; Mojet, Christ-Hazelhof, & Heidema, 2001). Toutefois, les résultats restent plus contradictoires

pour le sucré et l'amer ; tant en solutions (Kaneda et al., 2000; Kremer, Bult, et al., 2007b; Methven, Allen, et al., 2012; Mojet et al., 2001) que dans des aliments réels (Schiffman, Sattely-Miller, Zimmerman, Graham, & Erickson, 1994). La perception de l'intensité des saveurs semble aussi diminuer avec l'âge pour les cinq saveurs en solutions, mais uniquement pour le sucré et le salé dans des aliments réels (Mojet, Heidema, & Christ-Hazelhof, 2003). Parmi toutes les capacités sensorielles, il en est une qui n'a été que très peu étudiée : la capacité de discrimination. Au vu des effets de l'âge sur les autres perceptions sensorielles, nous pouvons alors nous demander s'il en va de même avec les performances de discrimination ?

La discrimination est notre capacité à pouvoir faire des différences entre les produits. C'est ce qui nous permet de dire qu'un aliment est plus sucré ou plus acide qu'un autre par exemple. Plusieurs méthodes existent pour mesurer les capacités de discrimination. La première, fréquemment utilisée, consiste en des tests triangulaires (Jehl, Royet, & Holley, 1995; Kaneda et al., 2000; Kobal et al., 2000; Kremer, Bult, et al., 2007b; Mojet et al., 2003). Dans ce cas, le participant se voit présenter trois échantillons dont deux sont identiques et un différent. Le participant doit alors indiquer l'échantillon sensoriellement différent des deux autres. Afin de s'adapter à une population de personnes âgées, d'autres auteurs ont utilisé des tests par paires. Dans ce cas, deux échantillons étaient présentés au participant et il devait soit : i) indiquer si les échantillons sont identiques ou différents (Elsner, 2001), ii) indiquer lequel des deux échantillons est le plus intense (Gilmore & Murphy, 1989) ou bien iii) évaluer la similitude des deux échantillons grâce à une échelle linéaire continue, bornée à gauche par le terme « identique » et à droite par le terme « différent » (Schiffman & Pasternak, 1979).

En bibliographie, bien que plusieurs outils aient été développés pour mesurer les capacités de discrimination olfactive, relativement peu d'auteurs se sont intéressés aux effets de l'âge sur les capacités de discrimination olfactive (Doty & Kamath, 2014). En 1979, Schiffman et collaborateurs ont étudié la capacité de 16 jeunes adultes (19-25 ans) et de 16 personnes âgées (72-78 ans) à discriminer différents flacons contenant un odorant (citron vert, fraise, pomme, raisin, cerise, tomate, haricot vert, pomme de terre, maïs, bacon, poulet, bœuf, beurre ou chocolat). En présentant les flacons par paires et en demandant aux participants d'évaluer la similitude entre les échantillons, les auteurs ont montré que les personnes âgées avaient généralement plus de mal que les jeunes adultes pour discriminer les odeurs alimentaires présentées (Schiffman & Pasternak, 1979). Les résultats ont également mis en évidence que les personnes âgées étaient plus performantes pour discriminer les odeurs de fruits que pour les autres stimuli olfactifs. Plus récemment, une étude a été réalisée sur les capacités de jeunes adultes (n=24, âge moyen de 21 ans, 18-24 ans) et de personnes âgées (n=24, âge moyen de 67 ans, 67-86 ans) à discriminer un arôme de cerise perçu en crèmes desserts (Kremer, Bult, et al., 2007b). Les résultats ont montré que les performances de discrimination étaient diminuées avec l'âge. Autrement

dit, comparées aux jeunes adultes, les personnes âgées avaient besoin d'une plus grande différence d'arôme cerise entre les échantillons pour pouvoir les différencier. Alors que Kremer et collaborateurs ont étudiés les capacités de discrimination pour un seul arôme dans des aliments réels, d'autres auteurs se sont intéressés à des mixtures d'odorants en systèmes modèles (Kaneda et al., 2000). Ces auteurs ont préparé quatre solutions de propylène glycol contenant différents ratios de deux odorants : l'alcool phényle éthylique (odeur de rose) et le gamma-undécalactone (odeur d'abricot). Pour chacune des solutions testées, les performances de discrimination des personnes âgées (n=20, 59-75 ans, âge moyen de 67 ans) étaient toujours inférieures à celles des jeunes adultes (n=20, 21-40 ans, âge moyen de 29 ans). Notons que cette diminution est significative pour trois solutions sur quatre. Enfin, Elsner s'est intéressé aux capacités olfactives d'une population de 21 centenaires (101-115 ans, âge moyen de 105 ans). Au-delà des considérations méthodologiques inhérentes à la fragilité des participants, cette étude a montré que les performances de discrimination étaient assez faibles et que, pour de nombreuses paires, les réponses approchaient le niveau de chance (Elsner, 2001). Malgré le peu d'études s'intéressant aux effets de l'âge sur les capacités de discrimination olfactive, il semblerait que toutes mettent en évidence une diminution des performances de discrimination olfactive avec l'âge. Mais qu'en est-il pour la discrimination gustative ? Les effets de l'âge sont-ils identiques ?

En bibliographie, les résultats concernant les capacités de discrimination gustative sont assez contradictoires. En effet, Gilmore et Murphy (1989) ont étudié les capacités de discrimination gustative de 12 jeunes femmes (18-25 ans, âge moyen de 22,9 ans) et de 12 femmes âgées (67-77 ans, âge moyen de 72,4 ans) en utilisant des systèmes modèles. Les participantes devaient déguster des paires de solutions aqueuses sucrées ou amères et devaient indiquer l'échantillon le plus intense (i.e. le plus sucré ou le plus amer). Les résultats ont montré que les capacités de discrimination des participantes âgées étaient préservées pour des solutions sucrées, mais qu'elles diminuaient pour les solutions amères. Autrement dit, comparées aux participantes plus jeunes, les participantes âgées ont eu besoin d'un plus grand écart d'amertume entre les solutions pour pouvoir les différencier. Toujours en solutions modèles, Kaneda et collaborateurs (2000) ont comparé les performances de discrimination gustative de 20 jeunes adultes (21-40 ans, âge moyen de 29 ans) et de 20 personnes âgées (59-75 ans, âge moyen de 67 ans). Les participants devaient goûter des solutions aqueuses avec différents ratios saccharose/acide tartrique et indiquer l'échantillon différent des deux autres (test triangulaire). Notons que dans les différentes solutions proposées par ces auteurs, les concentrations de saccharose et d'acide tartrique variaient simultanément. Par exemple, une triade consistait en deux échantillons contenant 33,9 g/l de saccharose et 0,043 g/l d'acide tartrique, alors que le troisième échantillon contenait 17,1 g/l de saccharose et 0,101 g/l d'acide tartrique. Les résultats ont montré que, pour des

mixtures sucrées et acides, les performances de discrimination étaient plus faibles chez les personnes âgées. En 2003, une étude a porté sur les performances de discrimination gustative de 21 personnes âgées dégustant des aliments réels : du thé glacé, une boisson chocolatée, de la mayonnaise, de la soupe de tomates et un bouillon (Mojet et al., 2003). De façon surprenante, les résultats ont montré que « *la discrimination des intensités semble être remarquablement résistante aux effets de l'âge* ».

Au contraire des études sur les capacités de discrimination olfactive, les résultats de l'impact de l'âge sur les capacités de discrimination gustative ne sont aujourd'hui pas unanimes et plus d'études sont nécessaires. Mieux connaître les capacités de discrimination gustative permettrait de préciser les différences perçues ou non par les personnes âgées et d'ainsi aboutir à un cahier des charges précis ; dans le but de développer des produits en lien avec leurs perceptions sensorielles. Toutefois, il est important de noter que l'étude des perceptions sensorielles est indubitablement liée à la matrice dans laquelle ces perceptions sont mesurées.

L'impact de la matrice utilisée pour mesurer les capacités sensorielles

Les systèmes modèles comme un composé sapide dilué en solution aqueuse ou un odorant contenu dans un flacon sont bien éloignés des aliments réels. Il est donc assez intuitif de penser que les perceptions sensorielles peuvent varier en fonction de la matrice utilisée. Intéressons-nous à l'impact de la matrice sur les perceptions sensorielles.

Au cours des années 60, beaucoup d'études de Pangborn ont porté sur des solutions aqueuses et des matrices alimentaires. Ces études ont conclu que pour la plupart, les résultats obtenus en matrices alimentaires supportaient assez bien ceux obtenus en solutions (pour plus de détails, voir la revue de Keast & Breslin, 2002). Toutefois, des études plus récentes ont mis en évidence que la composition des aliments modifiait la disponibilité des composés sapides et/ou aromatiques ; influençant ainsi leur cinétique de libération (Boisard et al., 2013, 2014; Laverjat, Délérès, Tréléa, Salles, & Souchon, 2009; Salles, Thomas-Danguin, & Guichard, 2014). Cette modification serait notamment due aux interactions des composés sapides et/ou aromatiques avec la matière grasse, les glucides, les protéines et l'eau contenus dans la matrice alimentaire (Guichard, 2002; Salles et al., 2014). En 2003 et 2005, Mojet et collaborateurs ont étudié l'intensité des cinq saveurs perçue par 21 jeunes adultes (19-33 ans) et 21 personnes âgées (60-75 ans). Les saveurs étaient présentées en solutions aqueuses et dans des aliments réels (thé glacé, boisson chocolatée, mayonnaise, soupe de tomate et bouillon). Dans un premier temps, les résultats ont montré avec les solutions un effet significatif de l'âge. Autrement dit, à concentrations égales, les personnes âgées ont perçu les stimuli gustatifs moins intensément que les jeunes adultes. Cet effet est significatif pour toutes les saveurs. Dans des aliments réels en revanche, l'effet de l'âge disparaît quasiment totalement et ne reste significatif que pour le sucré et le salé (Mojet

et al., 2003). Dans une seconde étude, ces auteurs ont montré que, à concentrations égales, les saveurs sont perçues moins intenses dans l'aliment réel pour le salé (NaCl, KCl), le sucré (aspartame) et l'acide (acide acétique, acide citrique). En revanche, à concentrations égales, les saveurs sont perçues plus intenses dans l'aliment réel pour le sucré (saccharose), l'amer (caféine, quinine) et l'umami (MSG, IMP) (Mojet, Christ-Hazelhof, & Heidema, 2005). Ces résultats sont en lien avec l'étude de 2003 ne montrant aucune corrélation significative entre les intensités perçues mesurées en solutions aqueuses et en aliments réels (Mojet et al., 2003). En 1988, une étude a mis en évidence que l'impact de la matrice pouvait être concentration-dépendant (Chauhan & Hawrysh, 1988). Les auteurs ont mesuré l'intensité de la saveur acide dans une solution aqueuse et dans un jus de pommes chez 180 participants (60 jeunes adultes de 20 à 29 ans, 60 personnes âgées de 70 à 79 ans et 60 personnes âgées de 80 à 99 ans). Les résultats ont montré que, pour des concentrations d'acide citrique élevées (de 2,30 à 6,92 g/l), le jus de pommes était perçu moins acide que les solutions aqueuses. Au contraire, pour des concentrations faibles d'acide citrique (0,58 g/l), le jus de pommes était perçu plus acide que les solutions aqueuses.

Les capacités de discrimination sont également impactées par la matrice. En effet, la concentration minimale nécessaire pour différencier deux échantillons varie en fonction de la matrice utilisée. Les résultats de 21 personnes âgées (60-75 ans) ont montré que la concentration à partir de laquelle les participants différenciaient les échantillons était plus importante dans les aliments réels que dans l'eau pour le salé, l'acide et l'amer (caféine). En revanche, la concentration à partir de laquelle les participants différenciaient les échantillons était moins importante dans les aliments réels que dans l'eau pour le sucré, l'amer (quinine) et l'umami (Mojet et al., 2003).

Enfin, la matrice utilisée pour mesurer les perceptions sensorielles impacte également la mesure des seuils. En effet, des auteurs ont montré que le seuil de détection du salé était plus important dans une soupe à la tomate que dans une solution aqueuse (Stevens, Cain, Demarque, & Ruthruff, 1991). Le seuil de détection du salé est sept fois plus important dans la soupe de tomates que dans l'eau chez des personnes âgées (n=21, 69-87 ans, âge moyen de $78,2 \pm 4,6$ ans) et 11 fois plus important chez des jeunes adultes (n=21, 18-30 ans, âge moyen de $22,6 \pm 3,1$ ans). Enfin, en abandonnant les systèmes modèles, Schiffman et collaborateurs se sont intéressés aux seuils de détection et de reconnaissance de l'umami (MSG) dans différents aliments (carottes, maïs, petits pois, bouillon de poulet, soupe à l'oignon, soupe de tomate, steak haché de bœuf, viande hachée de poulet et viande hachée de dinde). Les résultats ont confirmé un fort effet de l'aliment dans lequel du MSG était rajouté (Schiffman et al., 1994). Par exemple, le seuil de détection du MSG est beaucoup plus important dans la soupe de tomates (10 fois) que dans des carottes (respectivement 9,9 g/kg et 0,9 g/kg).

Au vu des études présentes en bibliographie, il est clair que la matrice utilisée (solutions modèles ou aliments réels) impacte les capacités sensorielles mesurées. Notons cependant qu'aucun pattern linéaire ne semble se dessiner. Dans certains cas, le passage du système modèle à l'aliment réel diminue les performances sensorielles. Dans d'autres, c'est le phénomène inverse qui se produit. C'est pourquoi certains auteurs se sont légitimement interrogés sur le caractère prédictif des capacités sensorielles mesurées dans un système modèle (Kremer, Mojet, & Kroeze, 2007; Mojet et al., 2005, 2003). Des travaux complémentaires sont nécessaires sur les perceptions sensorielles des personnes âgées, notamment leurs capacités de discrimination, et sur l'impact de l'âge et de la matrice sur ces performances.



Ce qu'il faut retenir

En France comme en Europe, la population est vieillissante et à risque de dénutrition. Bien que pertinentes sur le plan nutritionnel, les solutions actuelles pour lutter contre la dénutrition ne sont pas satisfaisantes sur le plan sensoriel ; réduisant alors leur acceptation auprès des consommateurs et leur potentiel d'être consommées à long terme avec plaisir.

Appréciés et largement consommés par les personnes âgées, les fruits et légumes constituent de bons candidats pour servir de base au développement de produits enrichis innovants.

Malgré une diminution générale des perceptions sensorielles, très peu est connu sur les capacités de discrimination gustative et leur lien avec l'appréciation d'aliments réels. Les résultats actuellement disponibles sont contradictoires.

Enfin, les capacités sensorielles peuvent varier en fonction de la matrice dans laquelle elles sont mesurées (systèmes modèles versus aliments réels). Des travaux sont nécessaires pour évaluer cet impact de la matrice sur les perceptions sensorielles.

2. Problématique et questions de recherche

A l'issue de cet état de l'art, il apparaît que la part des personnes âgées ne cesse d'augmenter et que ce vieillissement de la population va de pair avec un risque grandissant de dénutrition chez ces personnes. Dans ce contexte, nous avons vu que plusieurs solutions existaient pour lutter contre ce problème de santé publique qu'est la dénutrition. Ainsi, en fonction du statut nutritionnel de la personne, les moyens mis en place peuvent aller du simple enrichissement de l'alimentation avec des produits naturellement riches en protéines jusqu'à une supplémentation médicale de la diète par des compléments nutritionnels oraux. Toutefois, ces solutions ne sont aujourd'hui que partiellement satisfaisantes. En effet, l'accent mis sur les bénéfices nutritionnels se fait souvent au détriment des qualités sensorielles du produit. C'est pour cela que les produits enrichis souffrent très régulièrement d'une faible valeur hédonique et que leur consommation à long terme, bien que nécessaire, peut vite devenir déplaisante, voire impossible.

Nous avons vu que les fruits et légumes étaient très appréciés par les personnes âgées ; ce qui en fait de bons candidats de base pour le développement de produits innovants. Toutefois, malgré leurs nombreux bénéfices santé, les fruits et légumes souffrent d'une faible densité protéino-énergétique. C'est pourquoi il s'avère pertinent de les enrichir, notamment en protéines. Au-delà de l'aspect nutritionnel, il est important d'intégrer une approche sensorielle dans le développement de tels produits afin qu'ils soient appréciés et consommés avec plaisir. C'est pourquoi, au cours de ma thèse, je me suis intéressé à la problématique suivante :

Comment développer des produits nutritionnellement et sensoriellement adaptés à l'alimentation des personnes âgées en s'appuyant sur les outils sensoriels ?

Le cas des fruits et légumes

Une première réponse possible à cette problématique serait de suivre la démarche d'innovation décrite en Figure 3 et qui s'articule autour de phases : Apprendre – Produire – Mesurer. Ainsi, en se centrant sur les habitudes, les perceptions et les préférences des consommateurs, cette méthode favorise la création d'un produit pertinent et adapté aux consommateurs. Notons que chacune de ces étapes soulève plusieurs questions, essentielles au développement de produits innovants, et auxquelles les outils sensoriels existants peuvent aider à répondre.

Dans un premier temps, la phase d'apprentissage permet de mieux connaître la population étudiée. Dans notre cas, en s'intéressant aux personnes âgées de plus de 65 ans, nous pouvons nous demander **quelles sont les habitudes et les préférences alimentaires des personnes âgées pour les fruits et légumes ?** Pour répondre à cette question, une enquête a été réalisée au niveau européen et fera l'objet du second chapitre de cette thèse. Les habitudes et préférences alimentaires étant très variables, nous émettons l'hypothèse que l'appréciation pour les fruits et légumes est une variable segmentant la population mais que, malgré cette variation, certains fruits et/ou légumes restent consensuels dans tous les pays européens étudiés. Notons que, dans le contexte du projet de recherche OPTIFEL, ces résultats permettront de faire des recommandations sur les fruits et légumes appréciés en Europe et d'ainsi choisir les plus aimés. Ces fruits et légumes serviront ensuite de base pour produire des aliments enrichis.

La deuxième partie du processus d'innovation consiste en une phase de production. Pour cela, nous avons vu dans l'état de l'art qu'un cahier des charges était nécessaire en amont de la production. Ce document permettra de définir les caractéristiques précises et le niveau de qualité attendus du produit final. Dans notre cas, nous nous intéresserons aux perceptions sensorielles des personnes âgées et à leurs préférences en nous demandant **quelles sont les capacités sensorielles des personnes âgées et comment influencent-elles l'appréciation de produits à base de fruits ?** Cette partie mettra l'accent sur les capacités de discrimination gustative et sera détaillée dans le troisième chapitre de cette thèse. Au vu des effets de l'âge sur les autres capacités sensorielles, nous posons l'hypothèse que les capacités de discrimination diminuent également avec l'âge. Une croyance populaire veut que l'appréciation pour des produits sucrés augmente chez les personnes âgées. Nous pouvons alors émettre l'hypothèse que les personnes plus âgées préféreront les produits plus sucrés. Enfin, une baisse significative des capacités de discrimination gustative serait synonyme de monotonie car tous les produits auraient le même goût. C'est pourquoi nous nous attendons à ce que les personnes âgées aux capacités de discrimination les plus faibles donnent des notes d'appréciation équivalentes pour tous les produits testés. Dans le cadre du projet OPTIFEL, cette étude permettra de fournir des recommandations sensorielles et hédoniques dans le cahier des charges, aidant ainsi au développement des produits.

La dernière partie du processus d'innovation consiste en une phase de mesure. Autrement dit, les produits développés sont confrontés aux jugements et avis des consommateurs. Dans notre cas, nous nous demanderons **comment des produits à base de fruits et légumes, enrichis nutritionnellement, sont-ils appréciés par des personnes âgées ?** Pour répondre à cette question, un test consommateurs a été organisé au niveau européen afin de mesurer, auprès de personnes âgées vivant à domicile, leur niveau d'appréciation pour différents aliments enrichis. Malgré les défauts sensoriels engendrés par

l'enrichissement, nous émettons l'hypothèse qu'une balance est possible entre bénéfices nutritionnels et qualités sensorielles. Le quatrième chapitre de cette thèse sera consacré à cette étude. Dans le cadre du projet OPTIFEL, cette étape permettra de choisir parmi plusieurs variantes quels produits enrichis sont les plus appréciés et de les tester auprès de personnes âgées vivant en EHPAD. Enfin, le dernier chapitre de cette thèse ouvrira sur une discussion générale. Un schéma général de la problématique est présenté en Figure 5. Le schéma et plan de la thèse sont quant à eux présentés en Figure 6.

Ma thèse s'est effectuée au cœur du projet de recherche OPTIFEL. L'originalité de ce travail réside tout d'abord dans la dimension européenne donnée aux expérimentations mises en place. Ensuite, les travaux réalisés tentent d'élargir le spectre de profils de « personnes âgées » en prenant en compte des participants autonomes vivant à domicile, mais également plus âgés, plus dépendants et vivant en EHPAD ; ce qui est très rarement fait. Enfin, les résultats de cette thèse aboutissent à des recommandations concrètes, destinées à aider au développement de produits destinés aux personnes âgées.

Comment développer des produits nutritionnellement et sensoriellement adaptés à l'alimentation des personnes âgées en s'appuyant sur les outils sensoriels ? Le cas des fruits et légumes

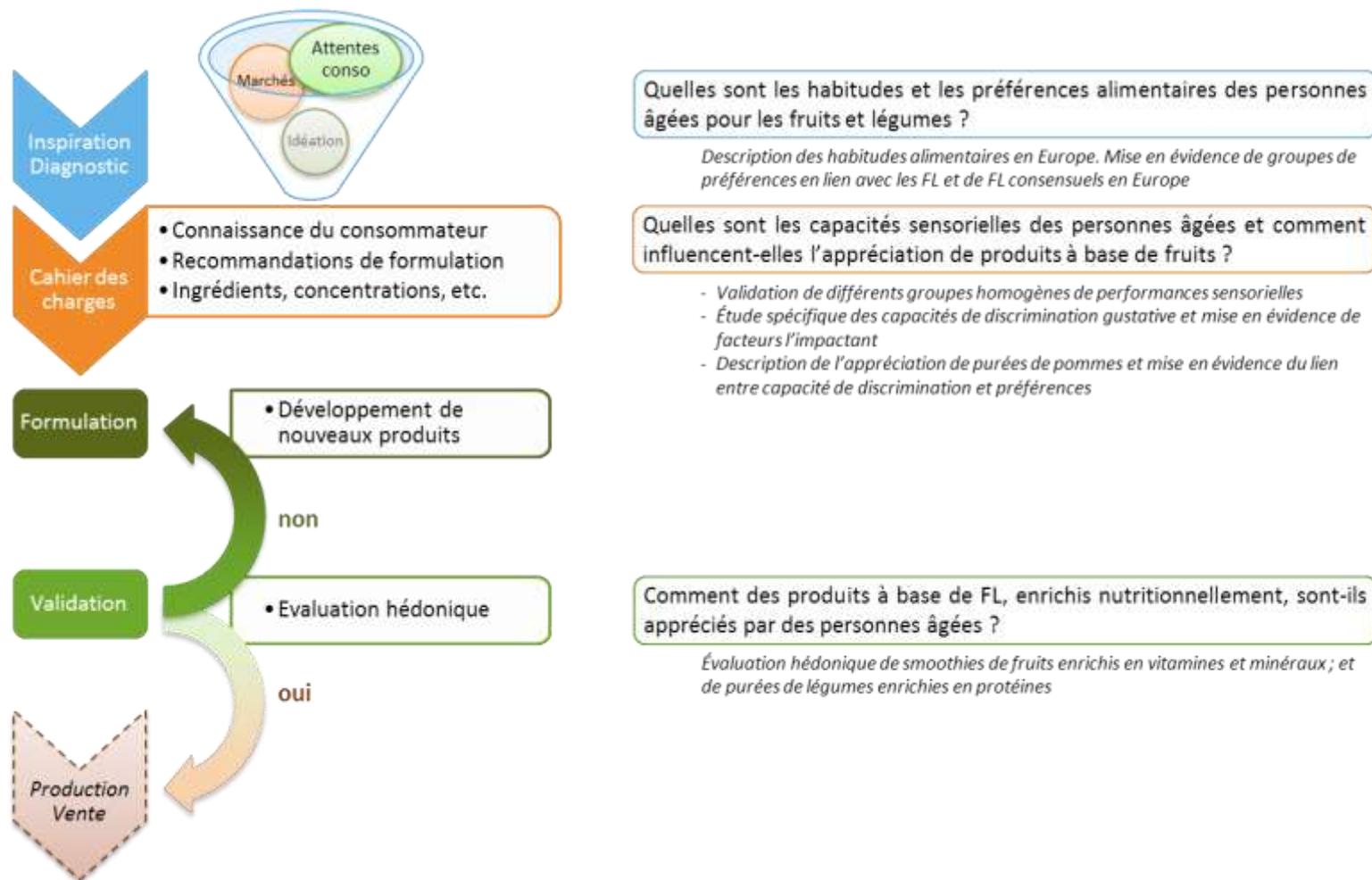
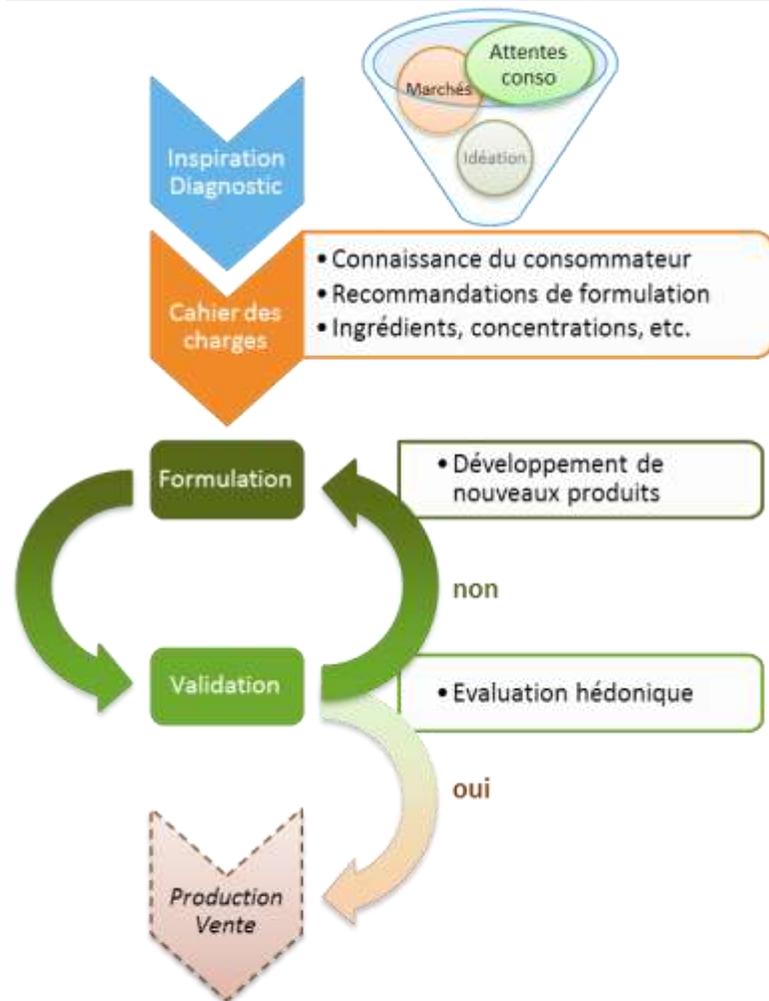


Figure 5 : Schéma de la problématique

Chapitre I – Contexte, état de l'art, problématique et questions de recherche



Quelles sont les habitudes et les préférences alimentaires des personnes âgées pour les fruits et légumes ?

Chapitre II Habitudes et préférences alimentaires des personnes âgées pour les fruits et légumes

Enquête dans 5 pays européens
420 personnes de plus de 65 ans
3 catégories de dépendance

Quelles sont les capacités sensorielles des personnes âgées et comment influencent-elles l'appréciation de produits à base de fruits ?

Chapitre III 1) Capacités sensorielles en systèmes modèles

2) Capacité de discrimination gustative

3) Facteurs influençant les capacités de discrimination

4) Lien entre capacité de discrimination et appréciation

des purées de pommes

Tests sensoriels et évaluation hédonique
3 pays européens (France, Pologne, Espagne)
105 Jeunes adultes (18-40 ans)
130 personnes âgées autonomes (+ de 65 ans)
96 personnes âgées dépendantes (+ de 65 ans)

Comment des produits à base de FL, enrichis nutritionnellement, sont-ils appréciés par des personnes âgées ?

Chapitre IV Evaluation hédonique de produits enrichis, à base de fruits et légumes, destinés aux personnes âgées

Tests consommateurs dans 4 pays européens (Finlande, France, Pologne, Espagne)
344 personnes autonomes, plus de 65 ans

Chapitre V – Discussion générale et perspective

Figure 6 : Schéma et plan de la thèse

Chapitre 2

*Habitudes et préférences alimentaires
des personnes âgées pour
les fruits et légumes*

CHAPITRE II : Habitudes et préférences alimentaires des personnes âgées pour les fruits et légumes

Cette thèse s'intéresse à l'alimentation des personnes âgées et au développement de produits innovants, à base de fruits et légumes, dédiés à cette population. Nous l'avons vu, la première étape du processus d'innovation consiste à mieux connaître les consommateurs. Ce chapitre a pour but de décrire dans un premier temps les habitudes de consommation des personnes âgées en Europe ainsi que la place des fruits et légumes dans leurs repas. Ensuite, nous essaierons de comprendre comment varient les préférences en termes de fruits et légumes en Europe, quels facteurs peuvent influencer ces préférences et si certains produits font consensus.

1. Habitudes alimentaires et place des fruits et légumes au sein des repas

1.1) Introduction

A ce jour, les articles scientifiques relatifs à ces sujets d'étude concernent en majeure partie les populations de jeunes adultes (moins de 60-65 ans) et/ou les enfants ; peu d'informations existant sur les populations âgées de plus de 65 ans. En 2012, Edfors et Westergren écrivaient que : « *Pour répondre aux besoins nécessaires à un statut nutritionnel optimal chez les personnes âgées vivant à domicile, il est nécessaire de connaître leurs préférences personnelles et leurs habitudes, passées et actuelles* ». C'est pourquoi il faut tenir compte des habitudes et des préférences des personnes âgées pour proposer des aliments innovants. Pour cela, une enquête comparative a été réalisée au niveau européen.

Adapter et personnaliser l'offre alimentaire est relativement facile dans le cas des personnes âgées autonomes. Toutefois, ce défi est plus difficile à relever avec des personnes plus dépendantes pour leur alimentation et déléguant les activités liées au repas à des aidants (courses, préparation des repas, etc.) et devient très difficile dans un contexte de restauration collective (personnes encore plus dépendantes, vivant en EHPAD). En effet ces populations sont très hétérogènes, en termes notamment de capacités physiques, psychologiques, cognitives et sensorielles ; les rendant plus difficiles à interroger (Maitre, Symoneaux, & Sulmont-Rossé, 2015). Maitre et al. (2014) ont étudié différents niveaux de dépendance au sein de la population âgée : vivant à domicile et ne recevant aucune aide, recevant une aide pour les activités non liées au repas (ménage, etc.), recevant une aide pour les activités liés au repas (courses, préparation, etc.) ou vivant en EHPAD. Ces auteurs ont montré que les personnes âgées les plus dépendantes (vivant en EHPAD) étaient plus sélectives pour leur alimentation. En effet, face à une liste de 71 aliments familiers, les personnes âgées plus dépendantes

rejetent un nombre d'aliments plus grand que le nombre d'aliments rejetés pas les personnes moins dépendantes. De plus, ces auteurs ont montré que les personnes dépendantes étaient plus à risque de dénutrition. Cette population de personnes âgées, dépendantes pour leur alimentation, est encore très peu étudiée de nos jours. A-t-elle des besoins, des habitudes, des préférences spécifiques ? Très peu de connaissances sont disponibles à ce sujet. Pourtant, ces personnes présentent un risque élevé de dénutrition. C'est pourquoi nous l'avons choisi pour notre étude. Afin de mesurer l'impact du niveau de dépendance sur les habitudes et les préférences alimentaires, nous avons défini trois catégories de dépendance, inspirées de Maitre et al. (2014). La catégorie c1 regroupe des personnes vivant à domicile et déléguant les courses. Les participants de la catégorie c2 vivent également à domicile mais délèguent la préparation des repas (aide à domicile pour préparer les repas et/ou portage de repas à domicile au moins une fois par semaine). Les résultats de l'étude AUPALESENS ont montré qu'une catégorie regroupant des personnes déléguant la préparation des repas et des personnes bénéficiant du portage de repas à domicile était assez homogène pour être significativement différente des participants recevant une aide pour des activités non liées à l'alimentation ou des participants vivant en EHPAD. C'est pourquoi les personnes bénéficiant du portage de repas à domicile ont également été incluses dans la catégorie c2. Enfin, la catégorie c3 rassemble les personnes vivant en EHPAD et mangeant en restauration collective, où tout est délégué, avec au moins la moitié des repas pris au restaurant de l'établissement. Cette dernière catégorie est considérée comme la plus dépendante. Les personnes bénéficiant d'une aide mais pour des activités non alimentaires (confort, ménage, entretien, jardinage, etc.) ou mangeant en texture mixée n'ont pas été incluses.

Dans le cadre du projet de recherche OPTIFEL, notre étude a été réalisée au niveau européen. En 2009, Elmadfa et collaborateurs ont divisé l'Europe en quatre grandes régions : Nord, Centre Est, Ouest et Sud. Ces auteurs ont montré que les fruits et légumes étaient plus disponibles dans la région Sud (Elmadfa et al., 2009). Le rapport aux fruits et légumes est donc différent au sein de l'Europe, de par l'aspect culturel ou simplement l'accès à ces matières premières. Cinq pays Européens ont été choisis afin de représenter chacune de ces régions : la Finlande pour le Nord, la Pologne pour le Centre Est, la France et l'Angleterre pour l'Ouest et l'Espagne pour le Sud. De cette façon, nous pourrions évaluer l'impact des habitudes et préférences locales.

1.2) Matériels et méthodes

a) La population enquêtée

Ethique

Tous les participants ont été recrutés sur la base du volontariat et ont donné leur accord écrit en signant une fiche de consentement pour faire partie de l'étude. En France, un comité d'éthique a été consulté et n'a pas jugé utile d'évaluer nos protocoles de recherche. Pour les participants anglais, l'accord du comité d'éthique a été nécessaire et donné par le *Faculty Ethics Committee* de l'université de Leeds (MEEC 13-019). Tous les protocoles expérimentaux ont suivi les règles et recommandations établies par l'université de Leeds.

Participants

La population enquêtée représente un échantillon de 460 personnes. Ces personnes ont été recrutées en Finlande, en France, en Pologne, en Espagne et en Angleterre et suivant trois critères d'inclusion : l'âge, le MMSE court (*Mini Mental State Evaluation*) et le régime alimentaire.

Afin d'être inclus dans l'étude, les volontaires devaient être âgés de 65 ans ou plus. Les participants recrutés ont entre 65 et 98 ans et l'âge moyen est de $82,4 \pm 7,4$ ans. La population a été recrutée de façon homogène entre les cinq pays européens ainsi que pour chacune des catégories de dépendance. Les femmes ont tendance à être surreprésentées dans la sous-population échantillonnée (78% au total contre 58% au premier Janvier dans la population française (INSEE, 2016)). Toutefois, la distribution des femmes au sein de notre échantillon (pays x catégories) ne semble pas significativement différente ($\chi^2=14,996$; $p>0,05$) ; rendant ainsi les différents groupes comparables.

Le second critère d'inclusion était le MMSE court, pour lequel les participants devaient obtenir un score supérieur ou égal à 2/3. Le test court du MMSE consiste en trois questions extraites du test du MMSE développé par Folstein, Folstein, & McHugh (1975) : En quelle année sommes-nous ? En quelle saison ? En quel mois ? Pour être inclus, les participants devaient donner au moins deux réponses correctes. Une fois l'inclusion terminée, il était important de s'assurer de l'état cognitif général des participants. Pour cela, les personnes incluses ont répondu au test du MMSE entier (Folstein et al., 1975). Ce questionnaire regroupe 30 questions divisées en six dimensions : orientation, apprentissage, attention et calcul, rappel, langage et praxies constructives (GRECO, 2014). Les participants avec un score strictement inférieur à 21 (n=40) ont été exclus de l'analyse des données.

Enfin, les personnes âgées interrogées ne devaient pas suivre de régime alimentaire sans sel.

Au total, 420 personnes âgées dépendantes pour leur alimentation ont été recrutées et interviewées. Une fois les données consolidées, le nombre final de répondants s'élevait à 405 personnes, dont les caractéristiques sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Variables descriptives pour la population étudiée, détaillées par pays et catégories de dépendance

	Total		Catégories de dépendance					
			c1		c2		c3	
Effectifs	405		143	35%	141	35%	121	30%
Finlande	86	21%	31	36%	27	31%	28	33%
France	101	25%	26	26%	36	36%	39	39%
Espagne	70	17%	28	36%	24	31%	25	32%
Pologne	77	19%	28	40%	27	39%	15	21%
Angleterre	71	18%	30	42%	27	38%	14	20%
Part des femmes	314	78%	128	90%	102	72%	84	69%
Finlande	62	72%	26	84%	18	67%	18	64%
France	81	80%	25	96%	27	75%	29	74%
Espagne	54	77%	23	82%	13	54%	19	76%
Pologne	55	71%	26	93%	20	74%	8	53%
Angleterre	62	87%	28	93%	24	89%	10	71%
Age : $\bar{x}(\sigma)$	82,4	(7,4)	81,4	(6,9)	82,5	(7,2)	83,6	(8,0)
Finlande	81,5	(7,3)	80	(6,7)	82,1	(7,1)	82,6	(8,0)
France	84,6	(7,3)	83,5	(6,3)	82,3	(7,7)	87,4	(6,7)
Espagne	80,8	(6,9)	79,3	(5,8)	85,2	(6,4)	75,7	(4,5)
Pologne	83,3	(7,1)	85,2	(4,4)	80,6	(7,1)	83,8	(8,9)
Angleterre	81,2	(7,6)	79,4	(8,5)	82,2	(7,2)	83,2	(6,1)
MMSE : $\bar{x}(\sigma)$	26,6	(2,6)	27,5	(2,0)	26,3	(2,8)	25,9	(2,6)
Finlande	26,4	(2,7)	27,7	(1,9)	25,8	(3,0)	25,5	(2,6)
France	27,3	(2,2)	27,8	(1,4)	27,5	(1,9)	26,7	(2,7)
Espagne	26,6	(2,8)	28,0	(1,8)	25,7	(3,1)	25,4	(2,8)
Pologne	26,2	(2,6)	27,0	(2,5)	25,8	(2,8)	25,9	(2,5)
Angleterre	26,5	(2,7)	27,2	(2,0)	26,3	(3,1)	25,4	(2,6)

Catégories de dépendance : c1 = aide pour les courses ; c2 = aide pour la préparation des repas et/ou portage de repas à domicile ; c3 = vivant en EHPAD (où tout est délégué)

$\bar{x}(\sigma)$: Moyenne (écart-type)

b) Description de l'enquête

Nombre et fréquences des repas

Dans un premier temps, les participants devaient indiquer leur nombre de repas journaliers. Ensuite, ils devaient répondre à un questionnaire sur la fréquence de chacun de leur repas. Afin d'évaluer toutes les prises alimentaires au cours de la journée, le questionnaire concernait les trois repas « conventionnels » que sont le petit déjeuner, le déjeuner et le dîner ; ainsi que deux collations : le goûter (entre le déjeuner et dîner) et la collation du soir (entre le dîner et le coucher). Les participants

indiquaient la fréquence à laquelle ils prenaient chacun de ces repas sur une échelle à quatre points comme celle présentée en Figure 7.

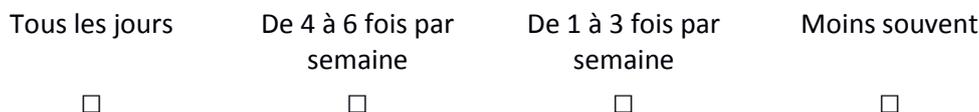


Figure 7 : Echelle discrète utilisée pour évaluer la fréquence des repas

Les fruits et légumes – Consommation et place dans les repas

Afin d'évaluer la consommation de fruits et légumes chez les personnes âgées dépendantes, deux questions étaient posées aux participants : la première pour mesurer la fréquence de consommation des fruits et légumes au cours de la semaine et l'autre pour préciser le moment de consommation des fruits et légumes (au cours quels repas ?).

La fréquence de consommation a été mesurée grâce à une échelle à cinq points (Figure 8). Pour décrire précisément les habitudes alimentaires des participants en termes de fruits et légumes, la fréquence de consommation a été demandée pour les fruits et les légumes sous différentes formes. Pour les légumes, quatre variantes ont été étudiées : les légumes crus, les légumes cuisis (hors soupes), les soupes de légumes et les légumineuses. Concernant les fruits, trois variantes ont été explorées : les fruits frais (ou portions de fruits), les fruits cuisis (purées, fruits préparés au four, etc.) et les jus de fruits.

La seconde question posée concernait le moment de consommation des fruits et légumes. Les participants indiquaient s'ils consommaient habituellement des fruits et des légumes au cours des cinq repas étudiés ; à savoir le petit déjeuner, le déjeuner, le goûter, le dîner, la collation du soir.

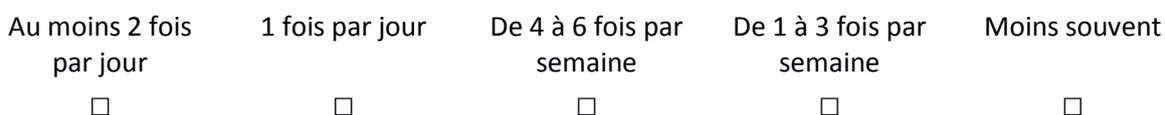


Figure 8 : Echelle discrète pour évaluer la fréquence de consommation des fruits et légumes

c) Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec les logiciels R (version 3.1.2) et Question Data (version 6.8.002). Les nombres de repas ont été comparés grâce à une ANOVA intégrant les effets pays, catégories et pays x catégories comme effets fixes ; suivis de tests LSD lorsque les facteurs étaient significatifs. Les fréquences/distributions ont été comparées grâce à des tests de χ^2 et χ^2 par case (Symoneaux, Galmarini, & Mehinagic, 2012).

1.3) Résultats

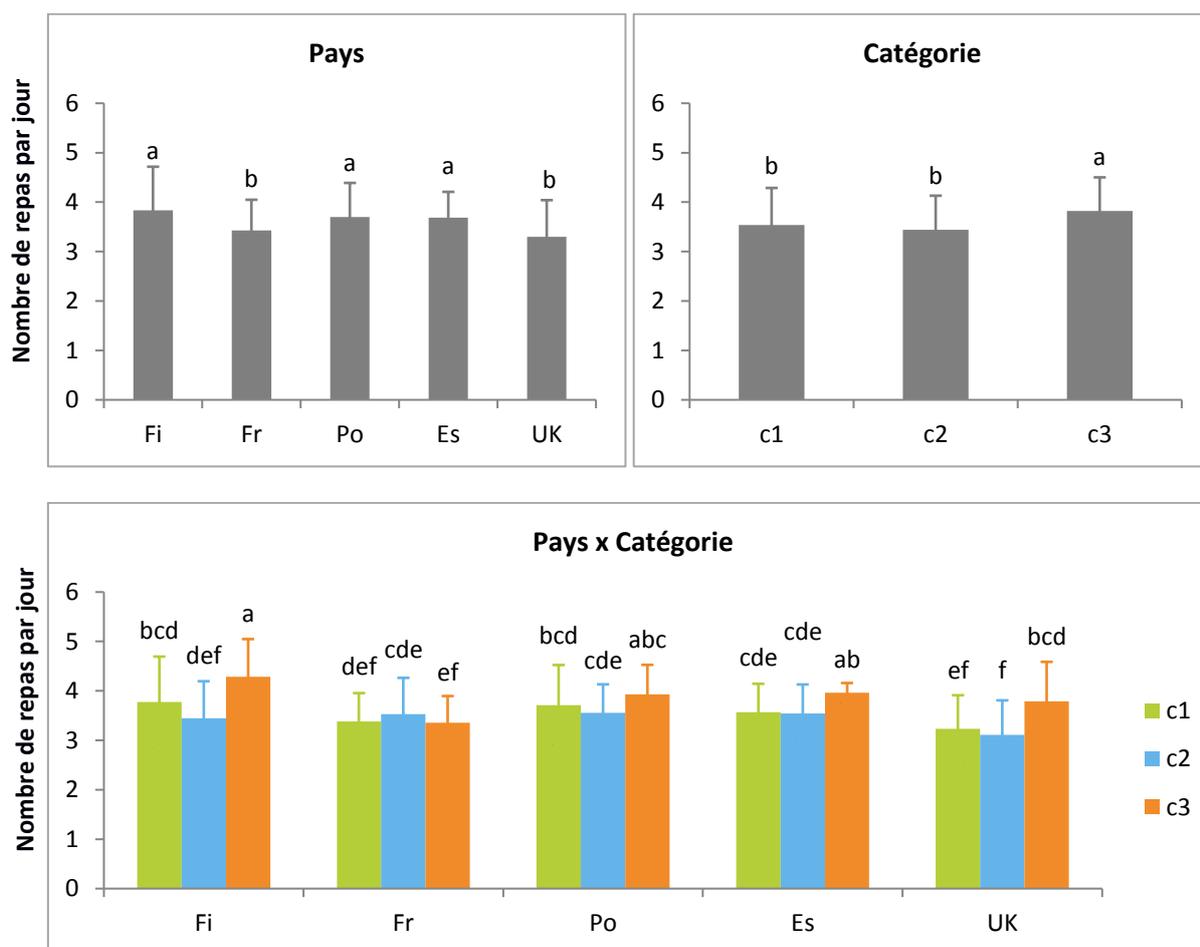
a) Nombre de repas par jour

Les résultats de l'ANOVA montrent des effets significatifs pour chacun des facteurs étudiés (voir Tableau 2 et Figure 9). D'après les tests LSD, le nombre moyen de repas par jour est significativement moins important en France et en Angleterre (3,4 et 3,3) comparé aux autres pays (3,7 et 3,8). De la même façon, le nombre moyen de repas journaliers est significativement plus faible pour les personnes vivant à domicile (catégorie c1 : 3,5 ; catégorie c2 : 3,4) que pour les personnes vivant en EHPAD (3,8 repas par jour). L'interaction pays x catégorie nous apprend que les repas sont plus nombreux chez les personnes vivant en EHPAD dans tous les pays, excepté en France. Malgré des différences statistiquement significatives, nous pouvons noter que, pour l'ensemble de l'échantillon étudié, le nombre moyen de repas par jour est assez consensuel et varie peu (entre trois et quatre repas par jour).

Tableau 2 : Tableau de l'ANOVA pour les nombres de repas par jour

Facteurs	ddl	F _(ddl, 405)	P value	
Catégorie	2	10,270	0,000	***
Pays	4	8,639	0,000	***
Pays x Catégorie	8	2,666	0,007	**

** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$



Fi : Finlande, Fr : France, Po : Pologne, Es : Espagne, UK : Angleterre

Catégorie c1 : participants vivant à domicile avec aide pour les courses. Catégorie c2 : participants vivant à domicile avec aide pour la préparation des repas et/ou le portage de repas à domicile. Catégorie c3 : personnes vivant en EHPAD.

Figure 9 : Nombre moyen de repas journaliers, détaillés par pays et catégories de dépendance

b) Fréquence des repas

Au cours du questionnaire, chaque participant a indiqué la fréquence de ses repas. Cinq prises alimentaires ont été étudiées : les trois repas « conventionnels » comme le petit déjeuner, le déjeuner et le dîner ; ainsi que les collations comme le goûter et la collation du soir (entre le dîner et le coucher).

Les résultats montrent que la quasi-totalité des participants prennent un petit déjeuner (96%), un déjeuner (95%) et un dîner (87%) tous les jours. De la même façon dans chacun des cinq pays européens étudiés, le petit déjeuner et le déjeuner sont quotidiens pour respectivement au moins 94% et 90% des participants (Figure 10). Quant au dîner, 97% des participants espagnols et 98% des participants français prennent ce repas tous les jours. En revanche, un pourcentage de participants légèrement plus faible prend un dîner tous les jours en Angleterre (89%) et en Pologne (81%). En

Finlande, seulement 67% des participants déclarent prendre un dîner tous les jours contre 22% déclarant prendre un dîner moins d'une fois par semaine. L'analyse par catégorie de dépendance montre des fréquences similaires (Figure 11). Une très forte proportion de participants prend un petit déjeuner et un déjeuner tous les jours dans chacune des catégories : respectivement 94% ou plus et 92% ou plus. Prendre un dîner tous les soirs est légèrement plus fréquent pour les participants vivant en EHPAD (96%), par rapport aux participants vivant à domicile et déléguant les courses (83%) ou déléguant la préparation des repas (84%).

Contrairement aux repas que sont le petit déjeuner, le déjeuner et le dîner, les résultats de l'enquête montrent que les collations sont beaucoup moins fréquentes. De façon générale, 40% des participants prennent un goûter tous les jours contre 38% en prenant un moins d'une fois par semaine. Seulement 25% des participants prennent une collation tous les soirs contre 60% en prenant une moins d'une fois par semaine. Les résultats par pays montrent des habitudes alimentaires radicalement différentes (Figure 10). En effet, le goûter semble assez fréquent en Espagne et en Finlande (respectivement 66% et 73% des participants en prennent un au moins quatre fois par semaine ou plus) mais très peu fréquent en Angleterre (73% des participants en prennent un moins d'une fois par semaine). Concernant la collation du soir, 70% (Pologne), 85% (France) et 93% (Espagne) des participants déclarent en prendre une moins d'une fois par semaine. Au contraire, cette prise alimentaire est très fréquente en Finlande où 84% des participants déclarent en prendre une au moins quatre fois par semaine ou plus souvent. Nous pouvons noter qu'environ un tiers des participants anglais (31%) déclarent prendre une collation chaque soir. L'analyse par catégorie de dépendance montre que moins de la moitié des participants des catégories c1 (47%) et c2 (41%) déclarent prendre un goûter régulièrement (quatre fois par semaine ou plus) ; alors que ce pourcentage atteint 61% en EHPAD (catégorie c3). Enfin, peu de différence existe entre les catégories concernant la fréquence de prise d'une collation le soir. Les résultats montrent toutefois que plus les participants sont dépendants, plus cette collation est fréquente : 27% (c1), 29% (c2) et 37% (c3) des participants déclarent prendre une collation le soir au moins quatre fois par semaine.

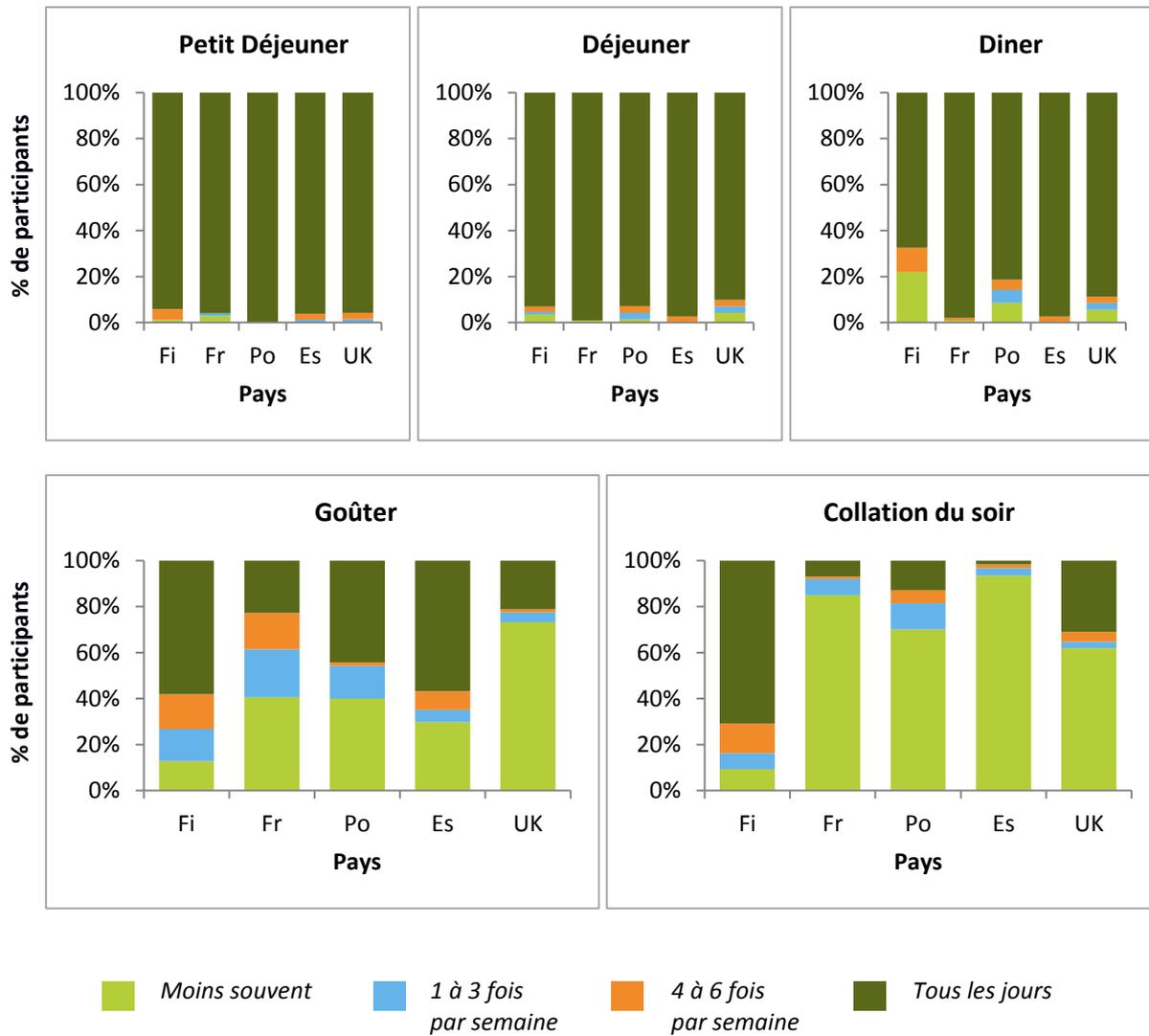


Figure 10 : Fréquences des repas détaillées par pays

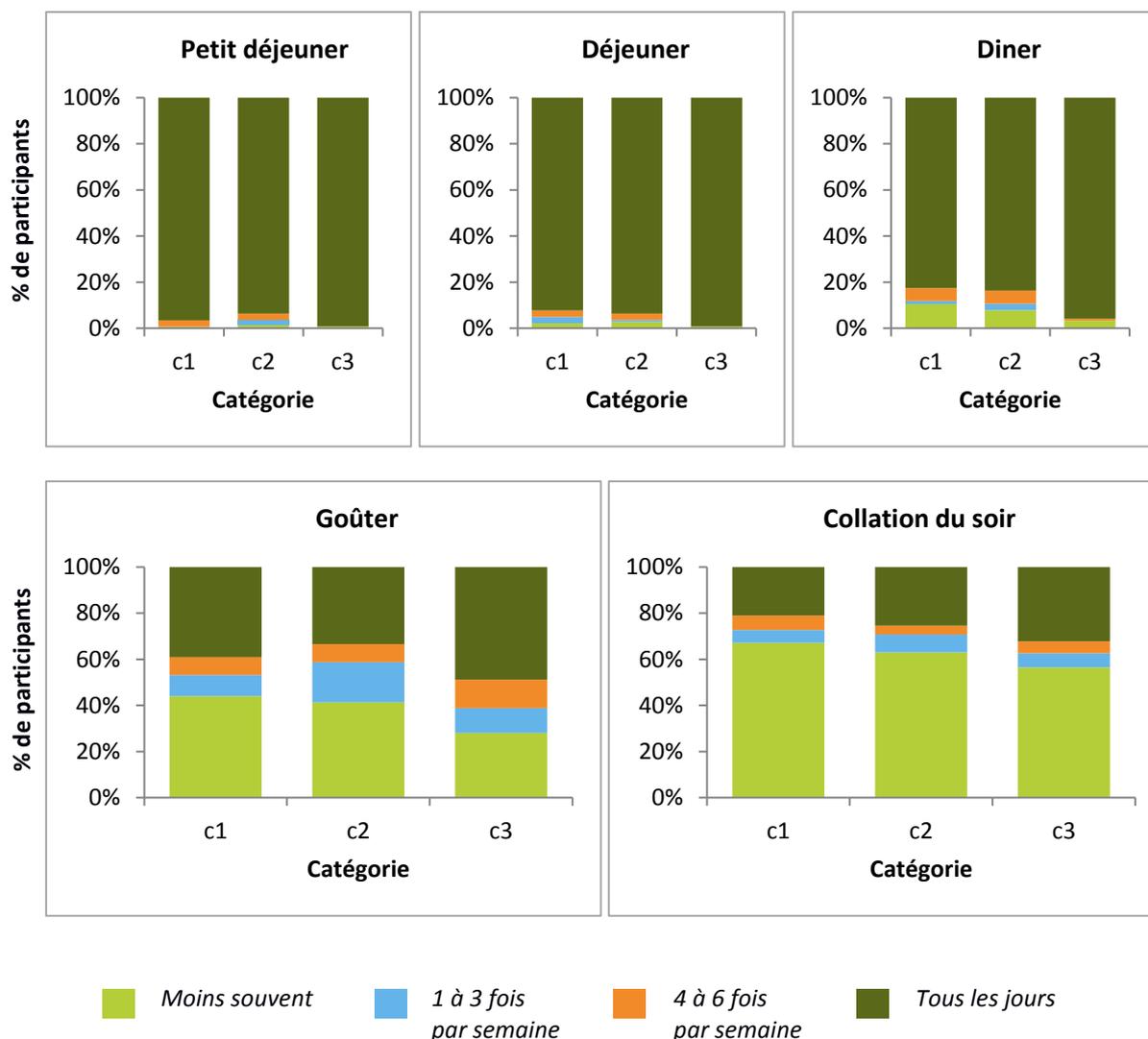


Figure 11 : Fréquences des repas détaillées par catégories de dépendance

c) La consommation des fruits

A quelle fréquence ?

De façon générale, les fruits sont consommés assez fréquemment par les personnes âgées. Cette consommation se fait essentiellement sous forme de fruits frais : 67% des participants déclarent manger au moins un fruit cru par jour contre 10% déclarant en consommer moins d'une fois par semaine. En revanche, la consommation de fruits transformés (purées, compotes, etc.) ou en jus est moins habituelle : respectivement 40% et 48% des participants déclarent en consommer moins d'une fois par semaine. La Figure 12 détaille la consommation des fruits par pays. Il est intéressant de noter que les fruits frais sont plutôt populaires en Europe : dans chaque pays étudié, plus de 65% des participants en consomment au moins une fois par jour et ce pourcentage atteint 84% en Espagne. En revanche, la consommation de fruits transformés est moins fréquente : en Espagne, Pologne et

Angleterre, plus des 77% des participants déclarent consommer des fruits transformés de une à trois fois par semaine ou moins. Avec plus de 50% des participants en consommant moins d'une fois par semaine, les jus de fruits sont également peu consommés ; exceptés en Finlande où 61% des participants déclarent en consommer au moins quatre fois par semaine ou plus.

L'analyse des fréquences de consommation de fruits par catégorie de dépendance montre des profils de consommation assez proches (Figure 13). Toutefois, nous pouvons remarquer que les fruits frais sont consommés plus fréquemment au domicile pour les personnes de la catégorie c1 (délégation des courses) : 73% des participants en consomment au moins une fois par jour contre 65% et 61% pour respectivement les personnes des catégories c2 (délégation de la préparation des repas) et c3 (restauration collective en EHPAD). A l'inverse, pour les fruits transformés comme les fruits cuits et les jus de fruits, leur consommation est plus fréquente en EHPAD. En effet, 42% des participants de la catégorie c3 en consomment au moins quatre fois par semaine alors que seulement 21% (catégorie c1) et 32% (catégorie c2) des autres participants déclarent en consommer à cette fréquence. Enfin, quasiment la moitié des participants de la catégorie c3 consomment des jus de fruits quotidiennement (48%) alors qu'ils ne sont que moins d'un tiers dans les autres catégories (c1 : 29% ; c2 : 31%).

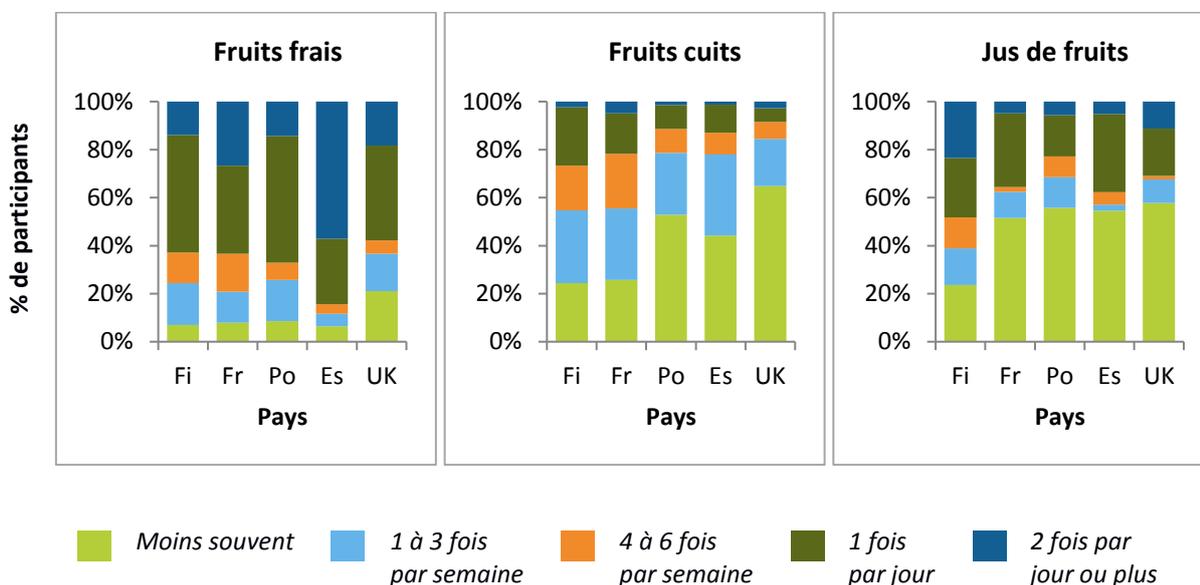


Figure 12 : Fréquences de consommation des fruits détaillées par pays

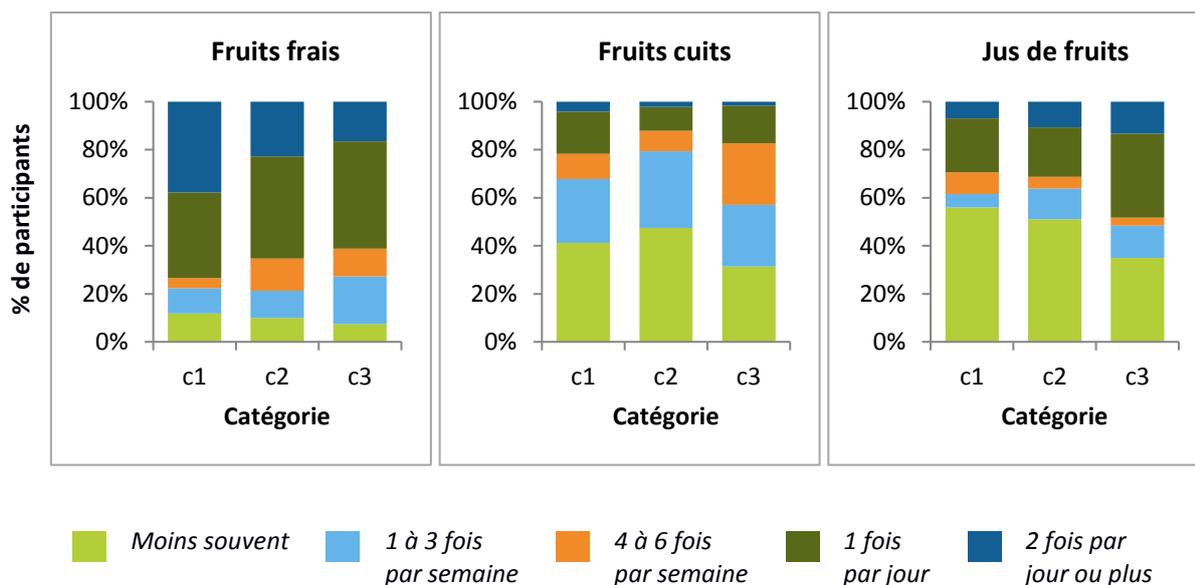


Figure 13 : Fréquences de consommation des fruits détaillées par catégories de dépendance

Au cours de quels repas ?

Les fruits sont le plus fréquemment consommés frais. Les détails des pourcentages de participants consommant des fruits frais sont donc présentés ci-dessous (Figure 14) par pays et par catégorie de dépendance. Les résultats par repas pour les fruits transformés et les jus de fruits sont présentés en annexes. L'analyse par pays montre des profils de consommation des fruits frais différents entre les pays. Par exemple, en France comme en Espagne, les fruits frais sont majoritairement consommés au déjeuner (respectivement 81% et 91% des participants) ainsi qu'au dîner (respectivement 59% et 64% des participants). Au contraire, en Finlande comme en Pologne, les fruits frais sont plutôt consommés au moment des collations comme le goûter (respectivement 57% et 70% des participants) et la collation du soir (respectivement 56% et 36% des participants). Enfin, en Angleterre, les fruits frais sont plutôt consommés au moment du petit déjeuner (48%).

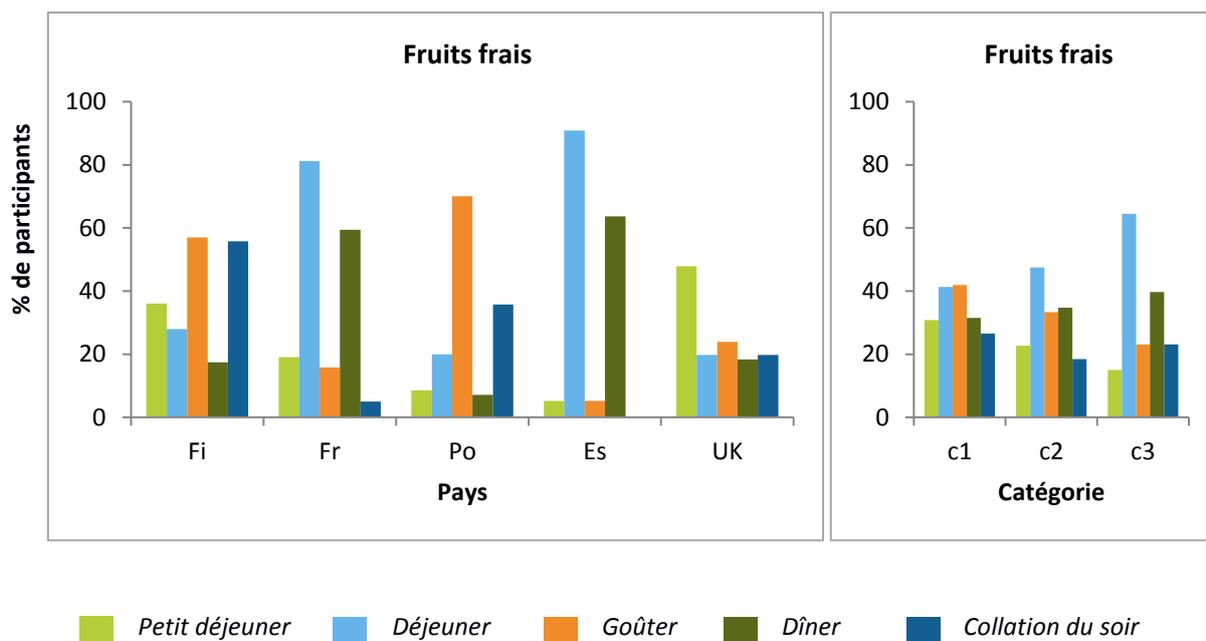


Figure 14 : Fréquences de consommation des légumes détaillées par repas, par pays et par catégories de dépendance

d) La consommation des légumes

A quelle fréquence ?

Globalement, les personnes âgées consomment des légumes de manière fréquente. Plus de la moitié des personnes interrogées (51%) déclarent consommer des légumes crus ou en soupe au moins quatre fois par semaine ou plus. Concernant les légumes cuits (hors soupes), ce pourcentage augmente jusqu'à 69% des participants. Au contraire, la consommation des légumineuses est plus anecdotique car 48% des personnes interrogées en consomment de une à trois fois par semaine et 41% en consomment moins d'une fois par semaine. Les fréquences de consommation de légumes par pays sont détaillées en Figure 15. Les résultats montrent que les légumes crus sont très fréquemment consommés en Finlande car 76% des participants déclarent en consommer au moins quatre fois par semaine ; alors qu'en Espagne, 68% des participants en consomment trois fois par semaine ou moins. Avec plus de 75% des participants en mangeant au moins quatre fois par semaine, la consommation de légumes cuits est fréquente en Angleterre (75%), en Espagne (77%) et en France (91%). En revanche, la consommation régulière de légumes cuits (plus de quatre fois par semaine) est très faible en Pologne et ne concerne qu'un tiers de la population étudiée (33%). D'importantes différences existent entre les pays étudiés en ce qui concerne les fréquences de consommation de soupes. En effet, nous remarquons que la consommation de soupe est très fréquente en France : 84% des participants déclarent en consommer au moins quatre fois par semaine, avec 71% en consommant une fois par

jour. Au contraire, en Finlande, les deux tiers de la population étudiée (66%) en consomment de une à trois fois par semaine et 20% moins d'une fois par semaine. Enfin, pour les légumineuses, il est intéressant de noter qu'en France et en Espagne, la consommation est fréquente pour plus de la moitié de la population : respectivement 57% et 78% des participants en consomment de une à trois fois par semaine. Au contraire, la consommation de légumineuse est très peu fréquente (moins d'une fois par semaine) pour plus de la moitié de la population étudiée en Finlande (57%) et en Pologne (70%). L'analyse des résultats par catégories de dépendance ne montre pas de différences importantes entre les catégories (Figure 16). Toutefois, il est intéressant de noter que la consommation de légumes a tendance à être légèrement plus fréquente pour la catégorie c3 (personnes vivant en EHPAD). Par exemple, 46% des participants de la catégorie c3 déclarent consommer des légumes crus au moins une fois par jour, contre respectivement 31% et 27% pour les catégories c1 et c2. Le même constat peut être fait pour la consommation de soupe au moins une fois par jour : 56% pour la catégorie c3 contre respectivement 38% et 36% pour les catégories c1 et c2. Pour les légumineuses, les fréquences de consommation semblent équivalentes entre les différentes catégories.



Figure 15 : Fréquences de consommation des légumes détaillées par pays

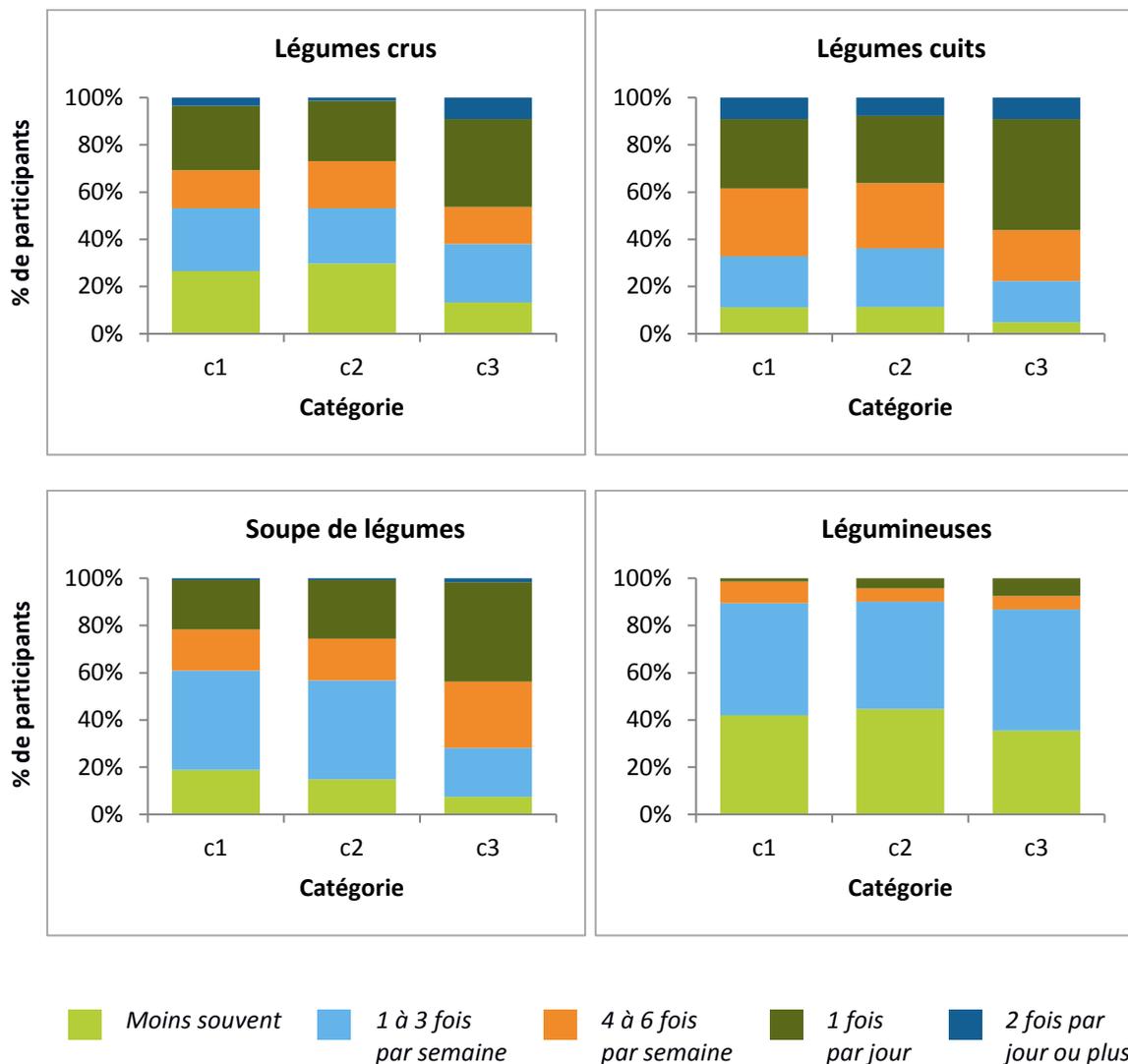


Figure 16 : Fréquences de consommation des légumes détaillées par catégories de dépendance

Au cours de quels repas ?

Les légumes sont en très grande majorité consommés au moment du déjeuner et du dîner par respectivement 87% et 66% des participants (Figure 17). Toutefois, près d'un cinquième de la population enquêtée (18%) consomme des légumes au petit déjeuner. Pour expliquer ce pourcentage, les résultats ont été détaillés par pays (Figure 17, panel de gauche) et par catégorie de dépendance (Figure 17, panel de droite). Les fréquences de consommation des légumes sont similaires entre les trois catégories de dépendance. En revanche, l'analyse par pays montre deux groupes de pays. Dans le premier groupe, la consommation de légumes est répartie en majorité pendant le déjeuner et le dîner et contient la France, l'Espagne et l'Angleterre. Dans le second groupe, la consommation de

légumes apparaît plus fréquemment au moment d'autres prises alimentaires, comme les collations. Ainsi, une partie des participants Finlandais déclarent consommer des légumes au petit déjeuner (26%), au goûter (15%) et à la collation du soir (22%). Ce phénomène est encore plus prononcé en Pologne où les deux tiers des participants (66%) déclarent manger des légumes au petit déjeuner.

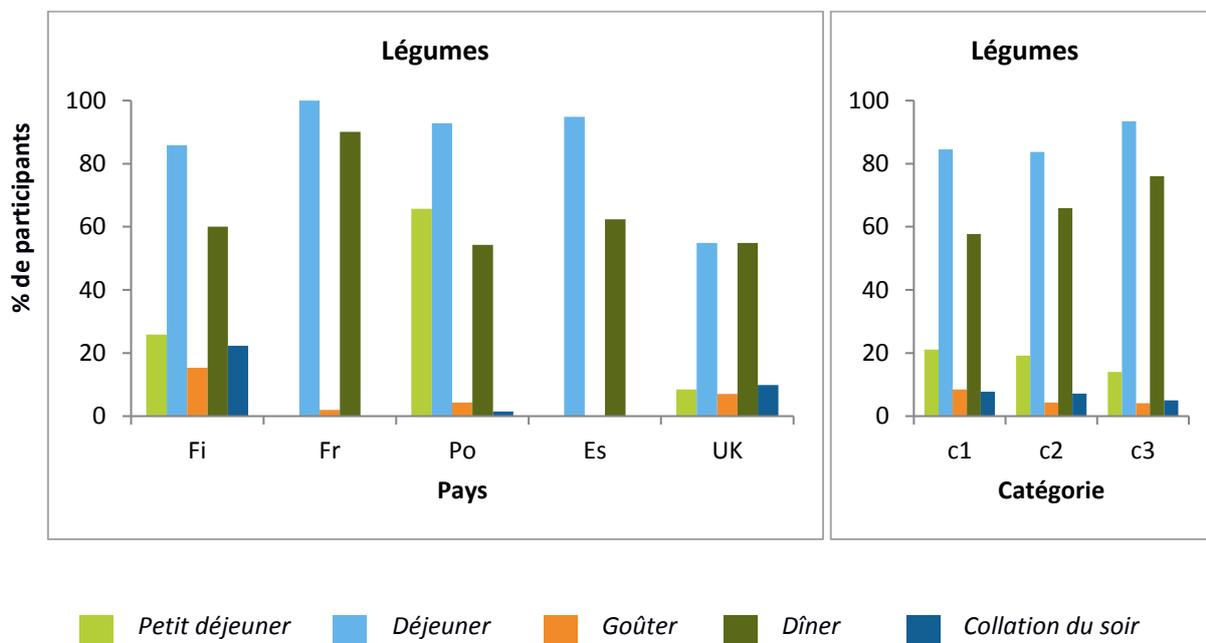


Figure 17 : Fréquences de consommation des légumes détaillées par repas, par pays et par catégories de dépendance

1.4) Discussion

Bien que certaines études se soient intéressées aux habitudes alimentaires, très peu d'entre elles l'ont fait avec des personnes âgées et aucune ne tenait compte du niveau de dépendance pour l'alimentation. En choisissant une population de personnes âgées avec différents niveaux de dépendance pour les activités liées aux repas, dans cinq pays européens, nos résultats viennent donc enrichir les connaissances disponibles dans la bibliographie.

Notre étude a mis en évidence une organisation des prises alimentaires autour de trois repas conventionnels (le petit déjeuner, le déjeuner et le dîner) et quelques collations (plus ou moins nombreuses selon les pays). Ce modèle semble s'appliquer dans les cinq pays européens enquêtés mais avec une nuance particulière pour la Finlande où le dîner est souvent remplacé par une collation du soir. Pour expliquer pourquoi ce modèle des trois repas journaliers, des psychologues se sont intéressés aux rythmes des prises alimentaires. Ils ont souligné que cette uniformisation du modèle, au niveau mondial, serait associée au fait qu'il existe, dans la plupart des langages, un mot précis pour

désigner ces trois repas principaux que sont le petit déjeuner, le déjeuner et le dîner (Pliner & Rozin, 2000 dans Andersson, Nydahl, Gustafsson, Sidenvall, & Fjellström, 2003). Très peu d'études existent à ce sujet pour les personnes âgées. Intéressons-nous tout de même aux autres résultats disponibles en bibliographie, tout en gardant à l'esprit que l'effet de génération peut être présent et que les habitudes d'une population plus jeune ne sont pas automatiquement transposables pour une population de personnes âgées. Chez des jeunes adultes finlandais (n=1861 ; 25-64 ans), des résultats ont montré que le modèle conventionnel des repas était composé de deux à trois repas ainsi que des épisodes de snacking assez fréquents à hauteur de deux à trois collations par jour (E. Roos & Prättälä, 1997). Dans ce modèle, les deux repas les plus importants sont le petit-déjeuner et le déjeuner et les collations assez fréquentes (Lund & Gronow, 2014; Ovaskainen, Tapanainen, & Pakkala, 2010). En effet, toujours chez les 25-64 ans (n=1574), 93% et 86% des participants déclarent prendre respectivement un petit-déjeuner et un déjeuner tous les jours. Notons que quasiment un quart des participants (22%) ont déclaré ne pas prendre de dîner tous les soirs et que 85% des participants ont au moins trois épisodes de snacking journaliers (Ovaskainen et al., 2010). Chez des adolescents finlandais (16 ans, n=6247), 53% des garçons et 42% des filles déclarent prendre cinq repas par jour (Jääskeläinen et al., 2013). Enfin, notons que chez les séniors finlandais, seulement 35% suivent le modèle conventionnel de 3 repas journaliers et des collations (Sulander, Helakorpi, Nissinen, & Uutela, 2005 dans Kallio, Koskinen, & Prättälä, 2008). Chez des jeunes adultes espagnols (n=831 ; 25-49 ans), les deux tiers de la population étudiée (66%) déclarent prendre entre trois et quatre repas tous les jours et seulement 8% précisent n'en avoir qu'un seul ou deux (Jaeger, Marshall, & Dawson, 2009). Chez une population de personnes âgées autonomes (n=92) et dépendantes vivant en EHPAD (n=58), le modèle général semble également s'articuler autour de trois à quatre repas par jour (90% des participants ; Ortega et al., 1998; Redondo et al., 1997). Ces épisodes de consommation représentent les trois repas conventionnels ainsi qu'une collation (soit avant le déjeuner, soit avant le dîner). Dans cette population, seulement 7% des participants ne prennent aucun petit-déjeuner (Redondo et al., 1996). En France, plusieurs rapports d'enquêtes réalisées sur les consommations et les comportements alimentaires sont disponibles ; comme INCA 1999 (enquête individuelle et nationale sur les consommations alimentaires), INCA 2 (2006-2007), CCAF 2004 (comportements et consommations alimentaires en France) et CCAF 2007. De nombreuses études ont montré que les repas sont marqués par une très grande régularité des rythmes alimentaires (AFSSA, 2009; Hebel, 2007; Hébel, 2012a; Tavoularis & Mathé, 2010; Volatier, 2000). Bien qu'il ait tendance à s'assouplir chez les adultes plus jeunes, le modèle français repose sur trois repas principaux par jour et relativement peu de collations : plus de 84% des adultes français prennent un petit déjeuner, un déjeuner et un dîner quotidiennement. Ce modèle est d'autant plus respecté par les 55-79 ans, chez qui 91% à 97% des participants prennent ces trois repas chaque jour (AFSSA, 2009). En Pologne et en Angleterre, peu d'articles scientifiques existent. Chez 156 enfants anglais (5-17 ans),

des auteurs ont montré que le nombre médian de prises alimentaires s'élevait à 5,3 par jour (3,3 repas et 2 collations). De plus, 78% des enfants ont en moyenne entre 2,5 et 3,5 repas par jour et 98% des enfants consomment au moins un snack quotidiennement (Macdiarmid et al., 2009).

L'enquête réalisée a permis de mettre en évidence la place des fruits et des légumes au cours des différents repas chez des personnes âgées dépendantes, dans cinq pays européens. Nous avons montré que la consommation de fruits chez cette population se faisait principalement sous la forme de fruits frais ; bien que les moments de consommation varient. Ces différences s'expliquent par des habitudes de consommation, locales, différentes entre les pays ; comme par exemple pour le petit déjeuner. En Espagne, le petit déjeuner conventionnel se compose de céréales, d'une boisson chaude et de brioche ou d'une pâtisserie (Jaeger et al., 2009). Il est donc rare de manger des fruits au petit déjeuner. Toutefois, une étude a comparé la composition des petits déjeuners chez deux populations des personnes âgées en Espagne, l'une vivant à domicile (n=92), l'autre vivant en EHPAD (n=58). Les résultats ont montré que le petit déjeuner des personnes vivant en EHPAD contenait significativement plus de fruits, de fibres et de vitamine A que celui des personnes âgées vivant à domicile (Redondo et al., 1996). En Pologne, le petit déjeuner est principalement constitué de sandwiches (Kowrygo, Gorska-Warsewicz, & Berger, 1999). En étudiant le petit déjeuner des adultes en France (étude CCAF 2004, n=1361, 20 ans et plus), des auteurs ont montré que seuls 6% des petits déjeuners contenaient des céréales, 7% des fruits et 14% des jus de fruits (Hebel, 2007). Ces mêmes auteurs ont défini un petit déjeuner complet « à la française » comme contenant la totalité de ces trois aliments : un produit céréalier, un produit laitier et un fruit (frais ou en jus). Leurs résultats ont montré que seulement 11% des jeunes adultes et 10% des plus de 60 ans prenaient un petit déjeuner complet comprenant ces trois aliments. Toutefois, en comparant les études INCA 1999, CCAF 2004, 2007 et 2010, il a été montré que la part des produits sucrés, des produits laitiers, mais également des fruits avaient progressé au petit déjeuner (Hébel, 2013).

Il en va de même pour la consommation de légumes. Un résultat marquant de notre étude a été la mise en évidence de deux profils : l'un pour lequel la consommation de légumes est majoritairement concentrée sur le déjeuner et le dîner (France, Espagne, Angleterre) et un autre où la consommation est plus étalée au cours de la journée (Finlande et Pologne). Là encore, l'influence des coutumes locales est importante. Aucun résultat, disponible à l'international, n'existe pour la Finlande, mais une étude a été réalisée en Suède, chez 202 femmes âgées vivant à domicile. Bien que la consommation de légumes soit concentrée principalement au déjeuner et au dîner, elle se manifeste également au petit déjeuner (23%) ainsi qu'aux collations dans la matinée et de l'après-midi à hauteur de 13% et 19% (Andersson et al., 2003). En Pologne, les déjeuners sont plutôt marqués par une soupe en entrée suivie d'un plat principal (Kowrygo et al., 1999). En Finlande comme en Espagne, les légumes et les féculents

sont des éléments centraux des déjeuners conventionnels (Jaeger et al., 2009; E. Roos & Prättälä, 1997).

Hormis des différences locales, plusieurs auteurs ont mis en évidence l'importance des fruits et légumes au cours des repas des européens. En Espagne, chez un groupe de jeunes adultes (n=831 ; 25-49 ans), la consommation de fruits et légumes est très fréquente. En effet, ils font partie des six aliments les plus consommés au cours d'un repas, après l'eau, le pain et le café ; la viande arrivant au cinquième position (Jaeger et al., 2009). En Finlande, 40 hommes âgés de 40 à 50 ans ont été interrogés sur leurs repas. Il apparaît que les légumes sont fréquemment cités comme l'un des composants principal d'un repas adapté et sain (G. Roos, Prättälä, & Koski, 2001). Enfin, une étude de l'EFSA a compilé les consommations alimentaires des pays européens (EUFIC, 2012). Les résultats ont montré que la consommation moyenne de légumes par personne et par jour s'élevait à 577g en Pologne, 342g en France, 258g au Royaume-Uni et 256g en Finlande ; ce qui dépasse la moyenne Européenne (220g de légumes par personne et par jour).

1.5) Conclusion

Malgré des habitudes de consommation différentes au niveau local, nos résultats ont montré des tendances homogènes dans les cinq pays européens enquêtés. Par exemple, le modèle des trois repas conventionnels journaliers (le petit déjeuner, le déjeuner et le dîner) tend à se propager en Europe. La différence se fera plutôt sur le nombre de collations, généralement plus fréquentes en Finlande, Pologne et Espagne. Résultat original, nous avons montré que les repas étaient moins nombreux à domicile qu'en EHPAD. Il existe alors un enjeu pour développer une collation et ainsi une opportunité d'augmenter la consommation de fruits et légumes.

Sur le plan opérationnel, nous avons vu que les fruits et légumes étaient largement consommés par la population de personnes âgées étudiée. Les choisir comme base pour développer des produits innovants destinés aux personnes âgées est donc très pertinent. Au vu des fréquences de collations assez variables entre les pays, l'opportunité pour le projet OPTIFEL est de développer des aliments à base de fruits et légumes qui seraient consommés au cours des repas que sont le petit-déjeuner, le déjeuner ou le dîner. Par exemple, une purée (de fruits ou de légumes) serait un produit au fort potentiel. Cependant, très peu de choses sont connues sur les préférences des personnes âgées en termes de fruits et légumes. Quels fruits et légumes choisir ?

2. Appréciation des fruits et légumes chez les personnes âgées dépendantes

Les résultats présentés ci-après sont issus d'un article accepté dans le journal *Food Quality and Preferences* et intitulé ***Fruit and vegetables liking among European elderly according to food preferences, attitudes towards food and dependency*** (Mingioni et al., 2016). Le PDF de cet article est inclus en annexes.

2.1) Introduction

Malgré leur fort potentiel ainsi qu'une consommation fréquente de la part des personnes âgées, des auteurs ont remarqué que les consommations de fruits et légumes restaient insuffisantes chez cette population en Europe (Elmadfa et al., 2009; Ruokatiето, 2015) et en dessous de la portion de 400g par jour recommandée par l'OMS (WHO, 2007). De plus, aucun article scientifique ne s'est intéressé à ce jour à comprendre les préférences des personnes âgées pour les fruits et légumes ainsi que les facteurs pouvant les influencer. Une meilleure connaissance de l'appréciation des fruits et légumes permettrait de mieux adapter l'offre aux préférences des personnes âgées et d'encourager la consommation de fruits et légumes. Cette partie de la thèse contribue à caractériser les préférences des personnes âgées dépendantes pour leur alimentation et à identifier les fruits et légumes les plus appréciés ainsi que les facteurs pouvant expliquer ces préférences.

Des auteurs ont développé un questionnaire afin de mesurer les préférences et les habitudes alimentaires générales. Ce questionnaire permet par la suite de créer des groupes homogènes, appelés « styles de mangeurs », avec des pratiques communes (Maitre, 2014). Nous émettons l'hypothèse que l'appréciation des fruits et légumes constitue une variable segmentant les différents styles de mangeurs. Une seconde méthode employée pour évaluer les comportements et les préférences alimentaires consiste à utiliser une liste heuristique d'aliments (Maitre et al., 2014; Potts & Wardle, 1998). En adaptant cette méthodologie, nous pourrions identifier quels sont les fruits et légumes rejetés ou non chez les personnes âgées. Comme précisé par Maitre et collaborateurs en 2014, cette liste permettra également de définir un niveau de « sélectivité » correspondant au nombre d'items rejetés. Ainsi, plus les aliments rejetés sont nombreux, plus la personne est dite sélective pour son alimentation. Enfin, nous explorerons l'appréciation de différents modes de préparation des légumes.

Parmi les facteurs pouvant modifier l'appréciation des fruits et légumes, nous nous sommes intéressés aux attitudes des personnes âgées envers les aliments. Deux questionnaires validés ont été utilisés pour mesurer ces attitudes. Le premier est le questionnaire HTAS et permet de traduire « *l'orientation des consommateurs pour les caractéristiques santé et hédoniques des aliments* » (Roininen, Lähteenmäki, & Tuorila, 1999). Les fruits et légumes étant des aliments aux nombreux bénéfices santé,

nous pouvons émettre l'hypothèse que les personnes avec une forte orientation pour la santé manifesteront une préférence plus importante pour les fruits et légumes. Concernant la néophobie, elle est définie comme une réticence à manger et/ou un évitement des aliments inconnus (Pliner & Hobden, 1992). Une étude chez 292 jumeaux finlandais (21-25 ans) a montré que la néophobie influençait l'appréciation des fruits et légumes. Les participants les moins néophobes avaient une préférence plus élevée pour les fruits et légumes (Törnwall et al., 2014). Au vu de ces résultats, nous supposons qu'une forte néophobie chez les personnes âgées diminue l'appréciation des fruits et légumes.

2.2) Matériels et méthodes

a) Les participants

La population étudiée ici est la même que celle décrite dans la partie précédente.

b) Les préférences des personnes âgées

Le questionnaire des styles de mangeurs

Les préférences alimentaires générales ont été mesurées grâce au questionnaire des styles de mangeurs développé au cours du projet Aupalesens (Maitre et al., 2012). Le questionnaire utilisé dans notre enquête reprend 13 des 21 items d'origine et y ajoute huit items originaux, dédiés spécifiquement aux fruits et légumes et aux assaisonnements. Les participants devaient évaluer leur degré d'accord entre deux phrases opposées grâce à une échelle sémantique différentielle d'Osgood en cinq points. Par exemple : « J'ai l'habitude de manger très peu de soupe » ou alors « J'ai l'habitude de manger beaucoup de soupe ». Le questionnaire utilisé est présenté dans la Figure 18.

Le questionnaire de sélectivité envers les fruits et légumes

Maitre et al. (2014) ont proposé un questionnaire rapide pour mesurer le niveau de sélectivité alimentaire des personnes âgées et ont montré un lien entre sélectivité et risque de dénutrition. Cette liste heuristique comprenait à la fois des aliments crus et des aliments cuisinés (71 items). Les personnes âgées interrogées devaient cocher les aliments qu'elles n'aimaient pas.

Dans notre étude, ce questionnaire a été adapté pour être spécifique aux fruits et légumes. Une nouvelle liste de 76 items a ainsi été créée, regroupant des fruits familiers et des baies (crus ou transformés), des légumes (crus ou transformés), des féculents (comme les pommes de terre, souvent associés aux « légumes » par les personnes âgées), des champignons et des herbes aromatiques. La liste complète est présentée dans la Figure 19. Malgré un nombre d'items assez important à première vue, ce questionnaire de sélectivité envers les fruits et légumes est très rapide à effectuer (2-3

minutes). L'expérimentateur énonce chacun des éléments de la liste et le participant indique ceux qu'il n'aime pas ou qu'il ne connaît pas. Dans ces cas, l'expérimentateur coche l'aliment correspondant. Ainsi, ce questionnaire est peu demandeur, sur le plan cognitif, pour les personnes âgées. Une attention particulière a été portée pour distinguer les réponses comme « je n'aime pas le produit » et « je ne peux plus en manger » (à cause de problèmes dentaires, intestinaux, de régimes spéciaux, etc.). Uniquement les réponses de non appréciation de l'item ont été comptabilisées. Enfin, le score de sélectivité correspond au nombre d'aliments non appréciés, multiplié par 100 et divisé par le nombre d'aliments connus. Plus le score est élevé, plus les participants sont sélectifs.

L'appréciation des différents modes de préparation des légumes

Les légumes peuvent être préparés et consommés de nombreuses façons : crus, bouillis, en soupe, etc. C'est pourquoi nous avons étudié l'appréciation de différents modes de préparation des légumes. Les participants devaient noter leur niveau d'appréciation sur une échelle en cinq points, allant de « Je déteste » (1) à « J'aime vraiment beaucoup » (5) avec comme point central « Indifférent » (3). Huit modes de préparation ont été étudiés : à la vapeur, frits, crus, en gratin, au four, braisés, à l'eau et en soupe.

Il est rare que j'accompagne mon repas d'un verre de vin ou de bière	<input type="checkbox"/>	J'accompagne toujours mon repas d'un verre de vin ou de bière				
Je peux tout à fait me passer de fruits	<input type="checkbox"/>	Je ne peux pas me passer de fruits				
Je préfère la cuisine à l'huile plutôt que celle au beurre	<input type="checkbox"/>	Je préfère la cuisine au beurre plutôt que celle à l'huile				
Je ne sucre jamais mes yaourts avec du sucre, du miel ou de la confiture	<input type="checkbox"/>	Je sucre toujours mes yaourts avec du sucre, du miel ou de la confiture				
Je mange très peu de soupe	<input type="checkbox"/>	Je mange beaucoup de soupe				
Je consomme très peu de pain	<input type="checkbox"/>	Je suis un gros consommateur de pain				
Je ne me considère pas comme un amateur de viande, et surtout pas de viande rouge	<input type="checkbox"/>	Je me considère comme un amateur de viande, notamment de viande rouge				
Je n'apprécie pas les plats tout préparés	<input type="checkbox"/>	J'apprécie les plats tout préparés				
Je déteste les légumes, surtout quand ils sont cuits à la vapeur	<input type="checkbox"/>	J'adore les légumes, surtout quand ils sont cuits à la vapeur				
Je n'apprécie pas les compotes de fruits avec des morceaux	<input type="checkbox"/>	J'adore les compotes de fruits avec des morceaux				
Je préfère la viande au poisson	<input type="checkbox"/>	Je préfère le poisson la viande				
Je ne resale jamais mes plats	<input type="checkbox"/>	Je resale toujours mes plats				
Je peux sans problème me passer de dessert	<input type="checkbox"/>	J'ai du mal à me passer de dessert				
Je n'apprécie pas les purées de légumes	<input type="checkbox"/>	J'apprécie les purées de légumes				
J'accompagne rarement mes plats avec du riz, des pommes de terre ou des pâtes	<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 sec ou des rillettes	<input type="checkbox"/>	Rien ne me fait plus plaisir qu'un saucisson sec ou des rillettes				
Je n'ajoute jamais d'épices ou de condiments à mes plats	<input type="checkbox"/>	J'ajoute toujours des épices ou des condiments à mes plats				
Je n'ajoute jamais d'herbes fraîches à mes plats	<input type="checkbox"/>	J'ajoute toujours des herbes fraîches à mes plats				
Je n'utilise jamais de sauce ou d'assaisonnement	<input type="checkbox"/>	J'utilise toujours des sauces ou des assaisonnements				
Je n'apprécie pas la soupe avec des morceaux	<input type="checkbox"/>	J'adore la soupe avec des morceaux				
Je n'ai pas l'habitude d'ajouter des édulcorants à mes boissons ou mes yaourts	<input type="checkbox"/>	J'ai l'habitude d'ajouter des édulcorants à mes boissons ou mes yaourts				

Figure 18 : Questionnaire utilisé pour mesurer les styles de mangeurs

Fruits et légumes	Je n'aime pas	Je ne connais pas
Poireau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lentilles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Carottes cuites	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Carottes râpées	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Haricots verts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pomme de terre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Courgettes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poivron	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Artichaut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aubergine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endive	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Brocoli	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Céleri-rave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Champignon cultivé	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chou vert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chou-fleur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Epinard cuit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Epinard salade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fenouil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Haricots secs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laitue	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maïs doux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Navet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Oignon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Oseille	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Petit pois	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Potiron	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Radis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tomate crue (en salade)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tomate cuisinée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Betterave rouge cuisinée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Concombre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Avocat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Melon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Asperge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Compote de fruits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tarte aux fruits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clafoutis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abricot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ananas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Banane	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cassis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cerise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clémentine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fraise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Framboise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Groseille	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kiwi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mangue	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mûre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Myrtille	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Noisette	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Noix	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Orange	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pêche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pamplemousse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pomme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prune	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jus d'orange	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jus de pomme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jus de fruits exotiques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Amande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fève	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Choux de Brussel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Châtaigne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pois chiche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chicorée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ail	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mandarine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Champignons sauvage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nectarine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Persil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pâte / gelée de coing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Patate douce	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pastèque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figure 19 : Questionnaire utilisé pour mesurer la sélectivité envers les fruits et légumes

c) Les attitudes des personnes âgées envers les aliments

Le questionnaire HTAS – Health, Taste and Attitude Scale

Afin de mesurer l'orientation des consommateurs pour les caractéristiques santé et hédoniques des aliments, des auteurs ont développé un questionnaire intitulé le *Health and Taste Attitude Scale* (Roininen et al., 1999). Ce questionnaire est divisé en six grandes dimensions, trois liées au côté santé (*intérêt pour la santé, intérêt pour les produits allégés, intérêt pour les produits naturels*) puis trois liées au côté hédonique (*besoins d'aliments sucrés, utiliser la nourriture comme récompense, plaisir*). En lien avec notre sujet d'étude que sont les fruits et légumes, nous avons choisi d'utiliser trois dimensions de ce questionnaire HTAS : *intérêt pour la santé, intérêt pour les produits naturels* et *plaisir*. Chaque dimension est constituée de six à huit questions. L'échelle initiale en sept points (de « Pas du tout d'accord » à « Tout à fait d'accord »), développée avec une population non âgée (n=1005 finlandais, âge moyen : 44 ans), a été adaptée aux personnes âgées et réduite à quatre points : « non », « plutôt non », « plutôt oui », « oui ». Comme recommandé par les auteurs, les formulations négatives ont été recodées au moment du calcul du score final. Les scores de HTAS correspondent à la moyenne de chaque question pour chacune des dimensions et varient entre 1 (pas intéressé du tout) à 4 (très intéressé) pour chaque dimension.

Le questionnaire FNS – Food Neophobia Scale

La néophobie (réticence à manger et/ou un évitement des aliments inconnus) a été mesurée en utilisant le questionnaire développé en 1992 par Pliner et Hobden et comprenant dix questions. Là encore, l'échelle originale en sept points (de « Pas du tout d'accord » à « Tout à fait d'accord ») a été adaptée aux personnes âgées et réduite à quatre points : « non », « plutôt non », « plutôt oui », « oui ». Comme proposé par les auteurs du FNS, les formulations négatives ont été recodées au moment du calcul du score final. Le score final de néophobie varie entre 10 (pas néophobe) et 40 (très néophobe).

d) Analyses statistiques

Les ANOVA et tests LSD ont été réalisés avec Statgraphics Centurion XVI (version 16.1.03) et R (version 3.1.2). Les variations mineures de tailles des échantillons entre les analyses sont dues aux valeurs manquantes. Les interactions non significatives ont été retirées des modèles d'ANOVA. Pour catégoriser les participants en fonction de leurs styles de mangeurs, une analyse de groupe a été réalisée à partir du questionnaire des styles de mangeurs (21 questions sur les habitudes et préférences alimentaires) en utilisant une classification ascendante hiérarchique (distance euclidienne, critère de Ward), consolidée par *K-means* avec le logiciel R. Ensuite, la description des groupes obtenus a été faite en utilisant la procédure *catdes* dans R (package *FactoMineR*). Dans cette procédure, les scores moyens (de chaque groupe) sont comparés aux scores globaux (moyenne de tous les groupes confondus) grâce à un t-test. Toutes les questions des styles de mangeurs ont été utilisées pour la classification, sauf celle sur la charcuterie à cause de données manquantes pour les participants anglais. Sur l'ensemble des interviewés, les participants avec des données manquantes (n=13) ont été retirés de la classification. Enfin, des tests de χ^2 et χ^2 par cases ont été effectués pour comparer les fréquences de réponses en utilisant le logiciel R et la macro Excel développée par Symoneaux, Galmarini, & Mehinagic (2012).

2.3) Résultats

a) Trois styles de mangeurs

Grâce à une classification ascendante hiérarchique (CAH) consolidée par k-means, trois styles de mangeurs ont été mis en évidence. Pour chacun des trois styles, le Tableau 3 montre les scores de chaque item alors que le Tableau 4 détaille les variables descriptives.

Style 1 (n=145)

Dans ce premier groupe, les personnes âgées n'apprécient pas réellement les fruits et les légumes, qu'ils soient en soupe ou en purées, ainsi que les morceaux de fruits ou de légumes dans les purées. De façon générale, ces personnes assaisonnent rarement leurs plats avec des épices ou des herbes et peuvent très bien se passer d'un dessert. Ces participants consomment du vin ou de la bière pendant les repas plus fréquemment que ceux des deux autres groupes. Généralement, ils aiment les plats tout prêts, la charcuterie et préfèrent la cuisine au beurre plutôt que celle à l'huile. Ce premier groupe contient plus d'hommes que les autres groupes (30%), ainsi qu'une proportion plus élevée de français (34%) et d'anglais (33%). Toutefois, les trois catégories de dépendance y sont représentées de façon homogène. En moyenne, les participants sont moins intéressés par les aspects santé et naturel des aliments (scores HTAS plus faibles).

Style 2 (n=121)

Les personnes du groupe 2 adorent les fruits frais (dont les baies). Ils aiment également consommer des fruits et des légumes sous différentes formes comme des purées de fruits, des soupes de légumes et préfèrent la soupe avec des morceaux. A la différence du style 1, ils préfèrent la cuisine à l'huile plutôt que celle au beurre. Ces participants assaisonnent régulièrement leurs plats avec du sel, des épices et des herbes. Il est intéressant de noter qu'ils déclarent ne consommer que très rarement de l'alcool pendant les repas. Comparés aux participants des deux autres styles de mangeurs, ils n'apprécient pas les plats tout prêts et la charcuterie. Ils n'ajoutent que rarement du sucre à leurs yaourts et peuvent très bien se passer d'un dessert en fin de repas. Ils ne se considèrent pas comme des amateurs de viande rouge. Les participants finlandais et polonais sont plus représentés dans ce groupe (respectivement 26% et 38%). Nous pouvons observer dans ce style de mangeurs une surreprésentation des participants de la catégorie c1 (aide pour les courses, 50%) alors que les participants de la catégorie c3 ont tendance à y être sous-représentés (vivant en EHPAD, 14%). Les personnes âgées de ce style sont plus intéressées par les aspects santé et naturel des aliments (scores HTAS plus élevés).

Style 3 (n=126)

Un trait marquant des personnes âgées de ce groupe est le fait qu'elles raffolent des desserts. De plus, elles consomment plus fréquemment des produits sucrés ; que ce soit sous forme de sucre, de miel, de confiture ou même d'édulcorant. Les personnes de ce groupe préfèrent clairement la cuisine à l'huile plutôt que celle au beurre. De plus, elles adorent les fruits, les légumes et les purées de légumes. Les participants de ce style se considèrent comme des amateurs de viande rouge. Cependant, comme pour le style 2, ils n'apprécient pas réellement les plats tout prêts. Ils utilisent moins fréquemment des

sauces et assaisonnent rarement leurs plats avec du sel, des épices ou des herbes comparés aux participants de deux autres styles. Ils consomment plus de soupes que les autres participants. 47% des participants dans ce style étaient espagnols et 39% étaient de la catégorie c3 (vivant en EHPAD).

D'importantes différences ont été mises en évidence en termes d'habitudes et de préférences alimentaires. Il apparaît clairement que l'appréciation pour les fruits et légumes constitue une variable segmentant les différents styles de mangeurs. Nous avons montré que les préférences étaient plus orientées vers les fruits pour les personnes du style 2, alors qu'elles le sont vers les fruits et encore plus vers les légumes pour les participants du style 3.

Tableau 3 : Scores des items utilisés pour la CAH, détaillés par styles de mangeurs

Item	Echelle	Moyenne (écart-type)						
		Total	Style 1	Style 2	Style 3			
Ajout d'édulcorant ^(a)	Fréquence	1,8 (1,4)	1,7 (1,2)		1,8 (1,4)		2,1 (1,7)	*
Consommation d'alcool	Fréquence	1,8 (1,5)	2,4 (1,7)	*** (+)	1,2 (0,6)	*** (-)	1,8 (1,4)	
Ajout d'épices	Fréquence	2,2 (1,4)	1,9 (1,2)	** (-)	3,1 (1,5)	*** (+)	1,6 (1,2)	*** (-)
Ajout de sel	Fréquence	2,3 (1,4)	2,4 (1,4)		3,0 (1,5)	*** (+)	1,5 (1,0)	*** (-)
Ajout de sucre ^(b)	Fréquence	2,3 (1,7)	2,3 (1,6)		1,6 (1,2)	*** (-)	2,8 (1,9)	*** (+)
Ajout d'herbes	Fréquence	2,4 (1,5)	2,0 (1,3)	*** (-)	3,3 (1,3)	*** (+)	1,9 (1,4)	*** (-)
Utilisation de sauce	Fréquence	3,0 (1,5)	3,2 (1,4)	* (+)	3,3 (1,4)	** (+)	2,4 (1,5)	*** (-)
Consommation de féculent ^(c)	Fréquence	4,2 (1,1)	3,9 (1,2)	*** (-)	4,4 (1,0)	* (+)	4,4 (1,1)	
Plats tous prêts	Hédonique	2,5 (1,6)	3,4 (1,5)	*** (+)	1,8 (1,2)	*** (-)	2,1 (1,4)	*** (-)
Desserts	Hédonique	2,8 (1,7)	2,2 (1,4)	*** (-)	2,1 (1,4)	*** (-)	4,2 (1,3)	*** (+)
Produits laitiers	Hédonique	3,1 (1,6)	3,5 (1,6)	*** (+)	2,5 (1,5)	*** (-)	3,2 (1,5)	
Viande rouge	Hédonique	3,2 (1,5)	3,2 (1,5)		2,8 (1,5)	***	3,6 (1,4)	** (+)
Purée de fruits avec des morceaux	Hédonique	3,4 (1,5)	3,0 (1,5)	*** (-)	3,8 (1,3)	** (+)	3,5 (1,7)	
Soupe avec des morceaux	Hédonique	3,4 (1,6)	3,0 (1,6)	*** (-)	3,9 (1,5)	*** (+)	3,5 (1,7)	
Fruits	Hédonique	3,5 (1,6)	2,3 (1,4)	*** (-)	4,4 (1,0)	*** (+)	4,0 (1,3)	*** (+)
Purée de légumes	Hédonique	3,7 (1,4)	3,5 (1,4)	* (-)	3,3 (1,4)	*** (-)	4,4 (1,2)	*** (+)
Légumes vapeur	Hédonique	4,0 (1,3)	3,4 (1,3)	*** (-)	3,9 (1,3)		4,7 (0,7)	*** (+)
Cuisine à l'huile / au beurre	Préférence	2,5 (1,6)	3,4 (1,6)	*** (+)	2,2 (1,4)	** (-)	1,9 (1,4)	*** (-)
Viande / Poisson	Préférence	3,0 (1,5)	2,8 (1,6)		3,3 (1,5)	* (+)	2,9 (1,5)	
Pain	Quantité	2,9 (1,5)	3,1 (1,5)	* (+)	2,8 (1,4)		2,6 (1,5)	* (-)
Soupe	Quantité	3,3 (1,4)	2,9 (1,3)	*** (-)	3,0 (1,3)	* (-)	3,8 (1,4)	*** (+)

(a) Edulcorants artificiels, différents du sucre. (b) Sucre, miel ou confiture. (c) Pommes de terre, riz, pâtes.

Les échelles de fréquence vont de rarement/jamais (1) à presque toujours/toujours (5). Les échelles hédoniques vont de je n'aime pas (1) à j'aime (5). Les échelles de préférence vont de 1 à 5 : un score de 1 signifie une préférence pour la cuisine à l'huile / la viande et un score de 5 traduit une préférence pour la cuisine au beurre / le poisson (un score de 3 est neutre, pas de préférence). Les échelles de quantité vont de un petit peu (1) à beaucoup (5).

Les niveaux de significativité ont été obtenus en comparant la moyenne du style à la moyenne générale (v-test). Un signe (+) ou (-) indique que la moyenne du groupe est respectivement significativement supérieure ou inférieure à la moyenne générale. * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$.

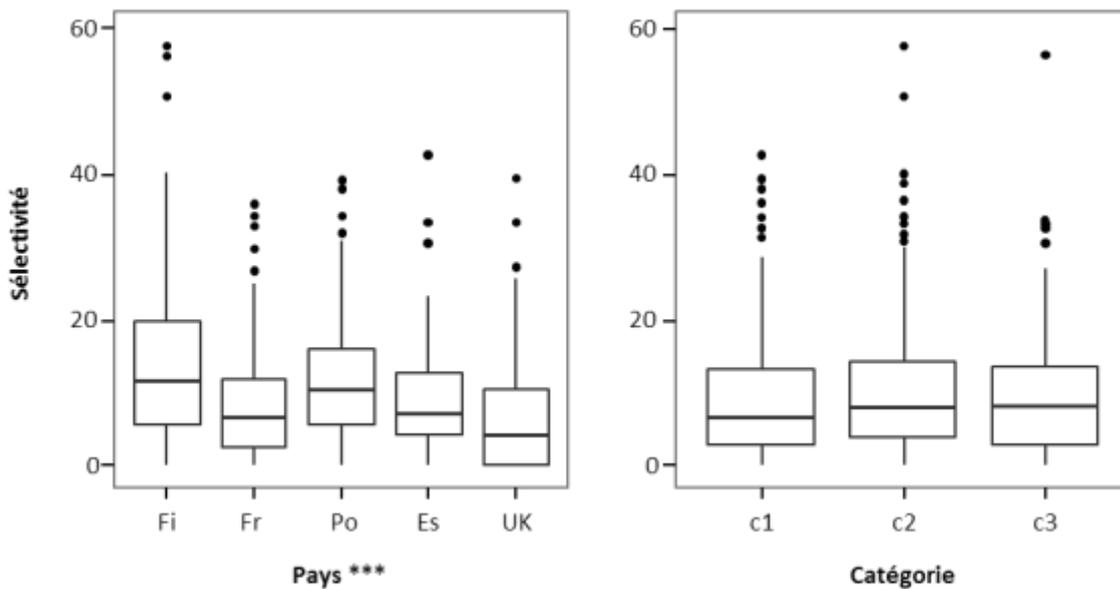
Tableau 4 : Description des trois styles de mangeurs obtenus par CAH

Variables	Total	Style 1	Style 2	Style 3
Effectif	392	145 -	121 -	126 -
Echantillon (%)				
Homme	22	30 ** (+)	17	18
Finlandais	19	17	26 * (+)	16
Français	26	34 ** (+)	12 *** (-)	29
Polonais	17	11 * (-)	38 *** (+)	5 *** (-)
Espagnols	20	6 *** (-)	8 *** (-)	47 *** (+)
Anglais	18	33 *** (+)	16	3 *** (-)
Catégorie c1	35	30	50 *** (+)	28 * (-)
Catégorie c2	35	36	36	33
Catégorie c3	30	34	14 *** (-)	39 ** (+)
Variables descriptives - $\bar{x}(\sigma)$				
Age	83 (7)	82 (8)	81 (7) * (-)	84 (7) ** (+)
Score MMSE	26,6 (2,6)	26,4 (2,8)	27,0 (2,5) * (+)	26,5 (2,4)
Sélectivité	10,4 (10,0)	10,7 (11,0)	10,6 (9,8)	9,7 (9,1)
Néophobie	23,7 (6,9)	24,5 (7,0)	23,2 (6,9)	23,3 (6,8)
HTAS – Santé	2,8 (0,7)	2,5 (0,7) *** (-)	3,0 (0,7) *** (+)	2,9 (0,7)
HTAS – Naturel	2,6 (0,7)	2,4 (0,7) *** (-)	2,9 (0,6) *** (+)	2,6 (0,8)
HTAS – Plaisir	3,0 (0,5)	3,0 (0,6)	3,0 (0,5)	2,9 (0,5)

$\bar{x}(\sigma)$: Moyenne (écart-type)

b) Sélectivité envers les fruits et légumes

Les distributions des scores de sélectivité sont présentées dans la Figure 20 grâce à des boîtes à moustaches. Les résultats de l'ANOVA ont montré que de nombreux facteurs pouvaient influencer le score de sélectivité : le niveau de néophobie, les attitudes envers les aliments (l'intérêt pour l'aspect naturel des aliments), et le pays d'origine (voir Tableau 5 pour les valeurs de F et de p associées). L'analyse post-hoc a révélé que les personnes âgées plus sélectives étaient également plus néophobes et plus intéressées par le côté naturel des aliments. Aucun effet significatif n'a été trouvé pour les catégories de dépendance ($F_{(2, 392)}=1,168 ; p>0,05$). Suite à l'analyse post-hoc, il apparaît que les participants les plus sélectifs étaient finlandais.



Fi : Finlande, Fr : France, Po : Pologne, Es : Espagne, UK : Angleterre

Catégorie c1 : participants vivant à domicile avec aide pour les courses. Catégorie c2 : participants vivant à domicile avec aide pour la préparation des repas et/ou le portage de repas à domicile. Catégorie c3 : personnes vivant en EHPAD.

Figure 20 : Distributions des scores de sélectivité (boîtes à moustaches) présentées par pays (gauche) et par catégories de dépendance (droite)

Tableau 5 : Tableau de l'ANOVA pour le score de sélectivité (nombre de fruits ou légumes non appréciés)

Facteurs	ddl	F_(ddl, 392)	p value	
Néophobie	1	32,747	0,000	***
HTAS – Intérêt produit naturel	1	9,054	0,003	**
Pays	4	7,782	0,000	***
HTAS – Intérêt santé	1	2,096	0,149	
Catégorie	2	0,937	0,393	
HTAS – Intérêt plaisir	1	0,796	0,373	
Age	1	0,749	0,387	
Genre	1	0,571	0,450	

Les interactions non significatives ont été retirées du modèle

ddl : degré de liberté

*** p<0,01 ; *** p<0,001*

c) Les fruits et légumes appréciés

Le questionnaire de sélectivité envers les fruits et légumes donne des informations quantitatives sur le niveau de sélectivité des personnes âgées, mais également des informations qualitatives sur les fruits et légumes appréciés et rejetés. Les résultats ont montré que, de façon générale, les fruits et les légumes proposés dans cette liste étaient assez bien connus. Cependant, sur l'ensemble des participants interrogés, certains items étaient inconnus pour plus de 20% des participants (comme par exemple les châtaignes, la pâte de coing, le pomelo, la chicorée, les artichauts, les pois chiches, les épinards en salade, la patate douce et les endives). Le pomelo et les endives sont le fruit et le légume les moins connus (inconnus pour respectivement 35% et 32% de la population de personnes âgées interrogées). Voyons à présent les spécificités liées à chaque pays et catégorie de dépendance.

Les fruits

Les fruits (34 items) sont majoritairement appréciés par au moins 90% des personnes âgées (Figure 21). Indépendamment des spécificités liées à chaque pays, moins de 5% des participants ont déclaré ne pas aimer la pêche, la prune, la pomme, la poire, la fraise, l'orange, la clémentine, la framboise, la mandarine, la banane, l'abricot, la nectarine, la cerise et l'ananas. Ces fruits ont donc été acceptés par une très grande majorité de personnes âgées. Au contraire, plus de 10% de la population interrogée déclarent ne pas aimer les fruits suivants : la pâte de coing, les châtaignes, les jus de fruits exotiques, le pomelo, la mangue et le kiwi. Les résultats par pays montrent de grandes variations. Par exemple, 41% et 29% des participants finlandais et polonais déclarent ne pas aimer les châtaignes. Au contraire, en Espagne, France et Angleterre, ce pourcentage tombe respectivement à 3%, 7% et 7%. Les résultats détaillés par pays et par catégories de dépendance sont illustrés dans le Tableau 6. Des différences intéressantes sont à noter entre les catégories de dépendance. Les châtaignes sont moins rejetées en EHPAD (8% des participants) comparé aux catégories c1 et c2 (respectivement 14% et 13% des participants). Au contraire, les fruits exotiques comme le kiwi, la mangue ou encore la pastèque sont

plus fréquemment rejetés en EHPAD qu'à domicile. Les jus de fruits exotiques semblent relativement acceptés par les participants des catégories c1 et c3 (seulement 11% et 12% des participants déclarent ne pas aimer ces items) mais moins par ceux de la catégorie c2 (22% déclarent ne pas aimer).

Les légumes

En ce qui concerne les légumes (42 items), les personnes qui n'aiment pas les légumes sont plus nombreuses que celles n'aimant pas les fruits (Figure 21). Seulement 5% de participants, ou moins, déclarent ne pas aimer les pommes de terre, le persil, les petits pois, la laitue crue et le chou vert. Nous pouvons donc en conclure que ces légumes sont bien acceptés par la majorité des personnes âgées interviewées. Les légumes les moins appréciés, pour au moins 20% de la population, sont la chicorée, les navets, le maïs doux, les lentilles, l'artichaut, l'aubergine, le fenouil et les épinards en salade. Comme pour les fruits, il existe une importance variabilité entre les pays. Par exemple, 46%, 47% et 55% des participants déclarent ne pas aimer les artichauts en Angleterre, Pologne et Finlande. Cependant, en France comme en Espagne, seulement 2% et 3% des personnes âgées déclarent ne pas aimer les artichauts. Les résultats détaillés par pays et par catégorie de dépendance sont illustrés dans le Tableau 7. En ce qui concerne les catégories de dépendance, nous pouvons noter que les lentilles sont moins rejetées par les participants de la catégorie c1 (6%) que par les participants des catégories c2 (18%) et c3 (14%). Le même effet peut être observé avec le navet (c1 : 12% ; c2 : 25% ; c3 : 24%). Cependant, les asperges, les artichauts et les aubergines ont plus de succès en EHPAD (respectivement 8%, 12% et 13% des participants les rejettent) qu'à domicile (catégorie c1 : 17%, 26% et 28% de rejet ; catégorie c2 : 16%, 25% et 28% de rejet).

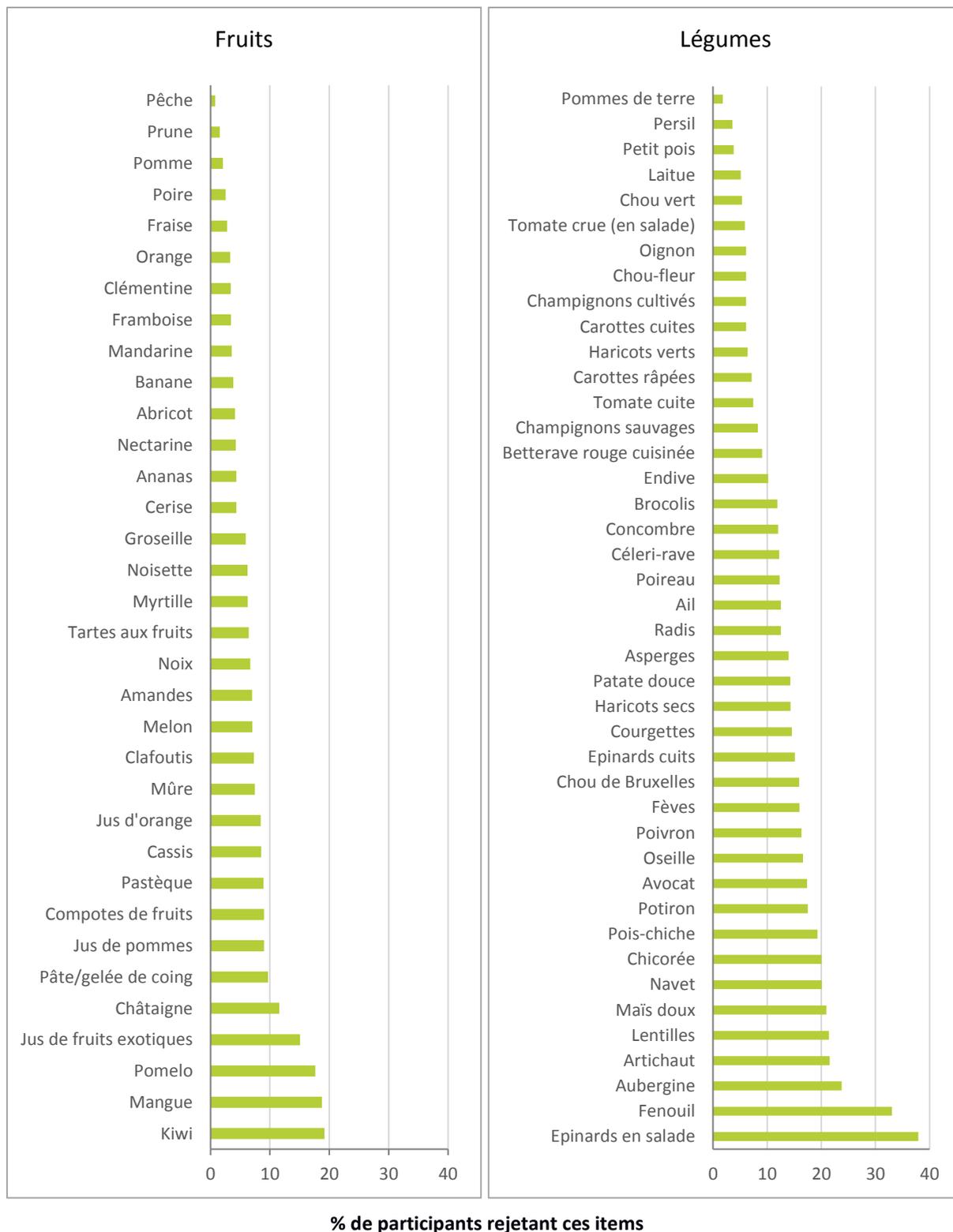


Figure 21 : Sélectivité pour les fruits et légumes

Tableau 6 : Pourcentages de participants n'aimant pas les fruits, détaillés par pays et par catégories de dépendance

Fruits	Pays						Catégorie			
	Fi	Fr	Po	Es	UK	Consensuel	c1	c2	c3	Consensuel
Abricot	12	0	5	1	4		5	4	3	oui
Amande	12	9	12	1	0		7	7	7	oui
Ananas	7	0	0	0	4	oui	3	4	6	oui
Banane	5	4	6	1	3	oui	6	4	2	oui
Cassis	9	7	10	35	1		8	9	9	oui
Cerise	17	0	3	1	1		7	4	3	oui
Châtaigne	41	7	29	3	7		14	13	8	
Clafoutis	8	6	1	17	4		6	9	7	oui
Clémentine	4	1	3	5	4	oui	4	1	6	oui
Compote de fruits	1	1	19	18	9		12	10	5	
Fraise	1	1	3	5	4	oui	4	1	3	oui
Framboise	1	3	0	6	7	oui	4	4	3	oui
Groseille	5	6	7	14	4		5	7	5	oui
Jus d'orange	12	11	12	4	3		9	9	8	oui
Jus de fruits exotiques	19	22	18	8	7		11	22	12	
Jus de pommes	9	14	10	3	7		7	9	10	
Kiwi	23	23	9	28	11		15	18	26	
Mandarine	1	2	1	4	10		4	3	3	oui
Mangue	20	24	18	25	6		13	20	24	
Melon	8	0	33	1	4		9	9	3	oui
Mûre	8	10	4	6	7		6	6	11	
Myrtille	1	9	3	27	7		7	5	7	oui
Nectarine	8	4	3	4	3	oui	2	6	5	oui
Noisette	14	2	12	1	4		7	7	4	oui
Noix	16	1	13	1	4		7	7	6	oui
Orange	5	2	1	1	7	oui	3	3	4	oui
Pastèque	3	30	4	0	1		7	6	15	
Pâte/gelée de coing	0	8	16	9	10		10	9	10	
Pêche	3	0	0	0	1	oui	1	1	1	oui
Poire	1	2	3	1	6	oui	3	3	2	oui
Pomelo	20	9	29	34	10		19	15	19	
Pomme	3	6	6	4	3	oui	1	2	3	oui
Prune	3	0	3	1	1	oui	2	1	1	oui
Tartes aux fruits	4	4	5	17	3		4	9	6	oui

La colonne intitulée « Consensuel » représente les items consensuels (rejetés par moins de 10% des participants) dans les cinq pays européens ou dans les trois catégories de dépendance.

Les distributions sont significativement différentes entre les pays ($\chi^2=673,68$; $p<0,001$) mais pas par catégories ($\chi^2=47,26$; $p>0,05$). Comme la règle de Cochran n'est pas respectée, les p values ont été estimées par simulations Monte-Carlo.

Fi : Finlande, Fr : France, Po : Pologne, Es : Espagne, UK : Angleterre

Catégorie c1 : participants vivant à domicile avec aide pour les courses. Catégorie c2 : participants vivant à domicile avec aide pour la préparation des repas et/ou le portage de repas à domicile. Catégorie c3 : personnes vivant en EHPAD.

Tableau 7 : Pourcentages de participants n'aimant pas les légumes, détaillés par pays et par catégories de dépendance

Légumes	Pays					Consensuel	Catégorie			
	Fi	Fr	Po	Es	UK		c1	c2	c3	Consensuel
Ail	23	9	21	3	10		13	15	9	
Artichaut	55	2	47	3	46		26	25	12	
Asperges	28	1	37	4	19		17	16	8	
Aubergine	39	19	45	4	30		28	28	13	
Avocat	24	5	26	28	15		22	18	10	
Betterave rouge cuisinée	5	3	4	34	1		8	10	9	
Brocolis	10	15	17	12	6		13	10	12	
Carottes cuites	4	1	12	10	6		1	6	12	
Carottes râpées	8	5	7	12	4		5	8	9	oui
Céleri-rave	30	8	10	6	8		8	16	13	
Champignons cultivés	14	3	3	9	1		7	8	3	oui
Champignons sauvages	13	10	9	3	6		8	11	5	
Chicorée	55	7	57	16	9		21	24	15	
Chou de Bruxelles	20	9	26	19	8		15	18	14	
Chou vert	7	9	1	5	3	oui	1	6	9	oui
Chou-fleur	3	6	4	10	7		6	4	9	oui
Concombre	1	12	4	30	11		11	11	15	
Courgettes	20	12	22	3	18		13	16	15	
Endives	33	1	60	14	10		11	12	8	
Epinards cuits	20	5	29	10	18		11	20	14	
Epinards en salade	37	34	33	68	21		36	38	41	
Fenouil	48	39	6	53	24		33	35	31	
Fève	48	26	9	4	4		11	21	15	
Haricots secs	48	4	12	9	6		12	17	14	
Haricots verts	25	1	3	1	3		4	9	7	oui
Laitue	4	1	13	6	3		4	5	7	oui
Lentilles	53	8	58	14	12		17	23	24	
Maïs doux	19	24	25	27	9		25	20	17	
Navet	15	17	49	18	6		12	25	24	
Oignon	8	8	7	1	6	oui	2	7	9	oui
Oseille	33	16	18	4	17		14	22	13	
Patate douce	16	30	38	5	4		11	14	19	
Persil	4	1	7	1	6	oui	2	5	3	oui
Petits pois	12	1	1	3	3		1	6	4	oui
Poireau	14	5	25	6	14		6	18	14	
Pois-chiches	37	30	27	5	10		20	17	20	
Poivron	16	32	12	4	12		13	18	19	
Pommes de terre	1	0	3	3	3	oui	1	1	4	oui
Potiron	16	17	21	19	15		20	21	11	
Radis	19	2	22	17	7		16	12	9	
Tomates crues (en salade)	17	3	3	5	1		5	6	7	oui
Tomates cuites	26	2	9	1	1		4	10	8	

La colonne intitulée « Consensuel » représente les items consensuels (rejetés par moins de 10% des participants) dans les cinq pays européens ou dans les trois catégories de dépendance.

Les distributions sont significativement différentes entre les pays ($\chi^2=1101,46$; $p < 0,001$) mais pas par catégories ($\chi^2=94,06$; $p > 0,05$). La règle de Cochran est respectée.

Fi : Finlande, Fr : France, Po : Pologne, Es : Espagne, UK : Angleterre

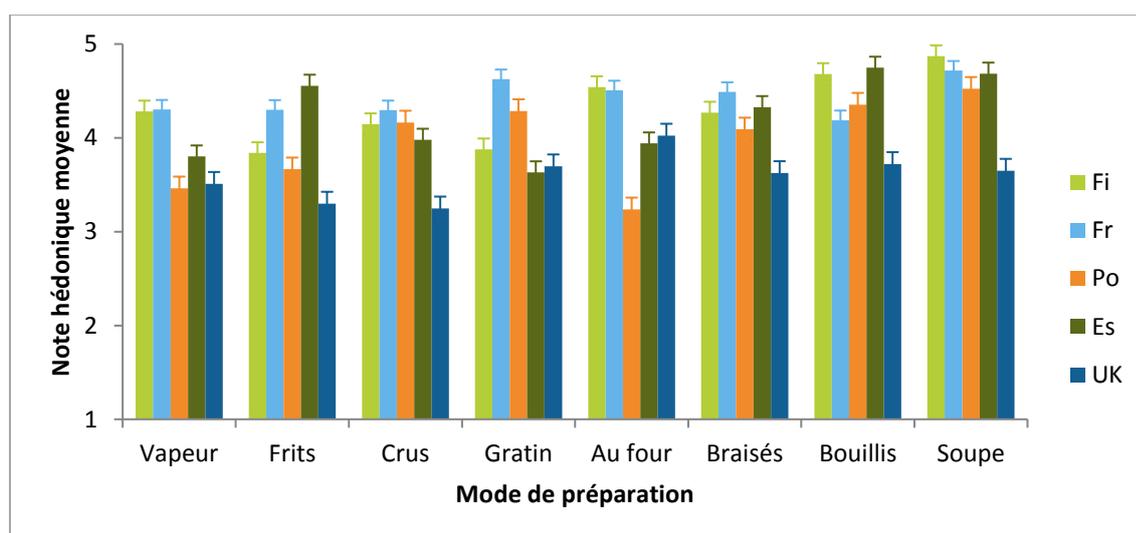
Catégorie c1 : participants vivant à domicile avec aide pour les courses. Catégorie c2 : participants vivant à domicile avec aide pour la préparation des repas et/ou le portage de repas à domicile. Catégorie c3 : personnes vivant en EHPAD.

d) Appréciation des différents modes de préparation des légumes

L'appréciation des légumes est significativement influencée par les effets pays ($F_{(4, 3240)}=64,74$; $p<0,001$), modes de préparation ($F_{(7, 3240)}=17,99$; $p<0,001$), catégories de dépendance ($F_{(2, 3240)}=13,38$; $p<0,001$) et par les interaction pays x modes de préparation ($F_{(28, 3240)}=7,77$; $p<0,001$) et catégories de dépendance x modes de préparation ($F_{(14, 3240)}=1,82$; $p<0,05$). Les notes moyennes d'appréciation étaient généralement élevées dans chacun des pays (4/5 ou plus), sauf en Angleterre (aux environs de 3,6/5). Les modes de préparation les plus appréciés étaient : braisés, à l'eau et en soupe (notes moyennes supérieures à 4,1/5 dans chacun des cas). Ces modes de préparation peuvent donc être considérés comme consensuels pour la plupart des personnes âgées dans tous les pays enquêtés (Figure 22). Le Tableau 8 présente le classement des modes de préparation préférés par pays.

Malgré des différences statistiquement significatives, il est important de noter que tous les modes de préparation sont bien appréciés dans les trois catégories de dépendance (notes moyennes d'appréciation supérieures à 4/5 au global et supérieures à 3,8/5 pour chacun des modes de préparation ; Figure 23). Le classement des modes de préparation préférés par catégorie est montré dans le Tableau 9.

Tous les modes de préparation semblent être assez appréciés dans chaque pays et dans chaque catégorie ; avec une légère exception en Angleterre où les appréciations sont plus modérées.



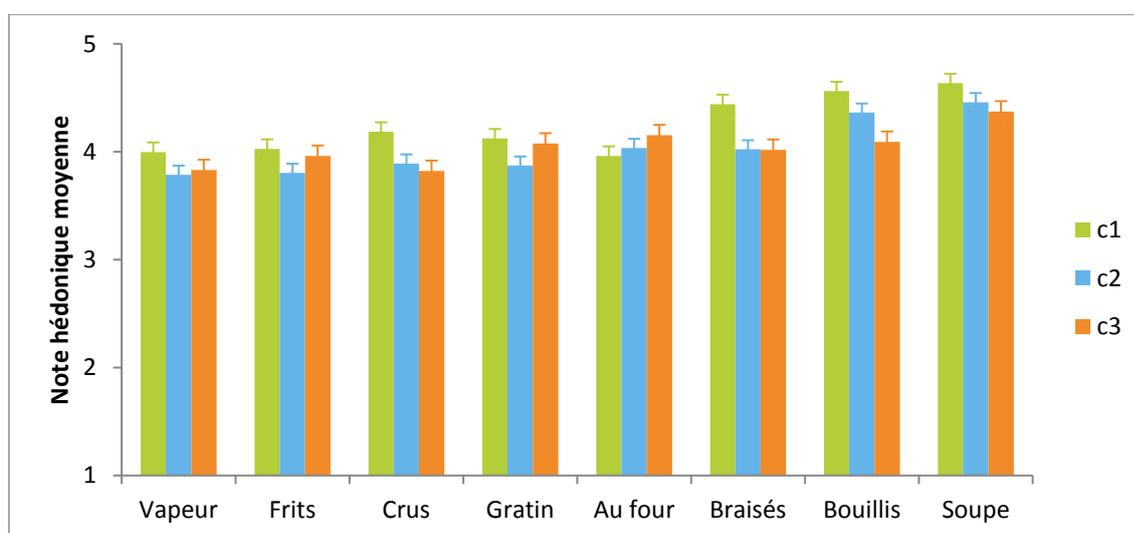
Fi : Finlande, Fr : France, Po : Pologne, Es : Espagne, UK : Angleterre

Figure 22 : Notes moyennes d'appréciation détaillées par modes de préparation et par pays

Tableau 8 : Notes moyennes d'appréciation, ordonnées pour chaque pays

Finlande (n=86)			France (n=101)			Pologne (n=70)			Espagne (n=77)			Angleterre (n=71)		
Soupe	4,9	o	Soupe	4,7	no	Soupe	4,5	klmn	Bouillis	4,7	no	Au four	4,0	ghij
Bouillis	4,7	mno	Gratin	4,6	lmno	Bouillis	4,4	jklm	Soupe	4,7	mno	Bouillis	3,7	bcdef
Au four	4,5	klmn	Au four	4,5	klmn	Gratin	4,3	ijk	Frits	4,6	klmno	Gratin	3,7	bcdef
Vapeur	4,3	ijk	Braisés	4,5	klmn	Crus	4,2	ghij	Braisés	4,3	jkl	Soupe	3,7	bcdef
Braisés	4,3	ijk	Vapeur	4,3	jk	Braisés	4,1	ghij	Crus	4,0	fghi	Braisés	3,6	bcde
Crus	4,1	hij	Frits	4,3	jk	Frits	3,7	bcdef	Au four	3,9	efgh	Vapeur	3,5	abc
Gratin	3,9	defgh	Crus	4,3	jk	Vapeur	3,5	ab	Vapeur	3,8	cdefg	Frits	3,3	a
Frits	3,8	cdefg	Bouillis	4,2	hij	Au four	3,2	a	Gratin	3,6	abcd	Crus	3,2	a

Le tableau ordonne les modes de préparation des légumes du plus aimé au moins aimé aimée pour chaque pays. Les valeurs correspondent à l'analyse de l'interaction pays x produits (moyennes et groupes LSD associés)



Catégorie c1 : participants vivant à domicile avec aide pour les courses. Catégorie c2 : participants vivant à domicile avec aide pour la préparation des repas et/ou le portage de repas à domicile. Catégorie c3 : personnes vivant en EHPAD.

Figure 23 : Notes moyennes d'appréciation détaillées par modes de préparation et par catégories

Tableau 9 : Notes moyennes d'appréciation, ordonnées pour chaque catégorie

c1 (n=143)			c2 (n=141)			c3 (n=121)		
Soupe	4,6	h	Soupe	4,5	gh	Soupe	4,4	fg
Bouillis	4,6	gh	Bouillis	4,4	g	Au four	4,2	efg
Braisés	4,4	gh	Au four	4,0	bcdef	Bouillis	4,1	cdef
Crus	4,2	fg	Braisés	4,0	bcdef	Gratin	4,1	cdef
Gratin	4,1	def	Crus	3,9	abcd	Braisés	4,0	abcdef
Frits	4,0	abcdef	Gratin	3,9	abc	Frits	4,0	abcdef
Vapeur	4,0	abcdef	Frits	3,8	a	Vapeur	3,8	ab
Au four	4,0	abcde	Vapeur	3,8	a	Crus	3,8	ab

Le tableau ordonne les modes de préparation des légumes du plus aimé au moins aimé aimée pour chaque catégorie. Les valeurs correspondent à l'analyse de l'interaction pays x produits (moyennes et groupes LSD)

2.4) Discussion

Cette étude apporte des connaissances sur les préférences des personnes âgées dépendantes dans cinq pays européens. Les résultats ont montré à la fois : un consensus entre les personnes âgées pour un large nombre de fruits et légumes et une appréciation de tous les modes de préparation des légumes. Des études précédentes ont montré que les fruits et légumes étaient appréciés par les personnes âgées et également plus consommés par cette population, comparé à une population de jeunes adultes (Baker & Wardle, 2003; Juan & Lino, 2007; Monceau et al., 2002). Cependant, ces études n'ont pas mis en évidence la variabilité existant au sein des personnes âgées. Nous avons identifié trois styles de mangeurs avec des habitudes et des préférences alimentaires spécifiques. La plupart des participants du style 2 avaient une préférence orientée vers les fruits alors que pour ceux du style 3, la préférence était plutôt orientée vers les légumes. Au contraire, les personnes âgées du style 1 sont plutôt indifférentes envers les fruits et légumes (sauf pour les purées de légumes) ; ce qui confirme notre hypothèse de départ que l'appréciation des fruits et légumes constitue une variable segmentant la population de personnes âgées étudiée. Ces styles de mangeurs semblent également en accord avec les attitudes envers les aliments. Par exemple, les participants du style 1 sont indifférents aux fruits et légumes (en terme de préférence) et sont également moins intéressés par les aspects santé des aliments (score HTAS significativement plus faible que la moyenne). Ces attitudes semblent donc en accord avec les préférences déclarées. Tous ces résultats militent pour la complémentarité des méthodes.

Le fait d'être sélectif pour son alimentation a été bien documenté chez les enfants mais assez peu chez les personnes âgées. Comme la sélectivité est un thème de recherche relativement récent, très peu d'études ont été menées avec les personnes âgées et il est nécessaire de développer des questionnaires adaptés (Dovey, Staples, Gibson, & Halford, 2008). Dans notre étude, un questionnaire rapide a été créé pour mesurer la sélectivité envers les fruits et légumes. Il consiste en une liste spécifique de 76 fruits et légumes. Au-delà de cocher les items non appréciés, nous avons ajouté à ce questionnaire la possibilité d'indiquer les items inconnus, ce qui était nécessaire dans un contexte européen. Ce questionnaire facile permet d'interroger les participants rapidement tout en obtenant des informations quantitatives et qualitatives. Les résultats ont montré que les participants les plus sélectifs envers les fruits et légumes étaient également plus néophobes, plus intéressés par l'aspect naturel des aliments et finlandais. La sélectivité et la néophobie alimentaire semblent donc liées ; ce qui est en accord avec les études examinées par Dovey et al. (2008). La forte sélectivité des participants finlandais pourrait s'expliquer par le fait que les fruits et légumes sont moins disponibles dans le nord de l'Europe que dans le sud (Elmadfa et al., 2009). Ainsi, il est possible que le questionnaire de sélectivité regroupe des fruits et légumes encore peu ou mal connus pour cette génération de

personnes âgées. De plus, même si certains items sont connus, il est possible qu'ils soient peu familiers car introduits sur les étals que très récemment (comme par exemple les fruits exotiques). Or, il a été montré que les personnes âgées préféraient les plats « traditionnels » plutôt que les préparations « non familières » (Laureati, Pagliarini, Calcinoni, & Bidoglio, 2006). D'autres études sont donc nécessaires pour explorer les causes de la sélectivité chez les personnes âgées ainsi que le lien avec la néophobie.

En combinant les styles de mangeurs et la sélectivité, des tendances générales de préférences se dessinent, permettant ainsi de mieux connaître les attentes des personnes âgées interrogées. En proposant des aliments appréciés, cette connaissance peut aider à maintenir le plaisir lors des repas. Des auteurs ont montré que maintenir le plaisir à manger est positivement associé à un meilleur statut nutritionnel et à une prise alimentaire plus importante (Lesourd et al., 2001; Maitre, 2014). Tous ces résultats militent donc pour continuer à améliorer sensoriellement les aliments destinés aux personnes âgées et de favoriser le plaisir lors des repas.

2.5) Conclusion

Cette étude a adapté des méthodes pour caractériser les besoins et les attentes des personnes âgées devenant dépendantes pour leur alimentation et pour mesurer leur appréciation et leur niveau de sélectivité envers les fruits et légumes. Les questionnaires des styles de mangeurs et de sélectivité constituent deux outils discriminants ; alors que celui sur les modes de préparation des légumes l'est moins. Ces outils peuvent aider à dresser le « profil » d'une personne âgée en fonction de ses appréciations et de ses consommations de fruits et légumes dans le but de mieux adapter l'offre à ses attentes et préférences. Les fruits et légumes, qu'ils soient frais ou cuisinés, sont globalement très appréciés par les personnes âgées. Nous avons mis en évidence des fruits et légumes consensuels dans les cinq pays européens ainsi que dans les trois catégories de dépendances étudiés. Au contraire, certains items sont rejetés par plus de 20% de la population enquêtée (jus de fruits exotiques, pomelo, mangue, kiwi, chicorée, navet, maïs, lentilles, artichaut, aubergine, fenouil et épinards en salade). Pour les légumes, tous les modes de préparation ont été globalement appréciés.

Dans un contexte de dénutrition, nos résultats peuvent aider les industries agroalimentaires à choisir une matrice (fruits ou légumes) appréciée et pertinente pour un enrichissement nutritionnel (protéines, vitamines, etc.). Il est important de développer des aliments à base de fruits et légumes plus personnalisés pour les consommateurs âgés afin de mieux correspondre à leurs attentes et ainsi permettre de combiner des apports nutritionnels adéquats avec un maintien de l'appétit et du plaisir à manger.

Dans le cadre du projet OPTIFEL, tous ces résultats ont permis de faire des recommandations et d'aider à choisir des fruits et légumes consensuels et appréciés par la plus grande majorité des personnes âgées en Europe. Ces fruits et légumes serviront de base pour le développement de produits innovants et enrichis nutritionnellement. La pomme et la carotte sont les deux fruits et légumes sélectionnés à l'issue de cette enquête.



Ce qu'il faut retenir

Une enquête comparative européenne a été réalisée dans cinq pays Européens sur les habitudes, les préférences alimentaires ainsi que l'appréciation des fruits et légumes par des personnes âgées avec différents niveaux de dépendance pour leur alimentation.

L'enquête a révélé que le modèle des trois repas conventionnels journaliers (le petit déjeuner, le déjeuner et le dîner) semble assez répandu en Europe et que les différences locales se traduisent généralement au niveau des collations (plus fréquentes en Finlande, Pologne et Espagne). Les résultats ont également montré que les repas étaient moins nombreux à domicile qu'en EHPAD. Les fruits et légumes sont largement consommés partout en Europe, tout au long de la journée.

L'appréciation des fruits et légumes est une variable qui segmente la population. Trois styles de mangeurs ont été mis en évidence. En résumant les grandes tendances, ils pourraient être baptisés : « *Pas de dessert ni de fruit* » (style 1, n=145), « *Amateurs de fruits mais pas de boisson alcoolisée* » (style 2, n=121) et « *Des légumes vapeur et des desserts, mais pas d'assaisonnement* » (style 3, n=126).

Nous avons montré que les fruits et légumes, qu'ils soient frais ou cuisinés, sont globalement très appréciés par les personnes âgées et nous avons mis en évidence des produits consensuels en Europe, comme par exemple les fruits classiques (pêche, prune, pomme, poire, fraise, etc.) et les légumes traditionnels (pommes de terre, persil, petits pois, laitue, chou vert, tomate, etc.). Pour les légumes, tous les modes de préparation sont bien appréciés.

Enfin, au niveau méthodologique, les questionnaires des styles de mangeurs et de sélectivité représentent deux outils discriminants, faciles et rapides à utiliser sur le terrain. Ils permettent de mettre en évidence les préférences des personnes âgées afin de personnaliser l'offre alimentaire à leurs attentes.

Chapitre 3

*Performances sensorielles et appréciation
des purées de pommes*

CHAPITRE III : Performances sensorielles des personnes âgées et appréciation des purées de pommes

Les résultats présentés ci-dessous, relatifs aux performances de discrimination chez des jeunes adultes et chez des personnes âgées autonomes, en France et en Pologne, ont fait l'objet d'un article, en cours de révision, dans le journal *Food Quality and Preference* et intitulé : ***Sweet and sour discrimination abilities of elderly people compared to those of young adults***

1. Introduction

Nous l'avons vu dans l'état de l'art de cette thèse, une diminution générale des capacités sensorielles est associée au vieillissement. De plus, ces perceptions sensorielles peuvent être influencées par la matrice dans laquelle elles sont mesurées (systèmes modèles versus aliments réels). Parmi toutes les capacités sensorielles, il en est une qui n'a été que très peu étudiée : la capacité de discrimination. Enfin, peu est connu sur le lien entre les capacités de discrimination et l'appréciation d'aliments.

Ce chapitre sera donc consacré à répondre aux questions suivantes : en utilisant des systèmes modèles, quelles sont les capacités olfactives et gustatives des personnes âgées ? En étudiant des aliments réels, quelles sont les capacités de discrimination gustative des personnes âgées ? Y-a-t-il une différence de performances entre systèmes modèles et aliments réels ? Quels sont les facteurs influençant ces capacités de discrimination gustative ? Les capacités de discrimination gustative influencent-elles l'appréciation d'aliments réels ?

Pour répondre à ces questions, trois études ont été réalisées. La première a permis d'évaluer les perceptions olfactives et gustatives de personnes âgées autonomes en utilisant des systèmes modèles. La seconde a consisté à mesurer les capacités de discrimination gustatives en utilisant un aliment réel : la purée de pommes. Afin d'évaluer l'impact de l'âge et de la dépendance, cette partie a été réalisée avec des jeunes adultes, des personnes âgées autonomes vivant à domicile et des personnes âgées dépendantes vivant en EHPAD. Enfin, la troisième étude a permis d'évaluer l'appréciation de différentes purées de pommes par des personnes âgées vivant à domicile et d'autres vivant en EHPAD. Ces études ont été menées en France, en Pologne et en Espagne. Toutefois, à cause de contraintes inhérentes au projet de recherche OPTIFEL, certains pays n'ont pas pu réaliser la totalité des études. Le design expérimental est résumé et schématisé en Figure 24.

	Jeunes adultes n=106 18-40 ans Fra, Pol	Personnes âgées (n=226) plus de 65 ans		
		Autonomes n=130 Fra, Pol	Dépendants	
			n=36, Fra	n=60, Esp
Systèmes modèles (détection, catégorisation, discrimination)		✓		
Purées de pommes (discrimination gustative)	✓	✓	✓	
Purées de pommes (appréciation)		✓	✓	✓

Fra : France ; Pol : Pologne ; Esp : Espagne

Figure 24 : Design expérimental des groupes participants aux différentes épreuves

Ces résultats permettront de mieux connaître les capacités sensorielles des personnes âgées et d’ainsi pouvoir donner des recommandations aux industriels. Ces recommandations serviront à préciser, dans un cahier des charges, la marge de manœuvre sensorielle possible lors du développement d’un produit, avec comme étude de cas, la purée de pommes.

2. Capacités sensorielles des personnes âgées – Le cas des systèmes modèles

Par « système modèle » nous entendons un système simplifié, contrôlable et facilement modifiable permettant d’étudier l’impact d’un facteur sur une perception sensorielle. Au contraire des aliments réels, le système modèle ne comprend généralement qu’un seul stimulus. Dans le cas de l’olfaction, le système modèle consiste en un flacon contenant un seul odorant (une odeur de fraise par exemple). Pour la gustation, le système modèle se résume à une solution aqueuse dans laquelle un composé sapide est dilué (par exemple, une solution d’eau sucrée). En utilisant ces systèmes modèles, détaillons à présent quelles sont les capacités sensorielles des personnes âgées.

2.1) Matériels et méthodes

a) Les tests olfactifs

Test de détection

Afin de mesurer les capacités de détection olfactive des participants, nous avons utilisé l’*European Test of Olfactory Capabilities* (ETOC) développé par Thomas-Danguin et al. (2003). Dans le but de limiter la

fatigue sensorielle, six odeurs sur les 16 initialement prévues dans le test ont été choisies : vanille, pomme, fuel, orange, rose et thym (d'après Sulmont-Rossé et al., 2015). Pour chacune de ces odeurs, le test comprend quatre flacons dont trois sont vides et seulement un contient l'odorant. Le participant devait sentir les quatre flacons et indiquer celui qui contenait l'odorant. Dans le cas où le participant ne percevait aucune odeur, il devait tout de même indiquer un flacon (méthodologie de choix forcé). Les odeurs étaient présentées en monadique séquentiel et dans le même ordre pour tous les participants. A la fin de l'épreuve, un score individuel de détection olfactive (/6) était calculé ; correspondant au nombre d'odeurs correctement détectées sur l'ensemble des six odeurs.

Test de discrimination

Le deuxième test olfactif était un test de discrimination (Sulmont-Rossé et al., 2015). Cette épreuve se compose de cinq triades. Pour chaque triade, un flacon est identifié comme la référence. Parmi les deux flacons restants, l'un contenait une odeur identique à la référence et l'autre contenait une odeur différente. Les participants devaient retrouver l'odeur différente de celle contenue dans le flacon de référence. Les odeurs utilisées pour les triades sont présentées dans le Tableau 10. Là encore, les triades étaient présentées en monadique séquentiel et dans le même ordre pour tous les participants. Enfin, un score individuel de discrimination olfactive (/5) était calculé ; correspondant au nombre d'odeurs correctement discriminées sur l'ensemble des cinq triades.

Tableau 10 : Odeurs utilisées pour le test de discrimination olfactive

Triade	Témoin	Flacon a	Flacon b
T1	Poulet	Poulet-oignon	Poulet
T2	Bœuf	Bœuf	Bœuf-oignon
T3	Poulet	Poulet	Poulet-ail
T4	Bœuf	Bœuf	Poulet
T5	Bœuf	Poisson	Bœuf

Test de catégorisation

Enfin, le troisième test olfactif consistait en un test de catégorisation (d'après Sulmont-Rossé et al., 2015). Les participants se voyaient présenter une série de 12 flacons ; six contenant des odeurs alimentaires et six contenant des odeurs non alimentaires (Tableau 11). Les flacons étaient présentés en monadique séquentiel et l'ordre de présentation était identique entre tous les participants. Pour chaque flacon, le participant devait indiquer s'il percevait une odeur ou non (tâche de détection). Dans le cas où une odeur était détectée, le participant précisait s'il s'agissait d'une odeur alimentaire ou non alimentaire (tâche de catégorisation). A l'issue du test, un score individuel de catégorisation a été

calculé (/12), correspondant au nombre d'odeurs correctement catégorisées sur l'ensemble des 12 odeurs.

Tableau 11 : Odeurs utilisées pour le test de catégorisation olfactive

Ordre de présentation	Odeur	Catégorie
1	Caramel	Alimentaire
2	Lait	Alimentaire
3	Lilas	Non alimentaire
4	Poire	Alimentaire
5	Muguet	Non alimentaire
6	Eau de Cologne	Non alimentaire
7	Thym	Alimentaire
8	Parfum femme (Chanel n°5)	Non alimentaire
9	Fraise	Alimentaire
10	Parfum homme (Roland Garros)	Non alimentaire
11	Citron	Alimentaire
12	Rose	Non alimentaire

b) Les tests gustatifs

Test de détection

Le test de détection de saveurs se compose d'une gamme de huit échantillons aux concentrations croissantes. Parmi ces huit échantillons, six sont des solutions contenant de l'eau et un composé sapide dilué et deux sont des échantillons « blancs » ne contenant que de l'eau. Ces échantillons blancs sont placés en troisième et septième position de la gamme et permettent de s'assurer que les participants se rincent correctement la bouche entre chaque échantillon et qu'ils ne répondent pas machinalement « oui, je perçois de l'eau et une saveur ».

Le principe du test de détection était le suivant. Dans un premier temps, le participant goûtait un gobelet rempli d'eau et devait mémoriser cette référence. Ensuite, huit échantillons étaient présentés au participant en monadique séquentiel. L'ordre de présentation des échantillons était identique entre tous les participants. Pour chaque échantillon, le participant devait répondre à la question suivante « *Percevez-vous une saveur ?* ». Il avait le choix entre deux réponses :

- « **Non**, je ne perçois aucune saveur. C'est de l'eau »
- « **Oui**, je perçois de l'eau et une saveur (sucré, acide, salé ou amer) »

Une fois la réponse donnée, le participant devait se rincer la bouche avec de l'eau et l'échantillon suivant lui était apporté. Toute l'eau utilisée au cours de ces tests était de l'eau Evian en bouteille en verre. Cette eau a servi à toutes les étapes des tests de détection (échantillon de référence, préparation des solutions sapistes, eau de rinçage).

A l'issue du test, un score individuel de détection est calculé (/8). Ce score correspond au nombre de bonnes données par le participant. Pour les échantillons contenant uniquement de l'eau, une bonne réponse signifie « **Non**, je ne perçois aucune saveur. C'est de l'eau ». Au contraire, pour les échantillons contenant de l'eau et un composé sapide, une bonne réponse signifie « **Oui**, je perçois de l'eau et une saveur (sucré, acide, salé ou amer) ».

En 2001, Mojet, Christ-Hazelhof & Heidema ont montré que la diminution des perceptions sensorielles liée à l'âge était plus importante pour le salé que pour les autres saveurs. Il est donc pertinent de mesurer les performances de détection du salé chez les personnes âgées. Comme précisé en introduction de ce chapitre, la suite de cette étude portera sur un aliment réel : la purée de pommes. En purée de pommes, les deux saveurs principales sont le sucré et l'acide. C'est pourquoi le test de détection a également été réalisé pour le sucré et pour l'acide.

Les composés sapidés utilisés pour préparer les solutions sont respectivement du sel de table (NaCl), du saccharose, de l'acide malique (acide le plus présent dans les pommes). Les gammes de concentrations utilisées sont présentées dans le Tableau 12. Pour le sel et le saccharose, les concentrations sont issues du projet Aupalesens (Sulmont-Rossé et al., 2015). Pour l'acide malique, les concentrations ont été déterminées suite à des pré-tests internes et validées avec un pré-test auprès de 53 personnes âgées (personnes extérieures à l'étude).

Tableau 12 : Gammes de concentrations utilisées au cours des tests de détection gustatifs

Echantillon	Gamme salée NaCl (g/l)	Gamme sucrée Saccharose (g/l)	Gamme acide Acide malique (g/l)
C1	0,21	0,59	0,08
C2	0,59	1,49	0,29
C3*	0	0	0
C4	0,59	1,49	0,29
C5	1,90	3,70	0,50
C6	1,90	3,70	0,50
C7*	0	0	0
C8	5,90	9,40	3,00

* : Les échantillons C3 et C7 correspondent aux deux échantillons « blancs » (uniquement de l'eau)

c) Les personnes âgées recrutées

Ces tests de performances sensorielles ont été réalisés en laboratoires avec 130 personnes âgées autonomes vivant à domicile. Dans le cadre du projet de recherche OPTIFEL, nous avons eu l'opportunité de recruter les participants en France (n=69) et en Pologne (n=61). Cette approche nous a permis d'obtenir un échantillon avec un effectif plus important et de pouvoir évaluer s'il y avait une différence entre les deux échantillons. Afin d'être retenu dans l'étude, les participants devaient avoir

65 ans ou plus et remplir les six critères d'inclusion suivants : i) ne pas avoir subi une opération ou un traumatisme susceptible d'affecter les sens gustatifs et olfactifs, ii) ne pas avoir, au moment de l'étude, des problèmes de santé susceptibles d'affecter les sens gustatifs et olfactifs, iii) ne pas avoir d'allergies alimentaires, iv) ne pas avoir de problèmes gastriques, v), ne pas avoir de diabète de type I, insulino-dépendant ou un problème avec la consommation de sucre et vi) consommer de la compote de pommes au moins une fois par an.

Afin de s'assurer de l'état cognitif des participants et d'évaluer s'ils étaient en mesure de comprendre et de répondre à un questionnaire, les participants ont passé le test du MMSE (Folstein et al., 1975). Tous les participants ont obtenu un score supérieur ou égal à 21 et ont été inclus dans l'analyse statistique. Cette limite a été fixée par le consortium européen d'OPTIFEL avec le consensus des partenaires membres du projet. Les effectifs, âges et scores MMSE sont détaillés par pays dans le Tableau 13. La Figure 25 présente quant à elle l'histogramme des âges par pays.

Tableau 13 : Description de la population de personnes âgées autonomes

	Total	France	Pologne
Effectif : n	130	69	61
Femme : n (%)	92 (71%)	46 (67%)	46 (75%)
Homme : n (%)	38 (29%)	23 (33%)	15 (25%)
Age : $\bar{x}(\sigma)$	70,6 (4,8)	70,5 (4,7)	70,6 (4,8)
Minimum	65,0	65,0	65,0
Maximum	83,0	83,0	82,0
MMSE : $\bar{x}(\sigma)$	28,5 (1,8)	28,8 (1,2)	28,1 (2,2)
Minimum	22,0	26,0	22,0
Maximum	30,0	30,0	30,0

$\bar{x}(\sigma)$: Moyenne (écart-type)

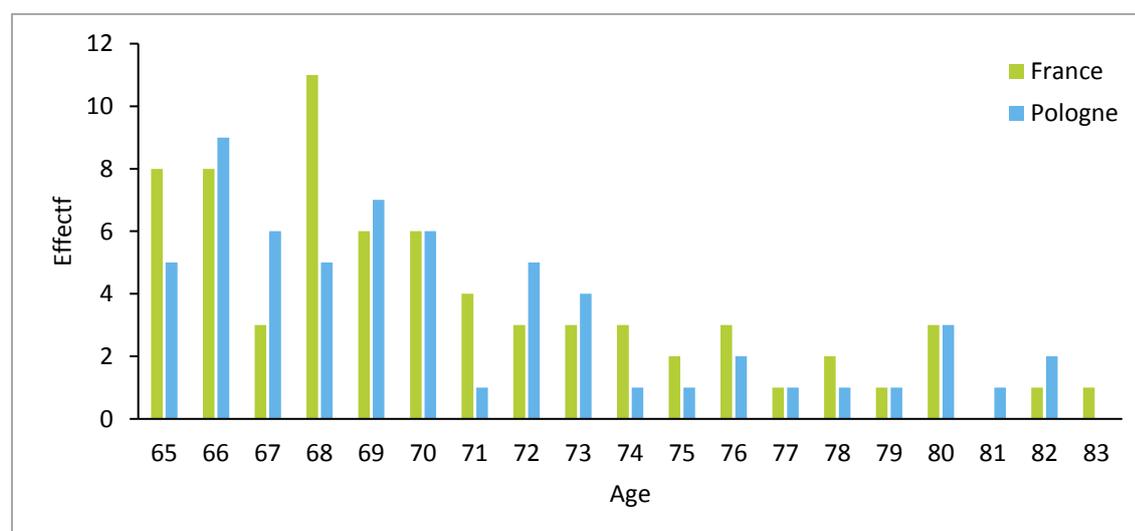


Figure 25 : Histogramme des âges détaillés par pays

d) Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R (version 3.2.1). Les scores des différents tests sensoriels n'ayant pas la même échelle, l'analyse a été effectuée sur les indices (score obtenu à un test ramené entre zéro et un). Ces indices sensoriels ont été analysés grâce à une ANOVA à trois facteurs : âge, pays d'origine et genre. Des tests post-hoc LSD ont ensuite été réalisés sur les facteurs significatifs. Afin de catégoriser les participants selon leurs performances sensorielles, les scores des tests sensoriels ont servi de variables actives dans une classification ascendante hiérarchique après ACP (distance euclidienne, critère de Ward), consolidée par K-means. Le pays d'origine, l'âge, le genre et le niveau de sélectivité ont été ajoutés à la CAH comme variables descriptives. La description des groupes a été réalisée avec la fonction *catdes* issue du package *FactoMineR*. Dans cette fonction, le score moyen de chaque groupe est comparé au score moyen général (tous groupes confondus) grâce à un test T.

2.2) Résultats

a) Descriptions des indices sensoriels

Les résultats des 130 personnes âgées autonomes, pour l'ensemble des indices sensoriels, sont présentés Tableau 14. La Figure 26, quant à elle, illustre les distributions des indices sensoriels détaillées par pays.

Tableau 14 : Moyennes et écarts-types obtenus par les personnes âgées autonomes aux tests sensoriels

Tests		Total	France (n=69 ; 65-83 ans)	Pologne (n=61 ; 65-82 ans)
Olfaction	Détection	0,87 (0,19)	0,87 (0,19)	0,86 (0,20)
	Discrimination	0,68 (0,25)	0,70 (0,26)	0,67 (0,24)
	Catégorisation	0,77 (0,15)	0,77 (0,15)	0,77 (0,15)
Gustation (détection)	Sel	0,75 (0,14)	0,74 (0,14)	0,77 (0,14)
	Sucre	0,55 (0,18)	0,50 (0,17)	0,60 (0,18)
	Acide	0,67 (0,19)	0,55 (0,15)	0,82 (0,12)

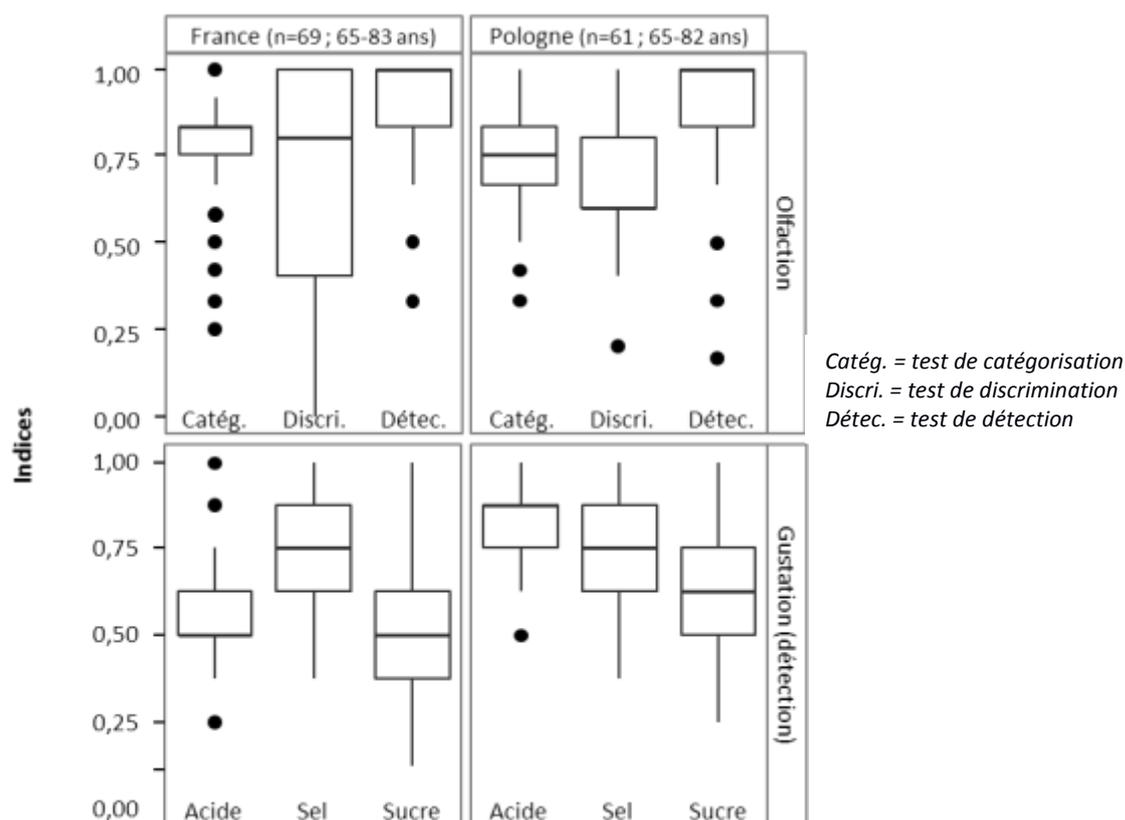


Figure 26 : Boîtes à moustache des performances des personnes âgées autonomes par pays et tests sensoriels

Tests olfactifs

Les résultats de l'ANOVA ne montrent pas d'effet significatif pour les facteurs pays et genre sur les indices des différents tests olfactifs ($p > 0,05$ dans tous les cas ; Tableau 15). En revanche, le facteur âge a un effet significatif au seuil de 5% pour le test olfactif de catégorisation ($F_{(1,130)} = 6,043$; $p = 0,015$). Les corrélations de Pearson nous informent que l'âge est inversement corrélé à l'indice de catégorisation. Autrement dit, plus le participant est âgé, plus l'indice de catégorisation diminue. Ce phénomène est significatif pour la population étudiée dans son ensemble (français et polonais regroupés ; $R = -0,235$; $p < 0,01$), pour les participants français ($R = -0,515$; $p < 0,001$), mais pas pour les participants polonais ($R = 0,066$; $p > 0,05$). La Figure 25 montre la distribution des âges par pays.

Tableau 15 : Tableau de l'ANOVA pour les tests olfactifs (détection, catégorisation, discrimination)

Facteurs	$F_{(1, 130)}$			p-value		
	Détec.	Catég.	Discr.	Détec.	Catég.	Discr.
Age	3,094	6,029	1,934	0,081	0,015 *	0,167
Pays	0,246	0,092	0,279	0,621	0,762	0,598
Genre	3,453	1,677	0,004	0,065	0,198	0,950

Test sensoriel : Détec. = détection ; Catég. = catégorisation ; Discr. = discrimination
 * $p < 0,05$

Tests gustatifs

Tests de détection. Concernant les tests gustatifs, les résultats de l'ANOVA montrent que le facteur genre n'a pas d'effet significatif sur les indices des différents tests de détection gustative ($p > 0,05$; Tableau 16). En revanche, le facteur pays est significatif pour les tests de détection de la saveur sucrée ($F_{(1,130)}=10,179$; $p < 0,01$) et de la saveur acide ($F_{(1,130)}=120,45$; $p < 0,001$). Les tests post-hoc LSD montrent que le groupe de personnes âgées en Pologne est significativement plus performant pour détecter le sucré (indice moyen de $0,60 \pm 0,18$) et l'acide (indice moyen de $0,82 \pm 0,12$) comparé au groupe de personnes âgées en France (sucré : $0,50 \pm 0,17$; acide : $0,55 \pm 0,15$). D'après les corrélations de Pearson, il existe une corrélation inversement proportionnelle entre l'âge et l'indice de détection du sel, significative pour la population étudiée dans son ensemble (français et polonais regroupés ; $R = -0,203$; $p < 0,05$), pour les participants français ($R = -0,336$; $p < 0,02$), mais pas pour les participants polonais ($R = -0,057$; $p > 0,05$). Dans nos conditions expérimentales, les personnes les plus âgées ont eu plus de difficultés à détecter la saveur salée.

Tableau 16 : Tableau de l'ANOVA pour les tests gustatifs de détection de saveurs

Facteurs	$F_{(1, 130)}$			p-value		
	Sel	Sucre	Acide	Sel	Sucre	Acide
Age	5,235	0,039	0,019	0,024 *	0,844	0,891
Pays	0,764	10,179	120,45	0,384	0,002 **	0 ***
Genre	0,256	0,166	2,551	0,614	0,685	0,113

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

b) Une grande variabilité parmi la population : 3 groupes de performances sensorielles

Afin de mettre en évidence différents profils de performances sensorielles, les scores des tests précédents ont été soumis à une classification ascendante hiérarchique (CAH), consolidée par k-means (sauf ceux de la discrimination gustative car uniquement présents en France). Trois groupes ont été mis en évidence. La description de chaque groupe est détaillée dans le Tableau 17.

Tableau 17 : Description des trois groupes obtenus par CAH, consolidée par k-means

	Global	Groupe 1		Groupe 2		Groupe 3	
	<i>Valeur</i>	<i>Valeur</i>	<i>p</i>	<i>Valeur</i>	<i>p</i>	<i>Valeur</i>	<i>p</i>
N	130	16		67		47	
Echantillon (%)							
Homme	29	50	0,068	28	0,824	24	0,281
Français	53	38	0,198	31	0,000 ***	89	0,000 ***
Polonais	47	62	0,198	69	0,000 ***	11	0,000 ***
Moyenne (σ)							
Age	70,6 (4,7)	74,0 (6,4)	0,002 **	70,1 (4,3)	0,210	70,2 (4,1)	0,434
MMSE	28,5 (1,8)	27,3 (2,1)	0,006 **	28,5 (1,9)	0,799	28,8 (1,3)	0,110
Sélectivité	7,0 (6,4)	6,2 (3,4)	0,571	8,3 (7,0)	0,018 *	5,5 (6,0)	0,039 *

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Groupe 1 : Des performances olfactives plus basses, une gustation préservée

Le premier groupe contient 12% des participants et est principalement marqué par une baisse des performances olfactives (Tableau 18). En effet, comparés aux scores moyens pour les tests olfactifs de détection (5,2/6), de catégorisation (9,2/12) et de discrimination (3,4/5), les scores de ce groupe sont significativement plus bas (détection : 3,5/6, catégorisation : 5,8/12 et discrimination : 2,7/5). Ce groupe est également légèrement plus âgé : $74,0 \pm 6,4$ ans d'âge moyen dans le groupe contre $70,6 \pm 4,7$ ans au global.

Groupe 2 : Les performances sensorielles les plus élevées

Dans le second groupe (52% des participants), tous les scores des tests sensoriels sont plus élevés que les scores moyens, excepté pour la discrimination olfactive (voir Tableau 18 pour les valeurs). Pour la discrimination olfactive, le score moyen du groupe (3,6/5) est supérieur à celui de la moyenne (3,4/5), mais non significatif. Ce groupe rassemble donc des personnes âgées dont les capacités sensorielles sont les meilleures de la population étudiée. Il contient également un plus grand nombre de polonais et des personnes âgées en moyenne plus sélectives (8,3 dans le groupe contre 7,0 au global ; $t\text{-test} = 2,36$; $p < 0,05$).

Groupe 3 : Des performances gustatives plus basses, une olfaction préservée

Enfin, le troisième groupe contient 36% des participants. Ici, ce sont les performances de détection gustative qui sont impactées. Une différence significative peut être observée pour leurs scores de détection des saveurs sucrée (3,4/8) et acide (3,7/8), plus faibles que la moyenne (respectivement 4,4/8 et 5,2/8, voir Tableau 18). Leur score est plus faible pour la détection du sel, mais non significatif (5,9/8 dans le groupe contre 6,0/8 au global). Cependant, les résultats montrent que leur score moyen de catégorisation olfactive (9,7/12) est significativement plus élevé que celui de la moyenne (9,2/12).

Ce groupe regroupe donc des personnes âgées dont les capacités gustatives sont faibles. Il contient également un plus grand nombre de participants français ainsi que des personnes moins sélectives (score moyen de 5,5 dans le groupe contre 7,0 au global ; t-test=-2,06 ; p<0,05).

Tableau 18 : Scores des variables utilisées pour la classification ascendante hiérarchique, détaillés par groupe

	Global $\bar{x}(\sigma)$	Groupe 1 (n=16) $\bar{x}(\sigma)$ p		Groupe 2 (n=67) $\bar{x}(\sigma)$ p		Groupe 3 (n=47) $\bar{x}(\sigma)$ p		
O	Détec.	5,2 (1,1)	3,5 (1,5)	0,000 ***	5,5 (0,7)	0,002 **	5,3 (1,0)	0,295
	Discri.	3,4 (1,3)	2,7 (0,9)	0,013 *	3,6 (1,2)	0,18	3,5 (1,3)	0,760
	Catég.	9,2 (1,8)	5,8 (1,4)	0,000 ***	9,7 (1,2)	0,001 ***	9,7 (1,2)	0,027 *
G	Acide	5,2 (1,5)	5,5 (1,4)	0,331	6,1 (1,0)	0,000 ***	3,7 (1,0)	0,000 ***
	Sel	6,0 (1,1)	5,8 (0,9)	0,284	6,2 (1,2)	0,041 *	5,9 (1,1)	0,162
	Sucre	4,4 (1,4)	4,4 (1,6)	0,912	5,1 (1,3)	0,000 ***	3,4 (1,0)	0,000 ***

La p-value calculée ici est associée à un test t comparant la moyenne globale avec la moyenne du groupe

* p<0,05 ; ** p<0,01 ; *** p<0,001

O : Tests olfactifs – Détec. = détection (/6) – Discri. = discrimination (/5) – Catég. = catégorisation (/12)

G : Tests gustatifs de détection (/8)

$\bar{x}(\sigma)$: Moyenne (écart-type)

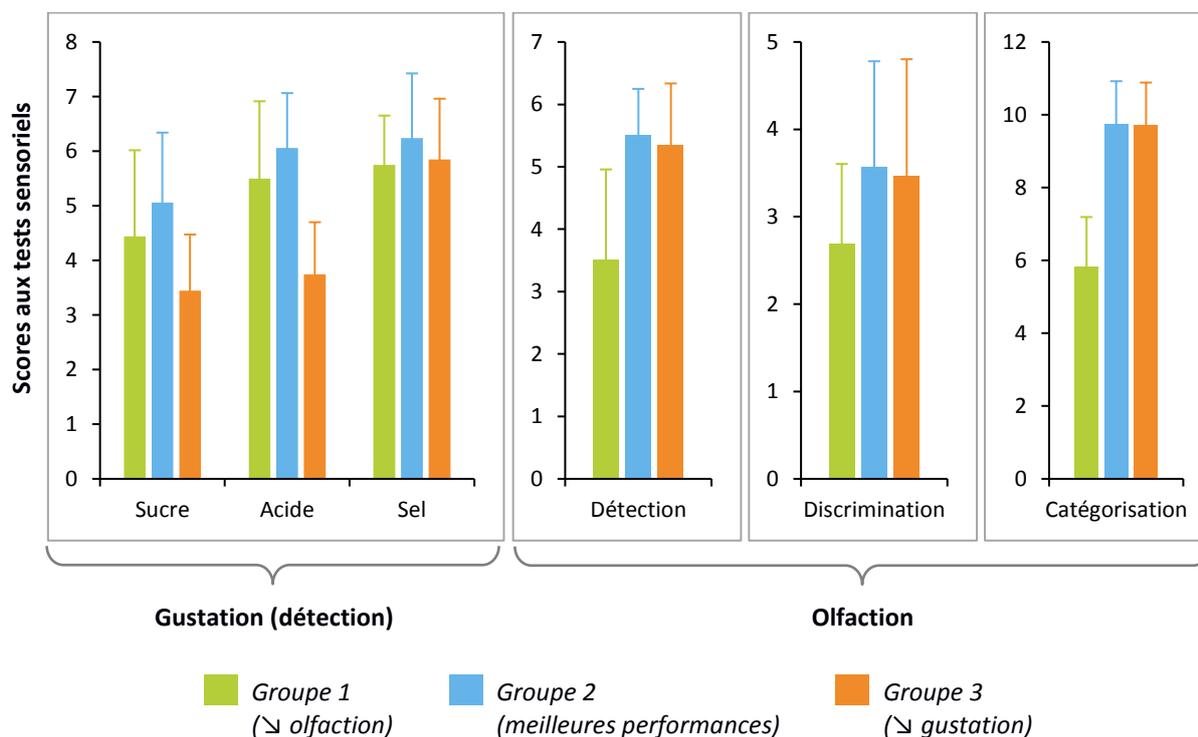


Figure 27 : Profil des groupes en fonction des tests sensoriels

2.3) Discussion et conclusion

A l'issue de ces tests, nous avons pu mettre en évidence trois grandes tendances basées sur les performances sensorielles des personnes âgées. Bien que 52% des personnes âgées aient des capacités sensorielles encore performantes, de plus faibles capacités sensorielles (olfactive ou gustative) ont pu être observées chez près de la moitié des participants (48%). Dans une étude sur 559 personnes âgées autonomes et dépendantes en France, Sulmont-Rossé et al. (2015) ont mis en évidence quatre patterns de performances sensorielles. Le premier groupe (n=238, 43%) était composé de participants avec des perceptions olfactives et gustatives encore bien préservées. Pour les participants du second groupe (n=186, 33%), les résultats ont montré une diminution de la gustation (détection du salé) mais pas de l'olfaction ; alors que pour ceux du troisième groupe (n=120, 21%), ce sont la gustation et l'olfaction qui sont diminuées. Enfin, ces auteurs ont mis en évidence un quatrième et dernier groupe (n=15, 3%) dont les participants présentaient une altération sévère au niveau olfaction avec des scores de détection très faibles, quasiment anosmiques. Alors que notre population ne comprenait que des personnes âgées autonomes, les groupes que nous avons obtenus sont très proches de ceux de Sulmont-Rossé et collaborateurs : bonnes performances sensorielles (52%), pertes plutôt gustatives (36%) et pertes plutôt olfactives (12%). Nous pouvons toutefois noter l'absence du quatrième groupe (3%, quasi anosmique) dans nos résultats. Cette différence pourrait s'expliquer par l'absence de personnes âgées dépendantes dans notre échantillon et/ou par la faible prévalence de l'anosmie dans la population. Les données relatives à la prévalence de l'anosmie sont peu nombreuses et plutôt variables. A notre connaissance, aucune étude n'existe au niveau Français. Une étude réalisée sur 1387 suédois de 20 à plus de 80 ans a montré que 5,8% des participants souffraient d'anosmie (Brämerson et al., 2004). En Allemagne, ce pourcentage d'anosmie atteignait 3,6% de la population des 25-75 ans étudiée (n=1312 ; 52,1 ans d'âge moyen ; Vennemann, Hummel, & Berger (2008)). Enfin en Espagne, Mullol et al. (2012) ont montré que l'anosmie se manifestait dans 0,3% de leur échantillon (n=9348). Ainsi, par rapport à notre étude, l'effectif plus important mobilisé par Sulmont-Rossé et collaborateurs (n=559) a sans doute permis de déceler les variations plus fines et plus rares au niveau de la population.

L'un des résultats à discuter est la plus grande performance des participants polonais pour détecter la saveur acide. Afin de s'assurer qu'aucune erreur de pesée n'a été commise au cours de la préparation, les solutions ont été dosées par chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC). Ainsi, les quantités réelles d'acide malique ont pu être déterminées. Le tableau suivant présente les concentrations théoriques d'acide malique ainsi que les valeurs mesurées en France et en Pologne par HPLC. Comme le montre le tableau, les concentrations réelles sont très proches des concentrations théoriques et les différences entre les échantillons fabriqués en France et en Pologne sont minimales. L'une des hypothèses pour alors expliquer cette meilleure performance des participants polonais serait

qu'ils sont plus exposés à des aliments acides que les participants Français. Ainsi, les participants polonais pourraient être plus habitués à l'acide, plus « entraînés », ce qui pourrait augmenter leur performance. Notons toutefois que, à notre connaissance, aucune étude scientifique n'a abordé ce genre de question de recherche. Des études plus approfondies sont donc nécessaires.

Concentrations théoriques	Concentrations réelles	
	France	Pologne
0,080	0,086	0,085
0,290	0,292	0,287
0,500	0,492	0,502
3,000	3,125	3,042

Toutes les concentrations sont exprimées en g/l

Dans la suite de ce chapitre, nous nous intéresserons à une capacité sensorielle encore peu étudiée : la capacité de discrimination gustative. Nous évaluerons si les trois groupes de performances sensorielles ont des niveaux différents de capacité de discrimination et mesurerons leur appréciation de différentes purées de pommes.

3. Le cas particulier des capacités de discrimination gustative

3.1) Introduction

Nous l'avons vu dans l'état de l'art de cette thèse, les capacités sensorielles comme la détection, l'intensité perçue, etc. ont été largement explorées. Toutefois, très peu est connu au sujet des capacités de discrimination. De plus, plusieurs facteurs (matrice, interactions de saveurs, âge et dépendance, groupes de performances sensorielles) sont susceptibles de modifier ces capacités de discrimination. Une expérimentation a donc été menée en solutions aqueuses et en purées de pommes avec différents groupes d'âge.

Dans cette partie, nous détaillerons le matériel et méthodes général de cette expérimentation et décrirons quelles sont les capacités de discrimination chez une population de personnes âgées autonomes en système modèle (solutions aqueuses) et en aliment réel (purées de pommes).

3.2) Matériels et méthodes

a) Design expérimental général

Au cours de cette partie et des suivantes, nous avons mesuré les capacités de discrimination de personnes âgées autonomes (partie 3.), différents facteurs pouvant influencer ces capacités de discrimination (partie 4.) ainsi que le lien entre capacité de discrimination et appréciation de purées de pommes (partie 5.). A cause de contraintes relatives au projet de recherche OPTIFEL, le design expérimental n'a pas pu être mené avec chaque groupe d'âge dans chaque pays étudié (pour rappel, voir Figure 24). Notons que le groupe des 130 personnes âgées autonomes est le même que celui décrit précédemment dans la partie 2.

	Jeunes adultes n=106 18-40 ans Fra, Pol	Personnes âgées (n=226) plus de 65 ans		
		Autonomes n=130 Fra, Pol	Dépendants	
			n=36, Fra	n=60, Esp
Systèmes modèles (détection, catégorisation, discrimination)		✓		
Purées de pommes (discrimination gustative)	✓	✓	✓	
Purées de pommes (appréciation)		✓	✓	✓

Fra : France ; Pol : Pologne ; Esp : Espagne

Figure 28 : Design expérimental

b) Capacités de discrimination – Choix de la purée de pommes de base

Le cahier des charges de la purée de pommes de base devait respecter plusieurs contraintes. La purée devait être faiblement concentrée en sucres et en acides afin de pouvoir être supplémentée et se prêter aux différentes modifications de saveurs. La purée ne devait pas contenir d'arôme ajouté (ingrédients) ou de faux goûts. Suite à une table ronde et à différents pré-tests, la purée retenue est une purée Andros, référence « *compote pommes allégée* » sans morceaux, en pots de verre de 730g. Les mesures réalisées indiquent un degré Brix de 15,22 et une acidité titrable de 4,71 g/kg d'acide malique. Afin de limiter au maximum les variations liées à la matière première, un lot unique a été utilisé tout au long de l'étude (828 pots, soit plus de 600 kg de purées de pommes).

c) Les échantillons testés

En purées de pommes, les deux saveurs principales sont le sucré et l'acide. Les capacités de discrimination ont donc été mesurées séparément pour chacune de ces deux saveurs. Dans le but d'être au plus proche des concentrations rencontrées en purées de pommes, nous avons décidé de manipuler des concentrations de sucre et d'acide dans une gamme de variations « réaliste », couvrant ainsi les concentrations communément trouvées dans le domaine des desserts de fruits (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2007; Oqali, 2010).

Afin de mesurer les capacités de discrimination pour le sucré, cinq échantillons de purées de pommes ont été préparés avec une gamme de concentrations croissantes en sucre (de 200 et 280 g/kg) et à un niveau fixe d'acide (4,71 g/kg, pas d'ajout d'acide). De la même façon pour la saveur acide, cinq purées de pommes ont été préparées avec une gamme de concentrations croissantes d'acide (de 4,71 à 6,71 g/kg) à un niveau fixe de sucre (160 g/kg).

Pour mesurer les effets des interactions de saveurs, les capacités de discrimination précédemment mesurées pour le sucré à un niveau d'acide bas (4,71 g/kg) ont également été mesurées à un niveau d'acide haut (7,5 g/kg). L'étude de purées de pommes commerciales, disponibles en France, a montré une concentration maximale d'acide malique à 7,26 g/kg. Le niveau d'acide haut a donc été choisi proche de cette valeur maximale et arrondi à 7,5 g/kg. Ainsi, l'écart d'acide est maximal, tout en restant dans une plage de variation réaliste et « acceptable » par les consommateurs. De la même façon, les capacités de discrimination mesurées précédemment pour l'acide à un niveau de sucre bas (160 g/kg) ont été mesurées à un niveau de sucre haut (240 g/kg). Cette limite supérieure de sucre a été choisie afin d'optimiser les écarts de sucre, tout en restant dans le domaine des desserts de fruits et se répartissant de façon symétrique autour de la concentration utilisée comme référence dans les tests de discrimination sucrée (200 g/kg).

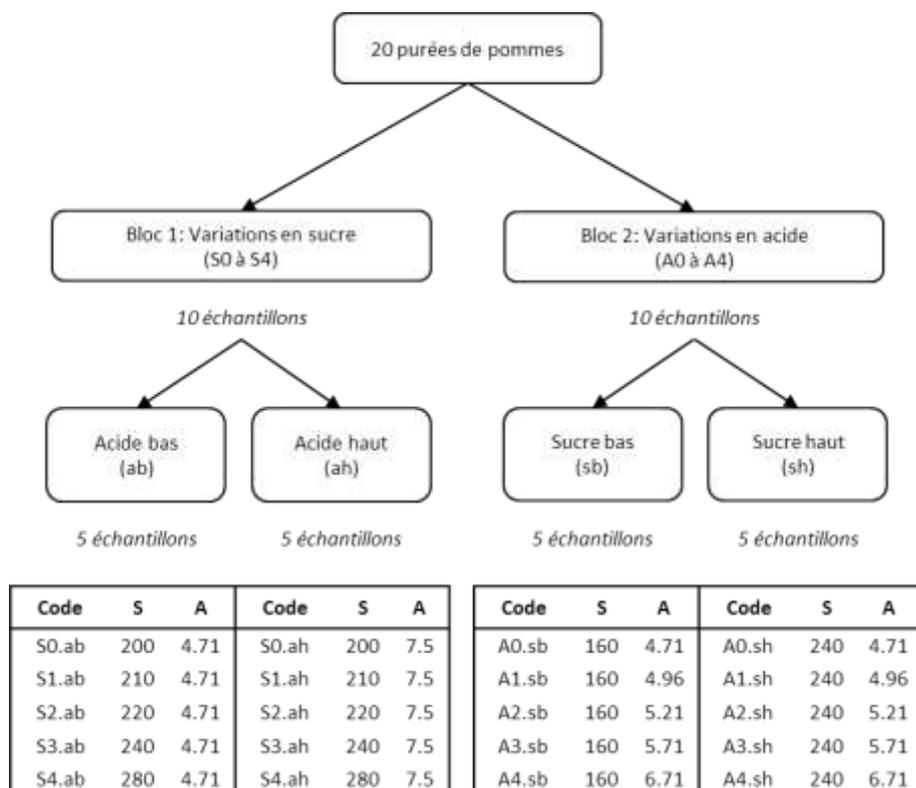
En résumé, nous avons donc 20 échantillons de purées de pommes répartis en deux blocs : 10 échantillons pour la discrimination sucrée et 10 échantillons pour la discrimination acide. Au sein de chaque bloc, cinq échantillons permettent d'évaluer la discrimination sucré/acide à un niveau bas d'acide/de sucre et les cinq autres permettent d'évaluer la discrimination sucré/acide à un niveau haut d'acide/de sucre. Ce design et la codification des échantillons sont résumés dans le Tableau 19. L'ensemble des échantillons de purées de pommes est représenté graphiquement dans la Figure 29.

Nous avons également travaillé en solutions aqueuses avec les mêmes concentrations. En effet, l'impact de la matrice sur les perceptions sensorielles est une question qui reste encore ouverte à ce jour en bibliographie. Les concentrations de saveurs utilisées en solutions aqueuses correspondent à

celles utilisées en purées de pommes pour la discrimination sucrée à un niveau d'acide bas et pour la discrimination acide à un niveau de sucre bas (voir échantillons marqués en bleu dans la Figure 29).

Notons qu'en purées de pommes, les valeurs indiquées dans le tableau suivant correspondent à un taux de sucres (sucres naturellement présents dans la purée de pommes et ajout de saccharose) et à un taux d'acides (acides naturellement présents et ajout d'acide malique). Pour les solutions aqueuses, les valeurs correspondent à des concentrations de saccharose et d'acide malique (puisque uniquement dilués dans l'eau).

Tableau 19 : Design expérimental utilisés pour mesurer les capacités de discrimination gustative



Les colonnes S et A correspondent respectivement aux concentrations de sucre et d'acide, exprimées en g/kg

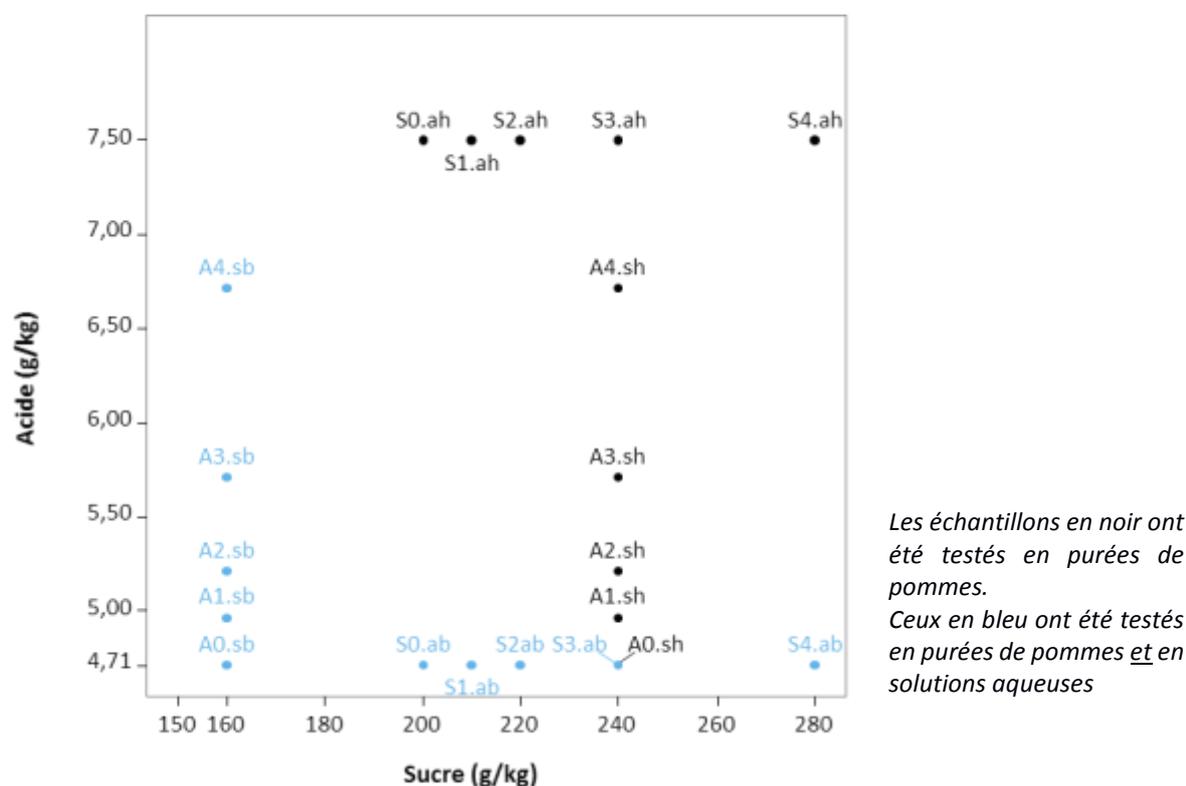


Figure 29 : Ensemble des échantillons utilisés pour mesurer les capacités de discrimination

d) Test par paire

Depuis peu, certains auteurs préconisent d'adapter les méthodologies sensorielles utilisées auprès des personnes âgées (Issanchou, 2015; Maitre et al., 2015). Ces auteurs recommandent de préférer les tests duo-trio ou tests par paires aux traditionnels tests triangulaires ou tétrades. C'est pourquoi, nous avons choisi d'employer un test par paire pour mesurer les capacités de discrimination gustative.

L'épreuve de discrimination consiste à différencier les échantillons sur la base de l'intensité perçue des saveurs. Autrement dit, après avoir goûté une paire d'échantillons, le participant devait indiquer l'échantillon dont la saveur était la plus intense (par exemple, le plus sucré). Dans le cas où aucune différence n'était perçue entre les échantillons d'une même paire, le participant devait tout de même indiquer un échantillon (méthodologie de choix forcé). Les paires étaient présentées en monadique séquentiel et dans un ordre équilibré grâce à des carrés latins de Williams. A l'issue du test, un score individuel de discrimination a été calculé, correspondant au nombre de paires correctement discriminées.

Chaque paire est constituée d'un échantillon de référence (identique entre toutes les paires) et d'un échantillon de comparaison (qui varie selon les paires). Par exemple, pour la discrimination sucrée à un niveau d'acide bas, les paires testées sont les suivantes :

- Paire P1 : S0.ab – S1.ab
- Paire P2 : S0.ab – S2.ab
- Paire P3 : S0.ab – S3.ab
- Paire P4 : S0.ab – S4.ab

L'écart entre les concentrations de saveurs est le plus faible pour la paire P1 et augmente jusqu'à la paire P4 (voir Tableau 19). Nous faisons donc l'hypothèse que les paires avec de faibles écarts de concentrations de saveurs (P1 et P2) seront plus difficilement discriminées que les paires où l'écart est plus important (paires P3 et P4).

La concentration de sucre de l'échantillon de référence a été définie à 200 g/kg, ce qui est en accord avec les valeurs moyennes trouvées en bibliographie concernant les purées de pommes du commerce (Oqali, 2010). Pour les échantillons de comparaison, les concentrations de sucre ont été choisies suite à des pré-tests avec pour objectif d'avoir certaines paires difficiles et d'autres plus simples à discriminer. De la même manière, la concentration d'acide malique de l'échantillon de référence est de 4,71 g/kg et correspond à la concentration initiale trouvée dans la purée de pommes (pas d'ajout). Pour les échantillons de comparaison, les concentrations d'acide malique ont été choisies suite à des pré-tests avec, là encore, l'objectif d'avoir certaines paires difficiles et d'autres plus simples à discriminer.

e) Les participants recrutés

Les capacités de discrimination gustative en purées de pommes ont été mesurées chez la même population de personnes âgées autonomes décrite dans la partie précédente : 69 Français (âge moyen de $70,5 \pm 4,7$ ans, 65-83 ans) et 61 Polonais (âge moyen de $70,6 \pm 4,8$ ans ; 65-82 ans). Toutefois, à cause de contraintes liées au projet OPTIFEL, les résultats pour la discrimination gustative en solutions aqueuses ne sont disponibles que pour le groupe de personnes âgées en France.

f) Analyse statistique

L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé avec le logiciel R (version 3.1.2). Pour analyser les performances globales de discrimination, le nombre total de bonnes réponses de toutes les paires a été regroupé par sous bloc (bloc discrimination sucrée, bloc discrimination acide) et analysé par χ^2 . Les performances par paires ont été analysées par test binomial unilatéral, suivant la norme NF ISO

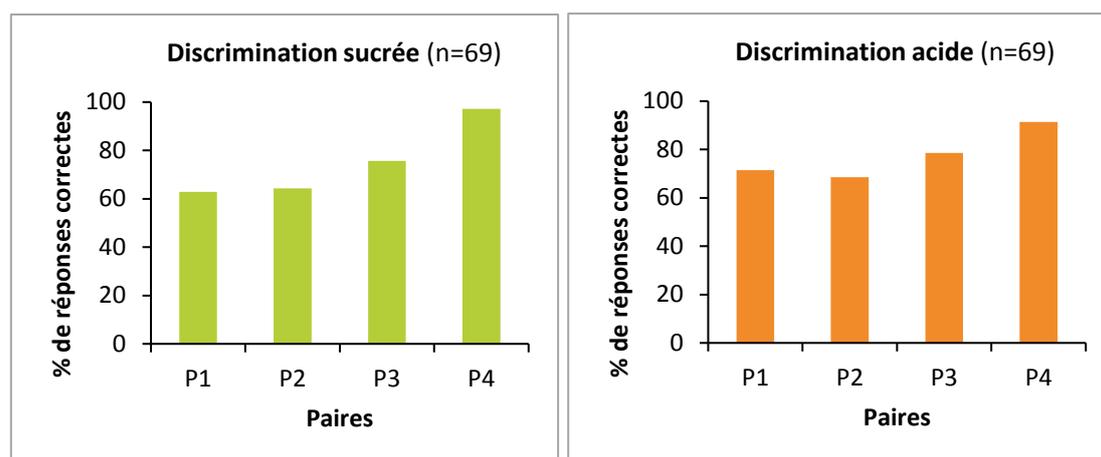
5495:2005(F) – Analyse sensorielle – Méthodologie – Essai de comparaison par paires (Chiu, Hewson, Yang, Linforth, & Fisk, 2015; Mueller, Koehler, & Scherf, 2016; Scherf, Pflaum, Koehler, & Hofmann, 2015). D’après l’ISO (organisation internationale de normalisation), cette norme « décrit le mode opératoire permettant de déterminer s’il existe une différence sensorielle perceptible ou une similitude entre les échantillons de deux produits sur l’intensité d’une propriété sensorielle ».

3.3) Résultats

a) Les performances de discrimination en systèmes modèles (solutions aqueuses)

L’analyse des données montre que, pour la discrimination sucrée et la discrimination acide, le pourcentage de réponses correctes augmente quand l’écart entre les échantillons augmente également. Cette augmentation du nombre de réponses correctes valide notre objectif de réaliser une gamme contenant des paires difficiles et d’autres plus simples à discriminer.

Pour la discrimination sucrée, 63% des participants ont correctement discriminé la paire P1 (différence de 10 g/kg de saccharose entre les échantillons) alors que ce pourcentage atteint 97% pour la paire P4 (différence de 80 g/kg de saccharose). En ce qui concerne la discrimination acide, ces pourcentages sont respectivement de 71% (écart de 0,25 g/kg d’acide malique) et 91% (écart de 2,00 g/kg d’acide malique). Les pourcentages de réponses correctes sont détaillés par paires dans la Figure 30. D’après la norme NF ISO 5495:2005(F) sur les tests de comparaison par paires, toutes les paires ont été significativement discriminées à un niveau de significativité de $p=0,05$ (nombre de bonnes réponses supérieur à 43). Le Tableau 20 présente les nombres de bonnes réponses ainsi que les p-values exactes calculées avec le test binomial de R. Le groupe de personnes âgées autonomes (France) a été capable de discriminer les échantillons de toutes les paires ($p<0,05$ dans tous les cas) ; même ceux de la paire P1.



Concentrations en sucre (g/kg) par paire :

P1 : 200 – 210 P2 : 200 – 220

P3 : 200 – 240 P4 : 200 – 280

Concentrations en acide malique (g/kg) par paire :

P1 : 4,71 – 4,96 P2 : 4,71 – 5,21

P3 : 4,71 – 5,71 P4 : 4,71 – 6,71

Figure 30 : Pourcentages de réponses correctes aux tests de discrimination sucrée et acide, en solutions aqueuses, détaillés par paires

Tableau 20 : Nombre de réponses correctes et p-values pour la discrimination sucrée et pour la discrimination acide dans des solutions aqueuses

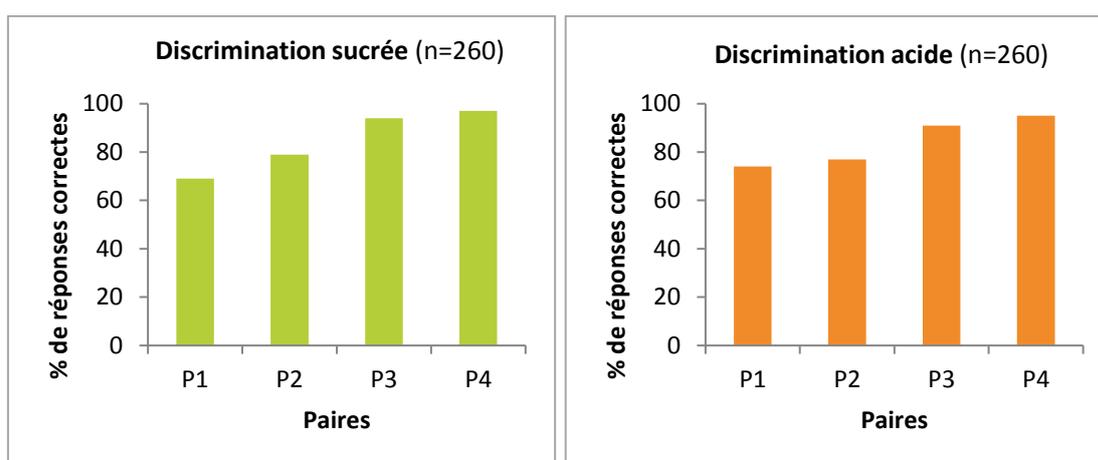
Paires	Discrimination sucrée		Discrimination acide	
	Nb réponses correctes (/69)	p (calculée)	Nb réponses correctes (/69)	p (calculée)
P1	44	p=0,015	49	p=3,2x10 ⁻⁴
P2	44	p=0,015	47	p=1,7x10 ⁻³
P3	52	p=1,5x10 ⁻⁵	54	p=1,3x10 ⁻⁶
P4	67	p<2,2x10 ⁻¹⁶	63	p=2,4x10 ⁻¹³

b) Les performances de discrimination en aliments réels (purées de pommes)

Rappelons que des personnes âgées en France et en Pologne ont participé à cette épreuve. La première étape a donc été de vérifier si l'effet pays était significatif ou non. L'analyse des performances globales de discrimination par sous bloc (toutes paires confondues bloc discrimination sucrée, toutes paires confondues bloc discrimination acide) ne montre aucune différence significative entre les pays, ni pour la discrimination sucrée ($\chi^2=0,0299$, $p=0,8627$) ni pour la discrimination acide ($\chi^2=0,1215$, $p=0,7274$). Les participants ont donc été regroupés pour les analyses suivantes, portant ainsi l'effectif total à 130 participants. De plus, pour la discrimination en purée de pommes, chaque paire a été vue deux fois par chaque participant (deux répétitions). Les deux résultats obtenus pour chaque paire n'ont pas été moyennés, portant ainsi le nombre d'observations à 260 (130 participants x 2 répétitions).

L'analyse des données par paires montrent que le pourcentage de réponses correctes augmente quand l'écart sensoriel entre les échantillons augmente également (Figure 31). Ce pourcentage varie entre 69% et 74% (discrimination sucrée et acide respectivement) pour la paire P1 (différence de 10 g/kg de

sucré ou 0,25 g/kg d'acide malique) et atteint respectivement 97% et 95% pour la paire P4 (différence de 80 g/kg de sucre ou 2 g/kg d'acide malique). D'après la norme NF ISO 5495:2005(F), toutes les paires ont été significativement discriminées à un niveau de significativité de 0,001 (nombre de réponses correctes supérieur à 156). Le nombre de réponses correctes ainsi que les p-values exactes calculées (logiciel R, test binomial) sont présentés dans le Tableau 21. Tout comme pour la discrimination en solutions aqueuse, le groupe de personnes âgées autonomes (ici France et Pologne) a été capable de discriminer les échantillons de toutes les paires ($p < 0,001$ dans tous les cas) ; même ceux de la paire P1.



Concentrations en sucre (g/kg) par paire :

P1 : 200 – 210 P2 : 200 – 220

P3 : 200 – 240 P4 : 200 – 280

Concentrations en acide malique (g/kg) par paire :

P1 : 4,71 – 4,96 P2 : 4,71 – 5,21

P3 : 4,71 – 5,71 P4 : 4,71 – 6,71

Figure 31 : Pourcentages de réponses correctes aux tests de discrimination sucrée et acide, en purées de pommes, détaillés par paires

Tableau 21 : Nombre de réponses correctes et p-values pour la discrimination sucrée et pour la discrimination acide dans des purées de pommes

Paires	Discrimination sucrée		Discrimination acide	
	Nb réponses correctes (/260)	p (calculée)	Nb réponses correctes (/260)	p (calculée)
P1	180	$p=2,6 \times 10^{-10}$	192	$p=3,6 \times 10^{-15}$
P2	205	$p < 2,2 \times 10^{-16}$	200	$p < 2,2 \times 10^{-16}$
P3	244	$p < 2,2 \times 10^{-16}$	236	$p < 2,2 \times 10^{-16}$
P4	252	$p < 2,2 \times 10^{-16}$	247	$p < 2,2 \times 10^{-16}$

3.4) Conclusion

Les données bibliographiques relatives aux capacités de discrimination gustative des personnes âgées sont encore à ce jour très limitées. De plus, la plupart des études ont été réalisées avec des solutions modèles, assez éloignées des aliments réels. Nos résultats ont montré qu'un groupe de personnes âgées autonomes était capable de discriminer des paires d'échantillons sur la base d'une différence d'intensité sucrée (200 g/kg versus 210 g/kg, différence de 10 g/kg de saccharose) ou acide (4,71 g/kg versus 4,96 g/kg, différence de 0,25 g/kg d'acide malique). Cette étude apporte des connaissances quant aux capacités de discrimination des personnes âgées, en solutions aqueuses ainsi qu'en purées de pommes. De plus, ils serviront de base de référence dans la suite de l'étude où nous essaierons de comprendre quels sont les facteurs pouvant modifier ces capacités de discrimination.

4. Quels sont les facteurs pouvant impacter les capacités de discrimination

L'état de l'art de cette thèse a révélé que la matrice utilisée pour mesurer des capacités sensorielles pouvait influencer lesdites capacités. Parfois, passer d'une solution aqueuse à un aliment réel diminue la perception sensorielle, alors que parfois, elle l'augmente. Aucune étude n'a été réalisée à ce sujet à propos de la discrimination gustative chez les personnes âgées. Ensuite, à cause des interactions sensorielles pouvant intervenir dans un aliment réel, il est légitime de s'interroger sur les effets de ces interactions de saveurs sur les capacités de discrimination. Le sucre et l'acide ayant des effets masquant réciproques (Keast & Breslin, 2002), nous émettons l'hypothèse qu'une faible différence de sucre ne sera pas discriminée dans une purée de pommes contenant un niveau d'acide haut. De la même façon, une faible différence d'acide ne sera pas discriminée dans une purée de pommes contenant un niveau de sucre haut. Au vu des diminutions des performances survenant dans les autres capacités sensorielles (détection, intensité perçue, etc.) avec l'âge et la dépendance, nous pensons que ces facteurs seront également liés à des capacités de discrimination gustative plus faibles. Enfin, au début de ce chapitre, nous avons mis en évidence trois groupes de performances sensorielles. Nous testerons alors le lien entre ces groupes et les capacités de discrimination.

Au cours de cette partie du chapitre, nous testerons ces hypothèses afin d'évaluer l'impact de quatre facteurs sur les capacités de discrimination : la matrice utilisée (solutions aqueuses versus purées de pommes), les interactions de saveurs, l'âge et les groupes de performances sensorielles.

4.1) Effet de la matrice utilisée

a) Jeux de données et analyses statistiques

Les capacités de discrimination pour le sucré et l'acide ont été mesurées dans des solutions aqueuses en France et dans des purées de pommes en France (n=69) et en Pologne (n=61). Afin d'évaluer l'impact de la matrice sur les capacités de discrimination, des corrélations de Spearman ont été réalisées sur les scores obtenus en solutions aqueuses et en purées de pommes. L'étude des corrélations impliquant des effectifs identiques, l'analyse a été réalisée uniquement sur les résultats des autonomes en France.

b) Résultats

Les résultats des corrélations sont présentés dans le Tableau 22 et montrent qu'une corrélation positive significative existe entre la discrimination acide mesurée en solutions et la discrimination acide mesurée en purée de pommes. Les analyses révèlent également une corrélation positive significative entre la discrimination acide dans l'eau et la discrimination sucrée ; que cette dernière soit mesurée dans l'eau ($R=0,242$, $p<0,05$) ou en purées de pommes ($R=0,265$, $p<0,05$). Toutefois, malgré une significativité statistique, notons que les corrélations restent faibles ($R<0,3$ dans tous les cas).

Tableau 22 : Matrice des coefficients R de corrélation (Spearman) entre les scores de discrimination sucrée et acide mesurée en solutions aqueuses et en purées de pommes

Saveur discriminée	Matrice	Sucrée		Acide	
		Solution	Purée	Solution	Purée
Sucrée	Solution	1			
	Purée	0,177	1		
Acide	Solution	0,242 *	0,265 *	1	
	Purée	0,063	0,230	0,280 *	1

* $p<0,05$

Au-delà des corrélations, les résultats individuels ont été analysés afin de mettre en évidence certains profils de performance. Un participant peut être classé comme « performant » s'il obtient plus de 50% de réponses correctes pour une épreuve de discrimination. Ainsi, différents profils peuvent être établis si le participant a été performant pour les tests de discrimination en solutions, en purées de pommes, les deux ou aucun. Les effectifs de ces profils sont présentés dans le Tableau 23. Parmi les 69 personnes âgées en France, une majorité d'entre elles ont été performantes pour discriminer les saveurs à la fois dans l'eau et dans la purée de pommes : 59% (discrimination sucrée) et 78% (discrimination acide). Toutefois, pour 20% et 33% des participants, leurs performances de discrimination sont plus élevées en purées de pommes qu'en solutions aqueuses.

Tableau 23 : Profils de performances individuelles aux tests de discrimination gustative

Résultats discrimination	Discrimination sucrée		Discrimination acide	
	n	%	n	%
Performants en solutions et en purées de pommes	54	78	41	59
Performants en purées de pommes uniquement	14	20	23	33
Performants en solutions uniquement	0	0	4	6
Faibles partout	1	1	1	1

« Performant » correspond à plus de 50% de réponses correctes pour l'épreuve considérée. Autrement dit, un score de discrimination supérieur à 2/4 pour les solutions aqueuses et supérieur à 4/8 pour les purées de pommes

c) Conclusion

Dans nos conditions expérimentales, il semblerait que l'impact de la matrice utilisée soit relativement mineur sur les capacités de discrimination gustative mesurées. De plus, au vu des faibles corrélations entre les performances en solutions et en purées de pommes, nous pouvons nous interroger sur l'intérêt et le caractère prédictif des systèmes modèles vis-à-vis des perceptions en aliments réels ; ce qui supporte les résultats d'autres auteurs en bibliographie (Kremer, Bult, et al., 2007b; Mojet et al., 2005, 2003).

4.2) Effet des interactions de saveurs en purées de pommes

Dans une matrice complexe comme un aliment réel, les saveurs interagissent et des effets de masquage ou de synergie peuvent se produire (voir Keast & Breslin (2002) pour une revue complète). Nous pouvons donc émettre l'hypothèse qu'une concentration élevée d'acide pourrait masquer de faibles écarts de sucre et ainsi diminuer les performances de discrimination pour le sucré. De la même façon, une concentration élevée de sucre pourrait masquer de faibles écarts d'acide et donc diminuer les performances de discrimination pour l'acide.

a) Résultats

Pour la discrimination sucrée, en comparant les pourcentages de réponses globaux (toutes paires confondues), les résultats montrent que le groupe des personnes âgées autonomes (France et Pologne) obtient 85% de bonnes réponses à un niveau d'acide bas et 83% à un niveau d'acide haut. De la même façon pour l'analyse par paire, les pourcentages de bonnes réponses à un niveau d'acide haut ne sont pas significativement différents de ceux obtenus à un niveau d'acide bas ($\chi^2=0,11$; $p>0,05$; voir Figure 32).

Pour la discrimination acide, les mêmes conclusions peuvent être tirées. Au niveau global (toutes paires confondues), le groupe des personnes âgées obtient 84% de réponses correctes à un niveau de

sucre bas contre 82% à un niveau de sucre haut. L'analyse par paires révèle là encore des profils des réponses non significativement différents entre les niveaux de sucre bas et haut ($\chi^2=0,13$; $p>0,05$; voir Figure 33).

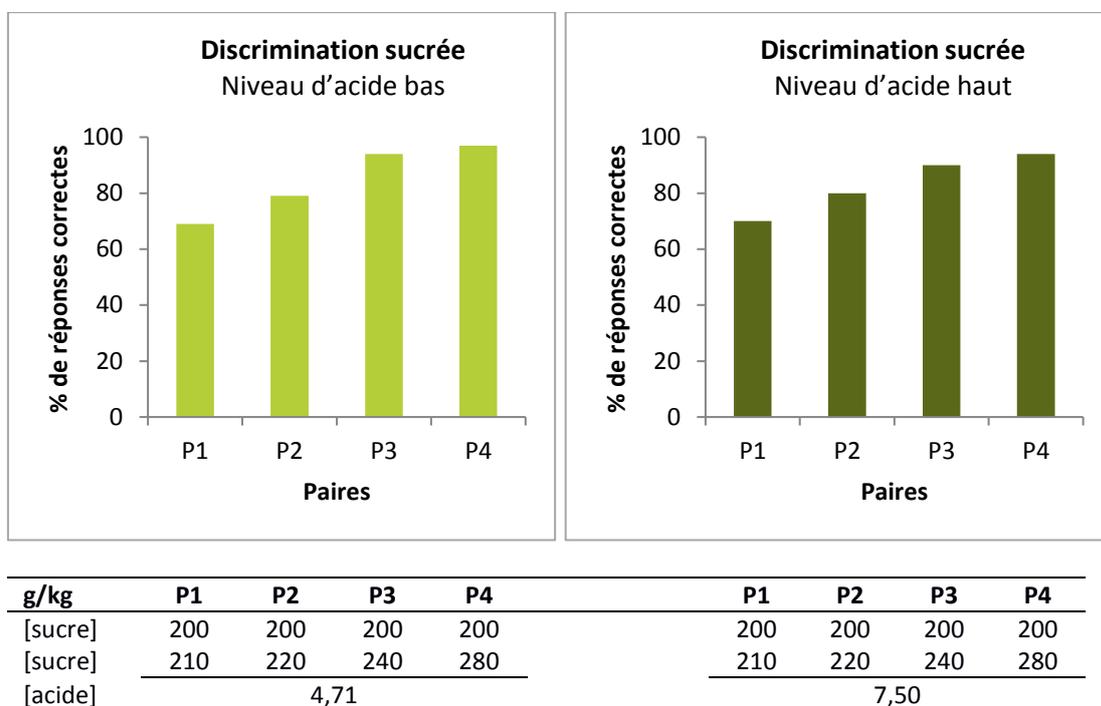


Figure 32 : Comparaison des pourcentages de réponses pour la discrimination sucrée en purées de pommes à un niveau d'acide bas (4,71 g/kg) et un niveau d'acide haut (7,50 g/kg)

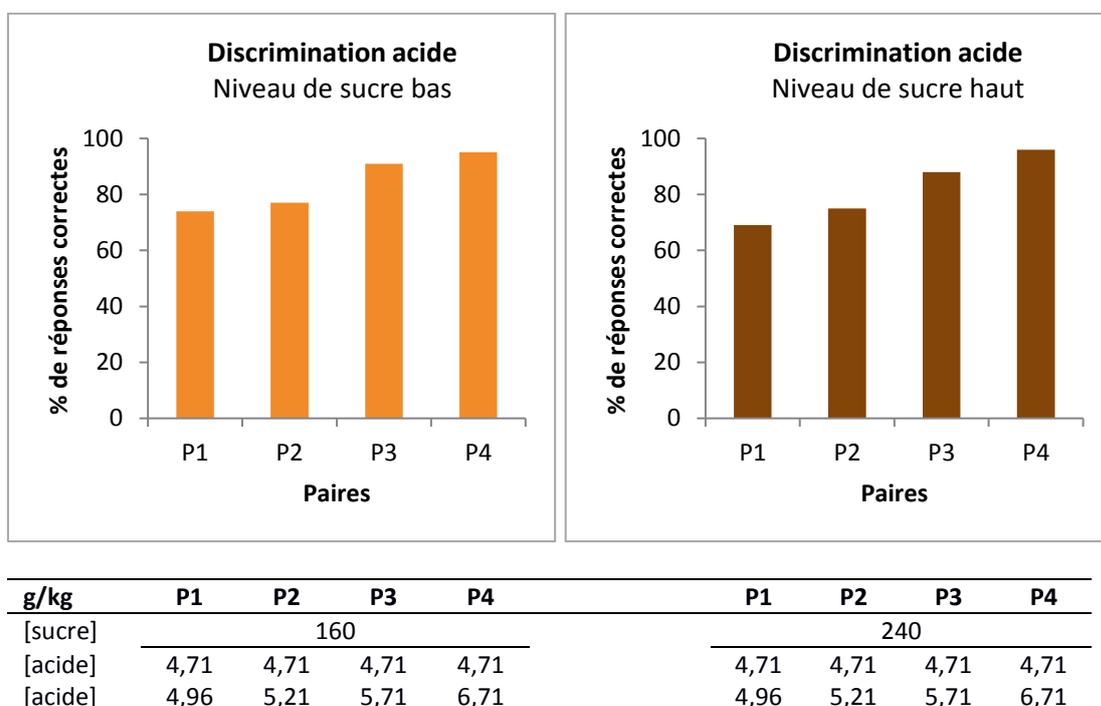


Figure 33 : Comparaison des pourcentages de réponses pour la discrimination acide en purées de pommes à un niveau de sucre bas (160 g/kg) et un niveau de sucre haut (240 g/kg)

b) Conclusion

Dans nos conditions expérimentales, les interactions de saveurs ne semblent pas affecter les performances de discrimination gustative d'une population de 130 personnes âgées autonomes. Ainsi, dans un cadre de variations réalistes des concentrations des composés sapides, les petits écarts de sucre n'ont pas été significativement plus difficiles à discriminer à un niveau d'acide élevé et les petits écarts d'acide n'ont pas été significativement plus difficiles à discriminer à un niveau élevé de sucre.

4.3) Effet de l'âge et de la dépendance

Plusieurs auteurs ont mis en évidence une diminution des performances sensorielles avec l'âge. Cependant, les capacités de discrimination ont jusque-là été très peu étudiées. De plus, les matrices utilisées étaient principalement des systèmes modèles (solutions sapides) et non des aliments réels. Nous nous sommes donc intéressés aux capacités de discrimination en purées de pommes de différents groupes d'âge en formulant l'hypothèse que, comme pour les autres capacités sensorielles, l'âge diminue les capacités de discrimination.

L'avancée en âge est souvent liée à une augmentation de la dépendance et de la fragilité. En bibliographie, la fragilité est une notion complexe à définir et deux modèles se font face : celui du « phénotype » de la fragilité et celui de « l'index » de fragilité (Clegg, Young, Iliffe, Rikkert, & Rockwood, 2013; Fried et al., 2001; Mitnitski, Mogilner, & Rockwood, 2001). Le modèle « phénotype » est défini sur des caractéristiques biologiques. Ainsi, la fragilité se caractérise par une perte de poids, une lenteur dans l'exécution des mouvements, une fatigue importante, etc. En parallèle, le modèle « index » de fragilité se base plutôt sur une accumulation de déficits. Dans ce cas, la fragilité peut être physiologique, psychologique ou encore sociale. Plusieurs questionnaires ont été développés pour mesurer l'état de fragilité des participants. Certains utilisent l'approche « phénotype » de la fragilité (Fried et al., 2001), d'autres l'approche « index » de fragilité (Gobbens, van Assen, Luijkx, Wijnen-Sponselee, & Schols, 2010b) ou encore un mix entre ces deux approches (de Souto Barreto, Greig, & Ferrandez, 2012). Tous ces critères seront à prendre en compte lors du choix du questionnaire pour mesurer l'état de fragilité des participants âgés.

a) Les participants recrutés

Trois groupes d'âge

Le premier groupe est constitué de « jeunes adultes ». Les personnes recrutées dans ce groupe devaient être âgées de 18 à 40 ans et répondre aux mêmes critères d'inclusion que les personnes âgées autonomes. Au total, 105 jeunes adultes ont été recrutés en France (n=65) et en Pologne (n=41). L'âge

moyen était de $28,3 \pm 5,8$ ans (France : $29,0 \pm 5,9$ ans ; Pologne : $27,2 \pm 5,7$ ans). Le second groupe d'âge étudié est le groupe des personnes âgées autonomes décrit précédemment, vivant à domicile. Enfin, le troisième groupe d'âge était composé d'un total de 36 personnes âgées dépendantes vivant en EHPAD. Pour des contraintes liées au projet de recherche OPTIFEL, ce groupe n'a été recruté qu'en France. Dans ce groupe, les participants étaient âgés de 79 à 95 ans avec un âge moyen de $87,1 \pm 4,8$ ans.

Niveaux de fragilité

Afin de mesurer l'état de fragilité au moment du test des participants âgés, un questionnaire simple, rapide et couvrant différents domaines de la fragilité était nécessaire. C'est pourquoi nous avons choisi d'utiliser le *Tilburg Frailty Index* (TFI) développé par Gobbens et collaborateurs (Gobbens, van Assen, Luijckx, Wijnen-Sponselee, & Schols, 2010a). Ce test se déroule en deux parties : les déterminants de la fragilité (partie A) et les composants de la fragilité (partie B). La partie A du questionnaire est utilisée dans un but de prévention alors que la partie B permet de mesurer l'état de fragilité actuel. C'est pour cela que, dans notre étude, les participants n'ont répondu qu'à la partie B du questionnaire. Cette partie comporte 15 questions fermées évaluant différents aspects de la fragilité : physiologique, psychologique et sociale. Un score final supérieur à 5/15 traduit un état de fragilité.

Etat cognitif

Là encore, il était nécessaire de s'assurer de l'état cognitif des participants. Ce choix est d'autant plus justifié par l'étude du groupe de personnes âgées vivant en EHPAD car plus à risque. L'état cognitif a été évalué grâce au test du MMSE. Ce test a été réalisé avec l'ensemble des personnes âgées incluses dans l'étude (130 autonomes et 36 dépendants). Les personnes au score MMSE inférieur à 21/30 n'ont pas été retenues pour l'étude.

b) Analyse statistique

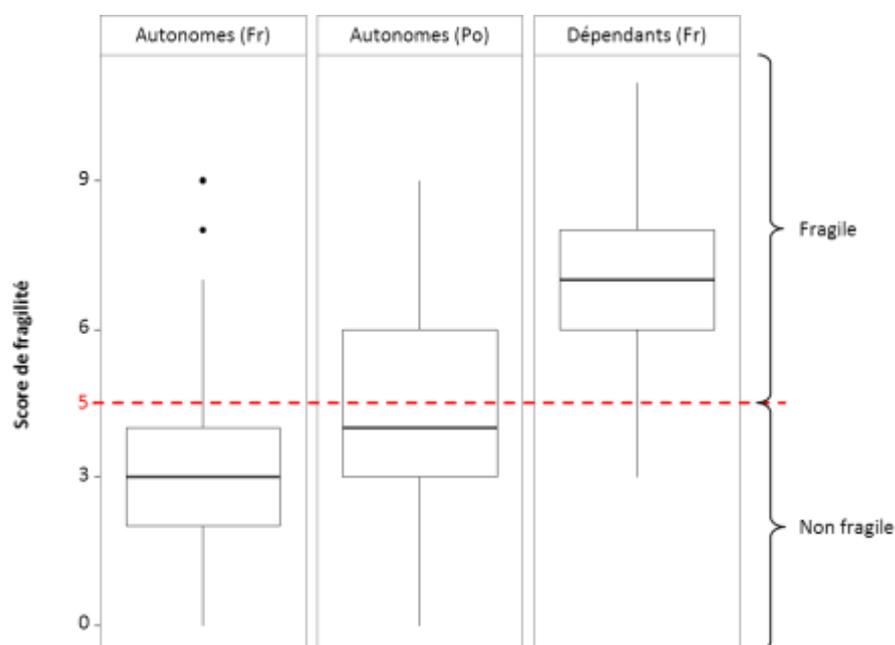
Au-delà de l'analyse des pourcentages de réponses correctes, nous avons également utilisé le modèle de Thurstone. Afin de comparer les performances de discrimination des jeunes adultes ($n=210$) et des personnes âgées autonomes ($n=260$), les valeurs de d' ont été calculées par paire et comparées entre ses deux groupes d'âge (package sensR). Plus la valeur de d' est importante, plus les performances de discrimination sont élevées. Notons que la comparaison n'a pas inclu le groupe des personnes âgées dépendantes du fait du faible effectif de ce groupe ($n=36$)

c) Résultats

Score de fragilité et état cognitif des participants âgés

En France comme en Pologne, plus de 70% des participants peuvent être considérés comme non fragiles (score de fragilité égal ou inférieur à 5/15). L'analyse des distributions de scores de fragilité chez les personnes âgées autonomes ne montre pas de différence significative entre la France et la Pologne ($\chi^2=2,20$; ddl=1 ; $p>0,05$). Les participants ont donc été regroupés pour la suite de l'analyse. Les scores de fragilité pour les groupes de personnes âgées autonomes et dépendantes sont détaillés grâce à des boîtes à moustaches dans la Figure 34. Pour le groupe des personnes âgées autonomes vivant à domicile, le score moyen de fragilité est de 3,8/15, alors qu'il est de 6,9/15 pour le groupe des personnes âgées dépendantes vivant en EHPAD. Un test t de Student sur les scores de fragilité révèle que le score moyen des dépendants est significativement plus élevé que celui des autonomes ($t=-6,50$; ddl=42,35 ; $p<0,001$).

Concernant le score du MMSE, tous les participants inclus ont obtenus un score supérieur ou égal à 21/30 avec un score moyen de 28,4 pour les autonomes et de 26,6 pour les dépendants. Bien que ces scores moyens soient significativement différents (test t de Student ; $t=6,38$; ddl=160,4 ; $p<0,001$), ils restent élevés et nous assurent d'un état cognitif suffisant des participants âgés.



La ligne pointillée rouge au score de 5 indique la limite à partir de laquelle le participant peut être considéré comme fragile (définie par Gobbens et collaborateurs, auteurs du questionnaire TFI)

Figure 34 : Boîtes à moustache des scores de fragilité pour les groupes de personnes âgées

Discrimination de la saveur sucrée

Les pourcentages de réponses correctes (question : *Quel échantillon est le plus sucré ?*) sont détaillés par paires, par groupes d'âge et par niveaux d'acide dans la Figure 35.

Chez les jeunes adultes, les résultats montrent que les pourcentages de réponses correctes augmentent quand la différence sensorielle entre les échantillons augmente également. Autrement dit, plus les échantillons d'une même paire ont une grande différence de saccharose, plus il est facile pour les participants de discriminer ces échantillons. Les pourcentages de réponses correctes varient entre 68% et 71% pour la paire la plus difficile (paire P1, respectivement niveau d'acide bas et haut) et entre 98% et 96% pour la paire la plus simple à discriminer (paire P4, respectivement niveau d'acide bas et haut) ; ces valeurs étant comparables à celles observées chez les personnes âgées autonomes (respectivement 69%, 70%, 97% et 94%). D'après la norme NF ISO 5495:2005(F), toutes les paires ont été significativement discriminées par le groupe des jeunes adultes au seuil de 1% (nombre minimum de réponses correctes : 128), que ce soit à un niveau d'acide bas ou à un niveau d'acide haut (Tableau 24).

Chez les personnes âgées dépendantes, en revanche, les pourcentages de réponses correctes sont plus faibles pour les deux paires les plus difficiles à discriminer (Figure 35). Ils varient entre 61% pour la paire P1 (écart de 10 g/kg de sucre entre les échantillons) et 44% pour la paire P2 (écart de 20 g/kg de sucre). D'après la norme NF ISO 5495:2005(F), les échantillons de ces deux paires n'ont pas été significativement discriminés au seuil de 5% par le groupe des personnes âgées dépendantes (nombre minimum de réponses correctes : 24). En revanche, le groupe des personnes âgées dépendantes a été capable de significativement discriminer les échantillons des paires P3 (écart de 40 g/kg de sucre) et P4 (écart de 80 g/kg de sucre). Les nombres de réponses correctes et les p-values exactes calculées sont présentés dans le Tableau 24.

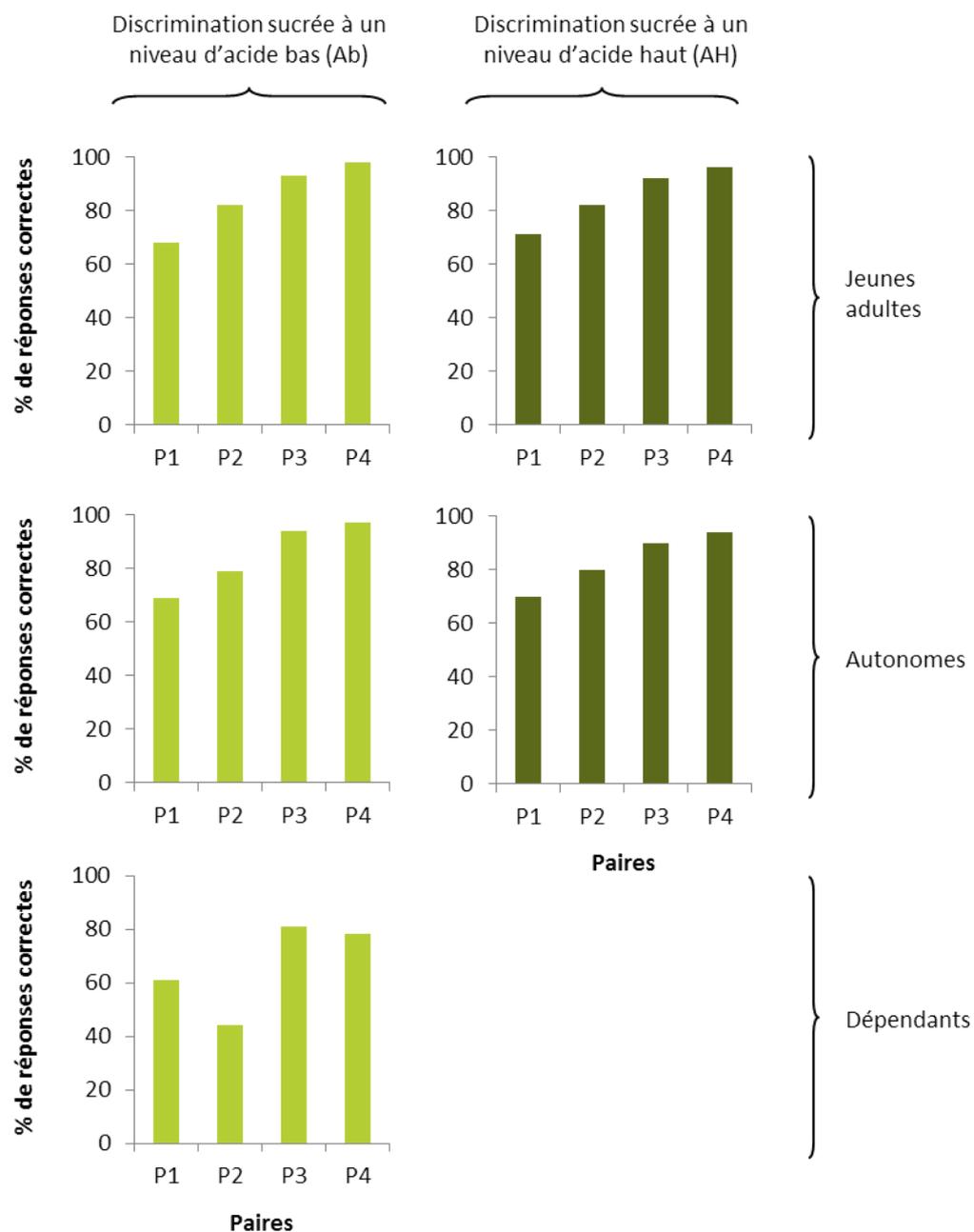


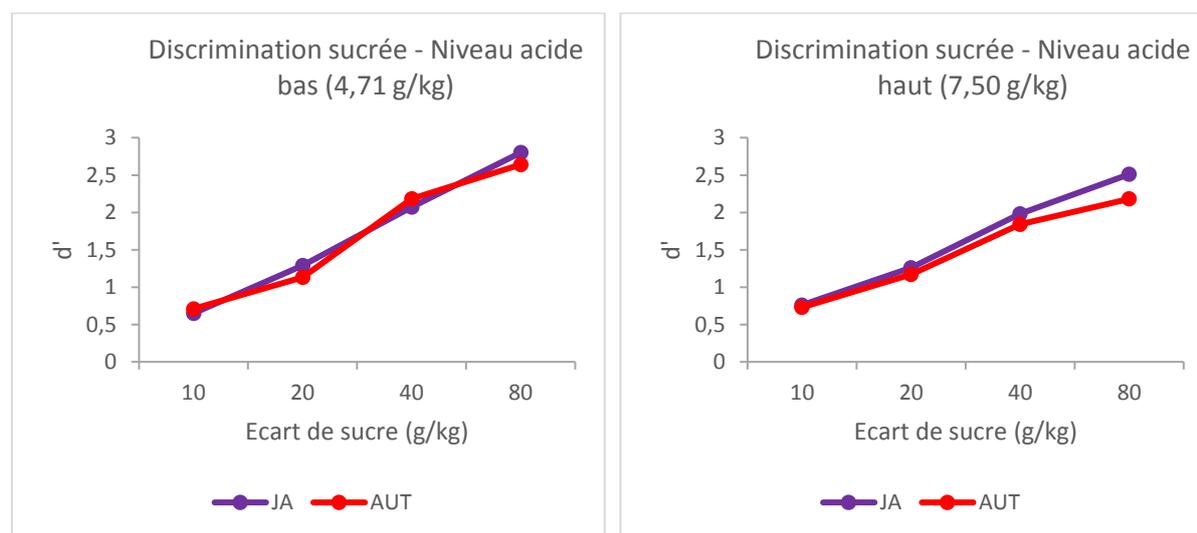
Figure 35 : Pourcentages de réponses (question : Quel échantillon est le plus sucré ?) détaillés par paires et par groupes d'âge pour la discrimination sucrée

Tableau 24 : Nombre de réponses correctes et p-values associées pour la discrimination sucrée en purées de pommes

Groupe	n	Paires	Niveau acide bas		Niveaux acide haut	
			Nb réponses correctes	p (calculée)	Nb réponses correctes	p (calculée)
JA	210	P1	142	$p=1,8 \times 10^{-7}$	148	$p=1,4 \times 10^{-9}$
		P2	172	$p < 2,2 \times 10^{-16}$	171	$p < 2,2 \times 10^{-16}$
		P3	195	$p < 2,2 \times 10^{-16}$	193	$p < 2,2 \times 10^{-16}$
		P4	205	$p < 2,2 \times 10^{-16}$	202	$p < 2,2 \times 10^{-16}$
AUT	260	P1	180	$p=2,6 \times 10^{-10}$	181	$p=1,1 \times 10^{-10}$
		P2	205	$p < 2,2 \times 10^{-16}$	207	$p < 2,2 \times 10^{-16}$
		P3	244	$p < 2,2 \times 10^{-16}$	235	$p < 2,2 \times 10^{-16}$
		P4	252	$p < 2,2 \times 10^{-16}$	244	$p < 2,2 \times 10^{-16}$
DEP	36	P1	22	$p=0,1215$	-	-
		P2	16	$p=0,7975$	-	-
		P3	29	$p=1,6 \times 10^{-4}$	-	-
		P4	28	$p=6,0 \times 10^{-4}$	-	-

JA : jeunes adultes ; AUT : personnes âgées autonomes ; DEP : personnes âgées dépendantes
n : nombre total de réponses

Les valeurs de d' sont illustrées dans la Figure 36 pour la discrimination sucrée à un niveau d'acide bas (gauche) et un niveau d'acide haut (droite). Pour chacune des paires, les comparaisons montrent que les valeurs de d' ne sont jamais significativement différentes entre les jeunes adultes et les personnes âgées autonomes ($p > 0,05$ pour toutes les paires).



JA : jeunes adultes ; AUT : personnes âgées autonomes ; DEP : personnes âgées dépendantes

Figure 36 : Valeurs de d' pour la discrimination sucrée, détaillées par écart de sucre et groupes d'âge

Discrimination de la saveur acide

Les pourcentages de réponses correctes (question : *Quel échantillon est le plus acide ?*) sont détaillés par paires, par groupes d'âge et par niveaux de sucre dans la Figure 37.

Comme pour la discrimination sucrée, les résultats des jeunes adultes montrent des profils de réponses très similaires à ceux des personnes âgées autonomes. Les pourcentages de réponses correctes augmentent quand les paires deviennent plus faciles à discriminer. Ils varient entre 64% et 66% pour la paire P1 (écart de 0,25 g/kg d'acide malique entre les échantillons) et atteignent 96% et 98% pour la paire P4 (écart de 2 g/kg d'acide malique entre les échantillons). Pour rappel, les personnes âgées autonomes obtenaient respectivement 74%, 69%, 95% et 96% pour ces mêmes paires. Là encore, toutes les paires ont été significativement discriminées par le groupe des jeunes adultes au seuil de 1‰ (nombre minimum de réponses correctes : 128 ; norme NF ISO 5495:2005(F). Les nombres de réponses correctes et les p-values exactes calculées sont présentés dans le Tableau 25.

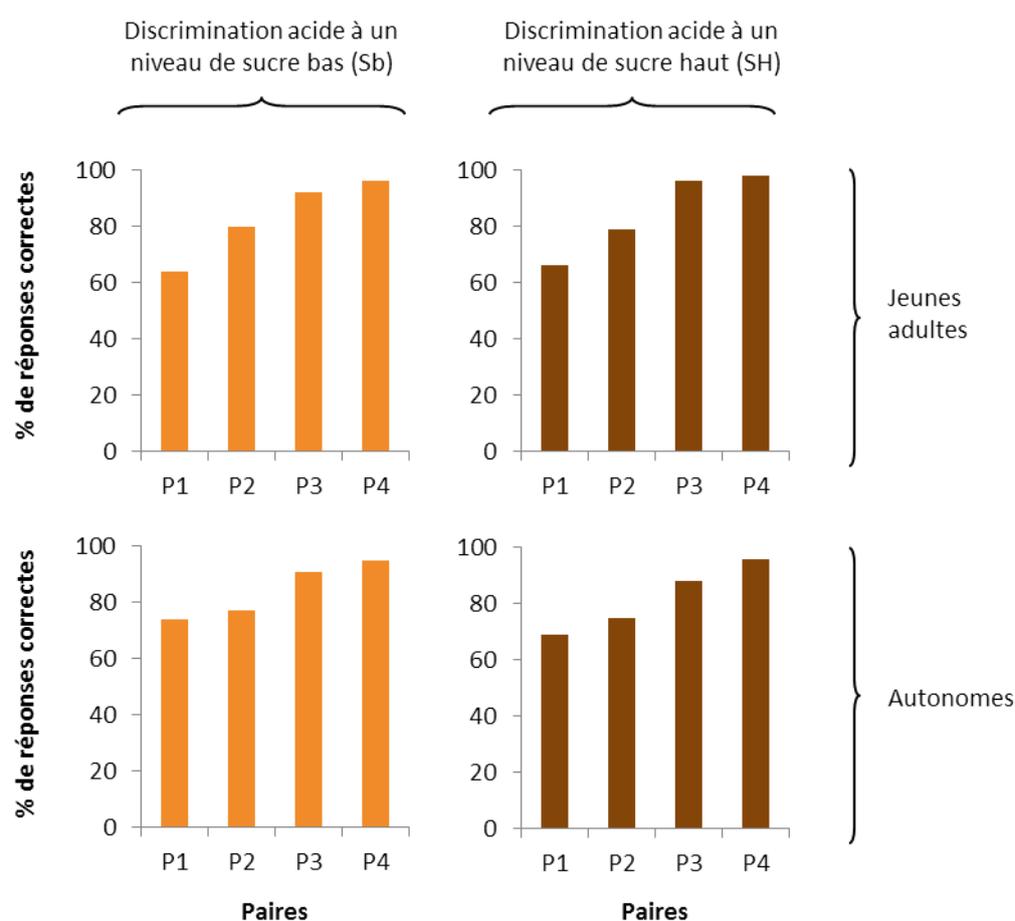


Figure 37 : Pourcentages de réponses (question : *Quel échantillon est le plus acide ?*) détaillés par paires et par groupes d'âge pour la discrimination acide

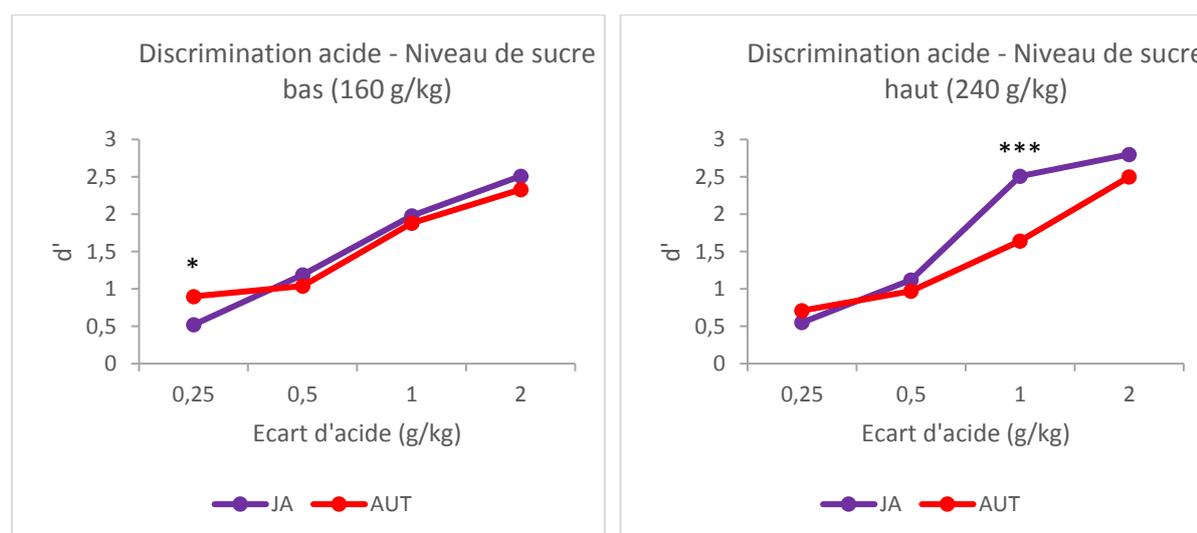
Tableau 25 : Nombre de réponses correctes et p-values associées pour la discrimination acide pour le groupe des jeunes adultes à un niveau de sucre bas et haut

Groupe	n	Paires	Niveau sucre bas		Niveaux sucre haut	
			Nb réponses correctes	p (calculée)	Nb réponses correctes	p (calculée)
JA	210	P1	135	$p=2,1 \times 10^{-5}$	137	$p=6,0 \times 10^{-6}$
		P2	168	$p<2,2 \times 10^{-16}$	165	$p<2,2 \times 10^{-16}$
		P3	193	$p<2,2 \times 10^{-16}$	202	$p<2,2 \times 10^{-16}$
		P4	202	$p<2,2 \times 10^{-16}$	205	$p<2,2 \times 10^{-16}$
AUT	260	P1	192	$p=3,6 \times 10^{-15}$	180	$p=2,6 \times 10^{-10}$
		P2	200	$p<2,2 \times 10^{-16}$	196	$p<2,2 \times 10^{-16}$
		P3	236	$p<2,2 \times 10^{-16}$	228	$p<2,2 \times 10^{-16}$
		P4	247	$p<2,2 \times 10^{-16}$	250	$p<2,2 \times 10^{-16}$

JA : jeunes adultes ; AUT : personnes âgées autonomes

n : nombre total de réponses

La Figure 38 présente les valeurs de d' pour la discrimination acide à un niveau de sucre bas (gauche) et un niveau de sucre haut (droite). La comparaison des valeurs de d' montre que le groupe des personnes âgées autonomes a été significativement plus discriminant que le groupe des jeunes adultes pour un écart de 0,25 g/kg d'acide à un niveau de sucre bas ($d'_{JA}=0,52$; $d'_{AUT}=0,90$; $p=0,025$). Au contraire, le groupe des jeunes adultes a été significativement plus discriminant que les personnes âgées autonomes pour un écart de 1 g/kg d'acide à un niveau haut de sucre ($d'_{JA}=2,51$; $d'_{AUT}=1,64$; $p=0,001$). Pour toutes les autres paires, les valeurs de d' ne sont pas significativement différentes entre les deux groupes d'âge.



JA : jeunes adultes ; AUT : personnes âgées autonomes ; DEP : personnes âgées dépendantes

* $p<0,05$; *** $p<0,001$

Figure 38 : Valeurs de d' pour la discrimination acide, détaillées par écart d'acide et groupes d'âge

d) Conclusions

Au vu des résultats, il semblerait que les capacités de discrimination gustative soient relativement résistantes aux effets de l'âge jusqu'à environ 80 ans ; ce qui est en accord avec de précédentes études (Gilmore & Murphy, 1989; Mojet et al., 2003) mais va à l'encontre d'autres (Gilmore & Murphy, 1989; Kaneda et al., 2000). Ainsi, lorsque les saveurs varient selon une plage de concentrations « réalistes » (i.e., communément trouvées dans le commerce), le groupe de personnes âgées autonomes est aussi performant que le groupe des jeunes adultes pour différencier des purées de pommes avec un écart minimal de 10 g/kg de sucre ou de 0,25 g/kg d'acide malique.

Toutefois, il semblerait possible que les capacités de discrimination pour la saveur sucrée soient plus faibles chez un groupe de personnes âgées dépendantes et plus âgées. Pour ces participants il serait nécessaire d'avoir une différence d'au moins 40 g/kg de sucre pour pouvoir différencier des purées de pommes. Des études complémentaires sont nécessaires pour enrichir ces résultats et conclure sur l'effet de l'âge et de la dépendance sur les capacités de discrimination gustative au-delà de 80 ans.

4.4) Effet des groupes de performances sensorielles

Au début de ce chapitre, nous avons évalué les performances sensorielles des personnes âgées autonomes en systèmes modèles et avons mis en évidence trois grands profils de performances. Le groupe 1 (n=16) présentait une diminution des capacités sensorielles surtout observée pour l'olfaction, le groupe 2 (n=67) avait les meilleures capacités sensorielles et enfin le groupe 3 (n=47) avec une diminution principalement de la gustation. Nous pouvons alors nous demander si ces capacités sensorielles vont de pair avec les capacités de discrimination en purée de pommes. Ainsi, nous testerons l'hypothèse que les capacités de discrimination sont plus faibles chez le groupe 3 dont la gustation est altérée.

a) Jeux de données et analyses statistiques

Les trois groupes de performances sensorielles ont été obtenus avec la population des 130 personnes âgées autonomes, en France et en Pologne. L'impact de ces groupes de performances sur les capacités de discrimination sera évalué grâce à une ANOVA à trois facteurs : pays, groupes de performances sensorielles ainsi que l'interaction entre ces deux facteurs. Dans le cas où un facteur serait significatif, des tests post-hoc LSD seront réalisés. L'ensemble des analyses statistiques ont été menées avec le logiciel R (version 3.1.2).

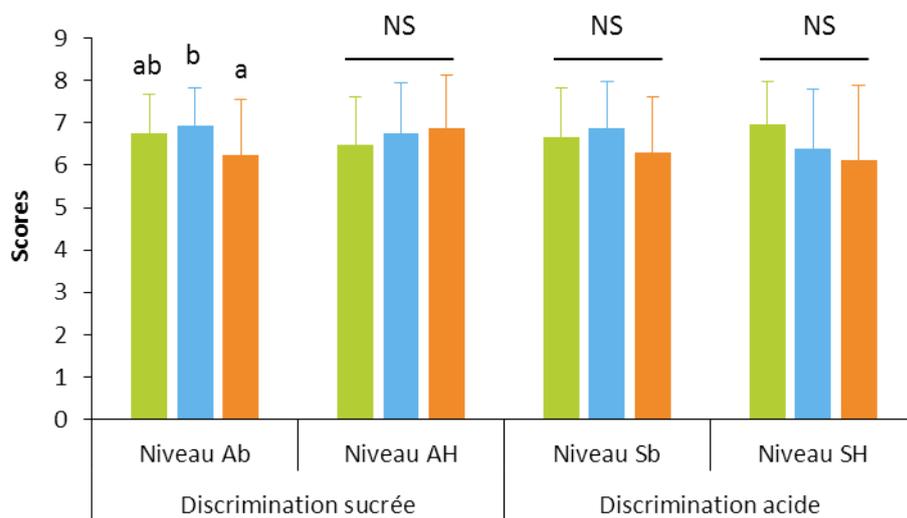
b) Résultats

Les scores obtenus aux tests de discrimination (nombre de réponses correctes) par chacun des trois groupes sont présentés dans la Figure 39. Nous pouvons observer que, pour les participants du groupe

3 (diminution de la gustation), les scores de discrimination sont toujours plus faibles comparés aux autres groupes (excepté pour la discrimination sucrée à un niveau d'acide haut).

Les résultats de l'ANOVA montrent que le facteur pays et l'interaction pays x groupes de sensorielles n'ont pas d'effet significatif sur les capacités de discrimination (voir

Tableau 26 pour les valeurs de F et les niveaux de significativité associés). Les groupes de performances sensorielles n'ont globalement pas d'effet significatif sur les performances de discrimination, sauf pour la discrimination sucrée, mais uniquement à un niveau d'acide bas. Toutefois, il est important de remarquer que les valeurs de F (3,224) et de p ($p=0,043$) sont faibles.



Ab : discrimination sucrée à un niveau d'acide bas
 AH : discrimination sucrée à un niveau d'acide haut

Sb : discrimination acide à un niveau de sucre bas
 SH : discrimination acide à un niveau de sucre haut

■ Groupe 1 (↘ olfaction) ■ Groupe 2 (meilleures performances) ■ Groupe 3 (↘ gustation)

Figure 39 : Scores obtenus aux tests de discrimination gustative en purées de pommes pour les trois groupes de performances sensorielles

Tableau 26 : Valeurs de F et significativité associées à l'ANOVA

Facteurs	Discrimination sucrée		Discrimination acide	
	Acide bas	Acide haut	Sucre bas	Sucre haut
Groupes	3,224 *	1,087	1,573	2,432
Pays	1,084	0,030	0,461	2,019
Groupes x Pays	2,598	0,261	1,605	0,477

* : seule la valeur de F en gras est associée à une p-value significative ($p=0,043$)

4.5) Discussion et conclusion

Dans ce paragraphe, nous avons étudié les capacités de discrimination gustatives. Nos résultats apportent des connaissances complémentaires quant aux performances de discrimination dans un système modèle (solution aqueuse) et dans un aliment réel (purée de pommes).

Nous avons tout d'abord montré que les mesures de discrimination gustative en solutions et en purées de pommes sont peu liées ; ce qui semble en accord avec les résultats présentés dans l'état de l'art de cette thèse. Ceci questionne réellement sur l'intérêt et le caractère prédictif des systèmes modèles vis-à-vis des perceptions en aliments réels ; interrogation soulevée récemment par une partie de la communauté scientifique (Kremer, Bult, et al., 2007b; Mojet et al., 2005, 2003). Cette faible liaison pourrait également refléter un manque de robustesse de la méthodologie employée. En effet, le test par paire implique de choisir entre deux possibilités de réponses ; augmentant ainsi le risque d'obtenir des réponses correctes mais données au hasard (une chance sur deux de trouver la réponse correcte).

Dans nos conditions expérimentales, il s'est avéré que le groupe des personnes âgées autonomes était aussi performant que le groupe des jeunes adultes à discriminer des échantillons de purées de pommes sur la base d'une différence de seulement 10 g/kg de saccharose ou de 0,25 g/kg d'acide malique. Des études précédentes sur des solutions aqueuses (un composé sapide dilué dans l'eau) ont montré que les capacités de discrimination des personnes âgées étaient préservées pour la saveur sucrée mais pas pour l'acide (Gilmore & Murphy, 1989). Toujours en solutions aqueuses, d'autres auteurs ont récemment montré que les performances de discrimination étaient préservées avec l'âge, et ce, pour les cinq saveurs (Mojet et al., 2003). En 2003, Mojet et collaborateurs ont également tiré la même conclusion que pour les systèmes modèles, mais en étudiant des matrices alimentaires réelles : thé glacé, boisson chocolatée, mayonnaise, soupe de tomates et bouillon. Autrement dit, les capacités de discrimination des personnes âgées semblent préservées pour les cinq saveurs, même avec des aliments réels. La plus petite différence discriminée était de 11,09 g/l de sucre (saccharose) et 0,069 g/l (acide acétique) ou 0,005 g/l (acide citrique) pour l'acide. En 1989, CoSeteng, McLellan, & Downing ont comparé l'acidité perçue de différents acides et ont montré que, pour une même concentration, l'acide malique était perçu moins acide que l'acide acétique, mais plus que l'acide citrique. Il est

également important de noter que les concentrations totales des composés sapides différaient entre les expériences. Alors que nous avons utilisé des échantillons avec 200-210 g/kg de sucre ou 4,71-4,96 g/kg d'acide malique, Mojet et collaborateurs ont utilisé des concentrations plus faibles de l'ordre de 42,9-53,9 g/kg de sucre, 0,27-0,34 g/kg d'acide acétique et 0,019-0,024 g/kg d'acide citrique. En utilisant des aliments réels, nos résultats complètent donc ceux de Mojet et al. (2003) en y ajoutant des connaissances sur la discrimination de l'acide malique et en explorant des concentrations de sucre plus faibles.

Au-delà du design expérimental complet réalisé sur les capacités de discrimination gustative des jeunes adultes et des personnes âgées autonomes, nous avons également mesuré la discrimination sucrée, à un niveau d'acide bas, chez des personnes vivant en EHPAD ; ce qui est totalement nouveau. Nos résultats ont montré que les performances de discrimination pour le sucré semblaient diminuer lorsque l'écart de sucre entre les échantillons s'affaiblissait. Ainsi, dans nos conditions expérimentales, avec une différence de 10 g/kg ou 20 g/kg de sucre, seulement 44% et 61% des participants âgés dépendants ont trouvé l'échantillon le plus sucré (avec une chance sur deux de répondre correctement au hasard). Il semblerait donc possible que, au-delà de 80 ans, un déclin survienne pour les capacités de discrimination gustative. Toutefois, certaines considérations sont à prendre en compte face à ces résultats. Premièrement, nous avons vu que ces personnes vivant en EHPAD étaient plus âgées, mais également plus dépendantes et fragiles avec un score de fragilité plus élevé que celui des personnes âgées autonomes vivant à domicile. Notons qu'il est difficile ici de séparer les facteurs âge et fragilité. Ainsi, l'âge seul ne semble pas suffisant pour expliquer ces diminutions sensorielles. Des études sont nécessaires pour évaluer séparément l'impact de l'âge et de la fragilité afin de pouvoir conclure quant à leurs effets respectifs sur les capacités de discrimination. La seconde considération à prendre en compte est d'ordre méthodologique. En effet, cette population en EHPAD, l'étude des capacités de discrimination gustative s'est résumée à la saveur sucrée et a consisté en une seule séance, uniquement en France et avec 36 participants. Ce design adapté s'explique par des contraintes imposées par le calendrier du projet de recherche OPTIFEL. Ainsi, il est difficile, voire incorrect, de comparer ce groupe de personnes âgées dépendantes (n=36) avec des groupes aux effectifs plus conséquents. Ces travaux constituent donc la première pierre d'un édifice encore à bâtir. En d'autres termes, l'étude des personnes âgées dépendantes mérite d'être complétée et approfondie. Des études futures sont à mener avec un effectif plus important et en étudiant également les capacités de discrimination pour la saveur acide.

Utiliser des aliments réels implique de prendre en compte les interactions de saveurs pouvant intervenir lors de la dégustation. Notre design expérimental nous a permis d'étudier ces interactions de saveurs : l'impact de deux concentrations d'acide malique sur la discrimination sucrée, ainsi que

l'impact des deux concentrations de sucre sur la discrimination acide. Bien que les profils sensoriels confirment cette interaction sucre-acide, aucun effet de cette interaction n'a été significatif, dans nos conditions, sur les capacités de discrimination. Une différence de 10 g/kg de sucre a été significativement discriminée par le groupe des personnes âgées autonomes, indépendamment du niveau d'acide malique (4,71 g/kg ou 7,5 g/kg). De la même façon, le groupe des personnes âgées autonomes a été capable de discriminer des échantillons avec une différence de 0,25 g/kg d'acide malique, tant à un niveau bas (160 g/kg) qu'à un niveau haut (240 g/kg) de sucre. En 2000, Kaneda et al. ont comparé les capacités de discrimination de 20 personnes âgées et de 20 jeunes adultes en utilisant des solutions modèles avec différents ratios sucre-acide. Les participants ont évalué des échantillons dans lesquels les deux composés sapides (saccharose et acide tartrique) variaient en même temps. Leurs résultats ont montré que le groupe des personnes âgées était capable de discriminer les mixtures ayant une différence de 34,57 g/kg de sucre et 0,11 g/kg d'acide tartrique ; mais pas avec une différence de 16,77 g/kg de sucre et 0,057 g/kg d'acide tartrique. Comme les deux composés sapides variaient en même temps, il est difficile de conclure sur les capacités de discrimination uniquement sucrée ou acide. Dans notre étude, nous avons utilisé des tests spécifiques pour mesurer les performances de discrimination sucrée et acide (la concentration d'un seul composé sapide varie entre les échantillons) et ainsi pouvoir conclure indépendamment pour chaque saveur.

En comparant les capacités de discrimination gustative en solutions aqueuses et en purées de pommes, nous avons montré que certains participants étaient plus performants en purées de pommes. Une hypothèse pour expliquer ce phénomène serait que l'ajout de sucre ou d'acide dans les purées de pommes ait modifié les saveurs, mais également d'autres stimuli sensoriels. Des études internes ont montré qu'ajouter du sucre dans une purée de pommes la rendait plus fluide et augmentait les arômes perçus de pomme cuite. Ainsi, une meilleure performance de discrimination en purées de pommes pourrait être due à la variation de saveurs et/ou de la texture et/ou des arômes perçus.

Les choix méthodologiques effectués pour mesurer les capacités de discrimination peuvent également être discutés. Nous avons choisi d'utiliser des tests de comparaisons à choix forcé par paire (2-AFC). En demandant aux participants quel échantillon est le plus sucré (par exemple), les participants avaient une chance sur deux de trouver la bonne réponse ; ce qui peut paraître assez simple. Cependant, des auteurs ont récemment questionné les méthodologies utilisées en analyse sensorielle avec les personnes âgées. Leurs recommandations étaient de remplacer les tests triangulaires ou tétrades par les tests par paires ou les duo-trio. Ces méthodes sont plus adaptées à la fragilité, à l'attention limitée et à la mémoire de travail plus courte des personnes âgées (Issanchou, 2015; Maitre et al., 2015) Du fait de l'expérience en EHPAD, avec une population plus âgée et plus fragile, le test par paire était plus

adapté. Enfin, nous avons décidé de garder le même test de discrimination pour le groupe des jeunes adultes et celui des personnes âgées autonomes afin de pouvoir comparer les performances obtenues entre tous les groupes d'âge. Comme le montre une récente revue bibliographique, il est important d'adapter les méthodes sensorielles aux populations âgées. D'autres études sont nécessaires pour évaluer si les méthodes plus simples (2-AFC, test de préférence par paires) permettent réellement d'obtenir des résultats plus fiables et/ou une meilleure comparaison entre les différents groupes (Methven, Jiménez-Pranteda, & Lawlor, 2016).

Enfin, une question pourrait être adressée : les écarts de concentrations étaient-ils trop importants et les échantillons trop simples à discriminer pour pouvoir mettre en évidence une différence entre le groupe des jeunes adultes et celui des personnes âgées autonomes ? Les échantillons de la paire P1 ont été créés afin d'être très proches en terme de perceptions sucré ou acide. Des panelistes experts n'ont pas donné de notes significativement différentes pour les échantillons de cette paire ; ni pour le sucré, ni pour l'acide. Le profil sensoriel est une épreuve monadique séquentielle. Il est donc moins efficace pour discriminer des produits par rapport à des tests de différence, mais ces résultats soutiennent le fait que les échantillons de la paire P1 sont sensoriellement très proches. Les résultats du profil sensoriel montrent également qu'augmenter la concentration de sucre tend à réduire la perception acide ; tant à un niveau bas qu'à un niveau haut d'acide. De plus, augmenter la concentration d'acide malique tend à réduire la perception sucrée, mais uniquement à un niveau bas de sucre. Ces résultats supportent les conclusions présentes en bibliographie montrant que le sucre et l'acide ont des effets de masquage mutuel (Pelletier, Lawless, & Horne, 2004; Stevens, 1996) et qui sont concentration-dépendants (pour une revue complète, voir Keast & Breslin, (2002). Concernant les paires P1, les valeurs de d' étaient faibles (0,52 pour la plus basse) ; traduisant que les deux échantillons de la paire sont sensoriellement très proches. Il aurait été intéressant de tester des variations de concentrations encore plus petites entre les échantillons afin d'identifier les seuils de discrimination pour chacun des composés testés. Cependant, notre objectif n'était pas de trouver un seuil de discrimination, mais bien de travailler avec des concentrations communément trouvées dans le domaine des desserts de fruits. De plus, des variations minimales (inférieures à 10 g/kg de sucre ou 0,25 g/kg d'acide malique) n'auraient pas été réalistes en termes de production et d'un point de vue de l'industrie agro-alimentaire.

5. Lien entre capacités sensorielles et appréciation des purées de pommes

5.1) Introduction

En bibliographie, au vu de l'impact de l'âge sur les capacités sensorielles, certains auteurs ont émis l'hypothèse que ces pertes sensorielles pourraient engendrer une modification des préférences alimentaires (Duffy, Backstrand, & Ferris, 1995; Schiffman & Graham, 2000; Stevens, Bartoshuk, & Cain, 1984). Ainsi, plusieurs études se sont intéressées à l'appréciation par des personnes âgées d'aliments aux saveurs « renforcées », dont la concentration d'un composé sapide ou aromatique était plus importante que celle trouvée traditionnellement dans un aliment. La majorité de ces études ont montré un effet positif du renforcement ; les personnes âgées préférant significativement les variantes renforcées (pour une revue complète, lire Sulmont-Rossé et al., 2010). Toutefois, de récents résultats ne semblent pas supporter ces conclusions (Mojet et al., 2005). En mesurant l'optimum de préférence chez des jeunes adultes et des personnes âgées, il a été montré qu'un décalage de l'optimum de préférence intervenait chez les personnes âgées (de Graaf, van Staveren, & Burema, 1996; Mojet et al., 2005). Autrement dit, les personnes âgées ont significativement préféré les produits avec une saveur plus intense. Nous pouvons donc émettre l'hypothèse que des purées de pommes plus sucrées seront plus appréciées par des participants plus âgés.

Nous l'avons vu précédemment, il est nécessaire d'adapter les méthodologies sensorielles quand elles sont utilisées avec une population de personnes âgées (Issanchou, 2015; Maitre et al., 2015). Nous pouvons alors nous interroger sur la méthode à employer pour mesurer un niveau d'appréciation chez des personnes âgées. En bibliographie, deux types d'échelles sont couramment utilisés : les échelles visuelles analogiques (Cordelle, Lange, & Schlich, 2004; Kremer, Holthuysen, & Boesveldt, 2014; Kremer, Holthuysen, Nijenhuis, & Peppelenbos, 2012) et les échelles de Likert (Kozłowska et al., 2003; Laureati et al., 2006; Methven et al., 2010; Mojet et al., 2005). Dans le premier cas, les échelles visuelles analogiques sont des échelles de mesure continues se matérialisant par un segment d'une longueur fixe (généralement 10 cm). Ce segment est borné par deux termes (« je n'aime pas du tout » et « j'aime beaucoup ») soit à ses extrémités (Cordelle et al., 2004), soit à respectivement 10% et 90% de la longueur totale du segment (Kremer et al., 2014, 2012). Dans les deux cas, le participant indique son niveau d'appréciation du produit en plaçant un repère (trait, curseur, etc.) à l'endroit désiré sur le segment. La seconde échelle principalement utilisée (échelle de Likert) consiste en une échelle de mesure discrète. Ainsi, cette échelle regroupe une succession de neuf points, chacun indiquant un niveau d'appréciation distinct. Le premier point sur la gauche correspond à « je n'aime pas du tout », le point central (5) est neutre (« je ne peux pas dire si j'aime ou si je n'aime pas le produit ») et le neuvième point à droite correspond à « j'aime beaucoup ».

Bien que ces deux échelles soient couramment utilisées avec des personnes âgées, très peu d'études se sont intéressées à la validité d'utiliser ces outils sensoriels « classiques » avec une population âgée. Or, les personnes âgées constituent une population spécifique pour laquelle les méthodologies doivent être adaptées. Dans le cadre du projet AUPALESENS, Maitre et collaborateurs ont développé une échelle de Likert en sept points où chaque point est associé à un visage et avec des labels aux extrémités et au centre de l'échelle (Figure 40). Ces auteurs ont ensuite mesuré l'impact de l'âge et de la dépendance sur les performances à certaines tâches sensorielles (Maitre et al., 2015). Pour cela, trois groupes de participants ont été recrutés : des jeunes adultes (n=64, 18-49 ans), des personnes âgées vivant à domicile (n=55, 65-80 ans) et des personnes âgées vivant en EHPAD (n=22, 74-93 ans). Les résultats ont montré que les sujets âgés étaient discriminants pour l'appréciation. Autrement dit, cette échelle a permis de mettre en évidence des produits significativement plus ou moins aimés que d'autres. De plus, ces mesures étaient répétables d'une séance à une autre et aucune preuve de fatigue n'a été mise en évidence lors de la présentation monadique des échantillons. C'est pourquoi nous avons décidé d'adopter cette méthodologie.

Ces résultats nous amènent à nous questionner sur le lien qui pourrait exister entre discrimination de l'appréciation et discrimination gustative. En effet, dans le cas d'une diminution des capacités de discrimination gustative, les saveurs ne sont plus (ou très mal) différenciées et donc, tous les produits risquent d'avoir le même goût. Ainsi, nous pourrions nous attendre à ce que les notes d'appréciations soient équivalentes. Nous testerons alors l'hypothèse que les personnes les moins discriminantes sur le plan gustatif sont également moins discriminantes dans leurs évaluations hédoniques. Dans cette dernière partie, nous décrirons dans un premier temps l'appréciation des personnes âgées pour différentes purées de pommes. Ensuite, nous évaluerons l'impact des capacités de discrimination gustative sur la discrimination hédonique.



Figure 40 : Echelle de Likert à 7 points utilisée pour mesurer l'appréciation d'un produit

5.2) Matériels et méthodes

a) Les participants

L'appréciation de différentes purées de pommes a été mesurée chez tous les participants âgés de l'étude ; qu'ils soient autonomes ou dépendants. Le groupe des personnes âgées autonomes est le même que celui décrit précédemment dans ce chapitre (n=130, France et Pologne). Pour le groupe des personnes âgées dépendantes vivant en EHPAD, le projet européen OPTIFEL a permis de recruter 60 participants de plus dans ce groupe en Espagne ; amenant l'effectif à un total de 96 personnes. L'âge moyen de ce nouveau groupe de personnes âgées dépendantes est de $84,8 \pm 6,8$ ans (France : n=36 ; âge moyen de $87,1 \pm 4,8$ ans ; Espagne : n=60 ; âge moyen de $83,3 \pm 7,5$ ans).

b) Evaluation hédonique

Protocole expérimental

Une séance a été organisée pour mesurer l'appréciation de différentes purées de pommes par des personnes âgées. La séance durait environ une heure et se déroulait soit dans le laboratoire de recherche (personnes âgées autonomes), soit en EHPAD (personnes âgées dépendantes). Comme précisé en introduction, l'échelle utilisée est celle développée au cours du projet AUPALESENS (échelle de Likert en 7 points avec visages associés). Six purées ont été sélectionnées (voir paragraphe suivant). Chacune d'entre elles ont été présentées en monadique séquentiel sous forme d'un échantillon de 20g servi dans un gobelet blanc opaque. Le participant devait alors goûter l'échantillon et indiquer son niveau d'appréciation sur l'échelle. Il était ensuite invité à noter, dans l'espace des commentaires libres, ce qu'il avait apprécié ou non sur le produit. Dans le cas des personnes âgées dépendantes en EHPAD, le participant évaluait individuellement son degré d'appréciation ainsi que les qualités et défauts du produit. Il communiquait ensuite discrètement ces informations à l'expérimentateur qui était en charge de les noter sur le questionnaire ; permettant ainsi aux personnes ne pouvant plus écrire de participer.

Une fois les évaluations hédoniques de tous les produits réalisées, chaque participant était interrogé individuellement en face à face par l'expérimentateur à propos de l'échantillon le plus aimé et le moins aimé. En cas d'égalité, le participant était invité à choisir, parmi les ex-aequo, le produit le plus aimé ou le moins aimé. Ensuite, l'expérimentateur interrogeait le participant sur les raisons (qualités et défauts) du choix de ces produits. A la fin de cette partie, chaque participant avait désigné « le meilleur » et « le pire » échantillon selon lui et pourquoi.

Purées sélectionnées

L'ensemble des purées de pommes créées dans le cadre du test de discrimination représente un nombre trop important d'échantillons pour être testés en une seule séance. Six purées ont donc été sélectionnées afin d'éviter la fatigue sensorielle des participants. Pour les personnes âgées autonomes, les purées ont été sélectionnées à partir des tests de discrimination : trois issues du test de discrimination sucrée et trois issues du test de discrimination acide. Ceci nous permettra de tester l'hypothèse selon laquelle la préférence pour les produits sucrés se développe avec l'âge. En testant des purées plus ou moins sucrées et d'autres plus ou moins acides, nous nous assurons ainsi que la préférence mesurée est liée à la saveur, et non pas au simple fait d'avoir renforcé un stimulus sensoriel.

Pour les personnes âgées dépendantes, elles n'ont participé qu'au test de discrimination sucrée. Les trois purées de pommes issues de ce test ont donc été choisies pour la mesure de l'appréciation. L'ensemble des échantillons sélectionnés ainsi que leurs concentrations en sucre et acide est présenté dans le Tableau 27. L'ordre de présentation des purées était équilibré grâce à des carrés latins de Williams et les échantillons étaient distribués en monadique séquentiel.

Tableau 27 : Purées utilisées dans le test hédonique

Echantillons	[Sucre] g/kg	[Ac. malique] g/kg	Participants	
	g/kg	g/kg	Autonomes	Dépendants
S1	200	4,71	✓	✓
S2	220	4,71	✓	✓
S3	280	4,71	✓	✓
A1	160	4,71	✓	
A2	160	5,21	✓	
A3	160	6,71	✓	

Les échantillons de la série S (S1 à S3) varient uniquement en sucre. Au contraire, ceux de la série A (A1 à A3) varient uniquement en acide malique

c) Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (version 3.1.2). Les notes d'appréciations ont été analysées grâce à une ANOVA à trois facteurs : juge, pays, produits. L'interaction pays x produits n'étant pas significative, elle a été retirée du modèle. L'âge, le status cognitif et le score de fragilité ont été ajoutés comme covariables au modèle d'ANOVA. L'analyse a été menée par « block » : comparaison des purées variant en sucre et comparaison des purées variant en acide. Afin de permettre la comparaison des différents groupes, des tests post-hoc LSD ont été calculés pour les variables dont l'effet était significatif. Ensuite, pour chaque échantillon, nous avons analysé les fréquences de citations comme « le meilleur » ou « le pire » échantillon grâce à des tests de χ^2 . Enfin, le lien entre discrimination gustative et discrimination hédonique a été évalué grâce à des corrélations de Spearman.

5.3) Résultats

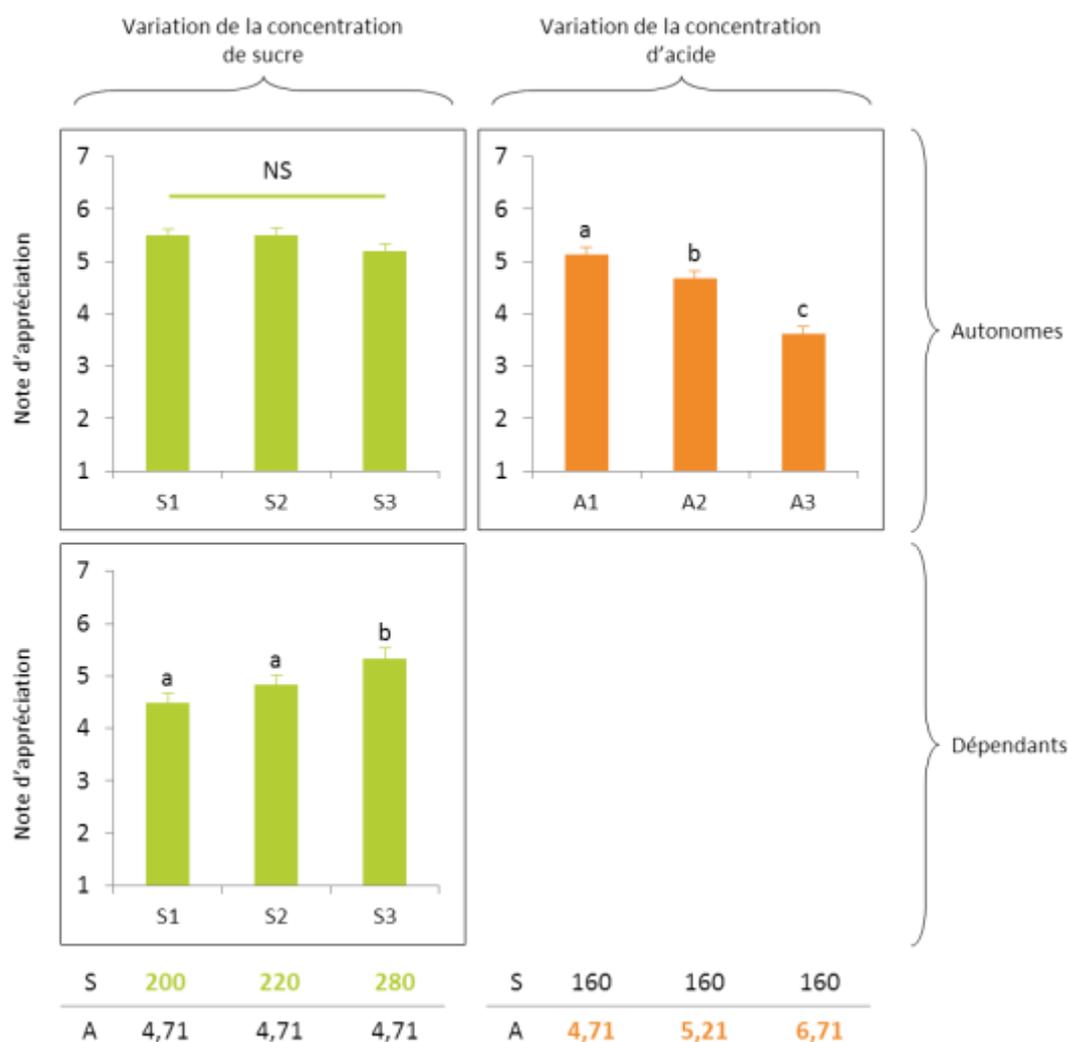
a) Notes moyennes d'appréciation

Les notes moyennes d'appréciation obtenues pour chaque purée de pommes et chaque groupe d'âge sont présentées dans le Tableau 28 et la Figure 41. Pour des concentrations croissantes de sucre, les notes moyennes d'appréciation des personnes âgées autonomes semblent relativement équivalentes, alors qu'elles augmentent chez les personnes âgées dépendantes. Les résultats de l'ANOVA montrent que les covariables (âge, status cognitif et score de fragilité) n'ont pas d'effet significatif sur les notes moyennes d'appréciation des purées de pommes. Chez les personnes âgées autonomes, l'effet produit est également non significatif. Les notes moyennes d'appréciation des différentes purées de pommes ne sont pas significativement différentes chez ce groupe de participants (Tableau 29). Autrement dit, même quand la concentration de sucre augmente de 200 à 280 g/kg, les trois échantillons n'ont pas des notes moyennes d'appréciation significativement différentes. L'effet pays, quant à lui, est très légèrement significatif ($p=0,046$). La note moyenne d'appréciation est légèrement plus importante dans le groupe des participants polonais (5,61/7) par rapport à celle du groupe des participants français (5,19/7). Au contraire, chez les personnes âgées dépendantes, l'ANOVA ne montre pas d'effet pays ($p<0,05$) et un fort effet produit ($p=0,001$) (Tableau 29). Ici, le test post-hoc LSD indique que l'échantillon le plus sucré (280 g/kg) a une note moyenne significativement plus élevée (5,34/7) par rapport à celles des deux autres échantillons moins sucrés (200 g/kg : 4,49/7 ; 220 g/kg : 4,83/7).

Lorsque la concentration en acide augmente, une nette diminution de l'appréciation peut être observée chez les autonomes. L'ANOVA révèle en effet que le facteur produit est significatif (Tableau 29). Le test post-hoc LSD montre que plus la quantité d'acide augmente, plus la note moyenne d'appréciation diminue (4,71 g/kg : 5,13/7 ; 5,21 g/kg : 4,67/7 ; 6,71 g/kg : 3,62/7). Le facteur pays est également légèrement significatif ($p=0,038$), avec des notes d'appréciation moyennes plus élevées chez le groupe des participants polonais (4,68/7) par rapport à celles du groupe des participants français (4,27/7).

Tableau 28 : Notes moyennes d'appréciation (et écarts-types) des purées de pommes

Participants	Purées variant en sucre			Purées variant en acide		
	S1	S2	S3	A1	A2	A3
Autonomes	5,49 (0,14)	5,50 (0,14)	5,21 (0,14)	5,13 (0,14)	4,67 (0,14)	3,62 (0,14)
Dépendants	4,49 (0,18)	4,83 (0,18)	5,34 (0,18)	-	-	-



S : concentrations de sucre ; A : concentrations d'acide malique. Toutes les valeurs sont exprimées en g/kg

Figure 41 : Notes d'appréciation moyennes en fonction des échantillons pour les personnes âgées autonomes et dépendantes

Tableau 29 : Tableaux de l'ANOVA pour les notes d'appréciations moyennes des purées de pommes

	Purées variant en sucre				Purées variant en acide			
	Facteurs	ddl	F _(ddl, 130)	p-value	Facteurs	ddl	F _(ddl, 130)	p-value
Autonomes	Pays	1	4,061	0,046 *	Pays	1	4,396	0,038 *
	Produit	2	2,358	0,097	Produit	2	41,824	0,000 ***
	Juge	1	46,577	0,000 ***	Juge	1	24,082	0,000 ***
Dépendants	Pays	1	0,160	0,69				
	Produit	2	7,523	0,001 ***				
	Juge	1	15,922	0,000 ***				

ddl = degrés de liberté
 * p<0,05 ; ** p<0,01 ; *** p<0,001

b) « Pour vous, parmi tous les échantillons, quel est le meilleur / le pire ? »

Les notes moyennes d'appréciation non significativement différentes chez les participants autonomes pour les purées variant en sucre peuvent laisser penser que tous les échantillons ont été appréciés de façon équivalente par cette population. Afin de recueillir une information plus qualitative sur l'appréciation des échantillons, les participants devaient indiquer quel échantillon était le meilleur et lequel était le pire selon eux. Les résultats sont illustrés dans la Figure 42.

Pour les personnes âgées dépendantes, les résultats du χ^2 montrent que les fréquences de réponses sont significativement différentes ($\chi^2=17,09$; ddl=2 ; $p<0,001$). Ainsi, plus l'échantillon est sucré, plus le pourcentage de participants le citant comme « le meilleur échantillon » augmente. Seulement 20% des personnes âgées dépendantes citent l'échantillon S1 (200 g/kg de sucre ; 4,71 g/kg d'acide) comme « le meilleur », contre 47% pour l'échantillon S3 (280 g/kg de sucre ; 4,71 g/kg d'acide). De la même façon, plus l'échantillon est sucré, moins il y aura de personnes le citant comme « le pire » : 42% pour S1 contre 22% pour S3.

Pour les personnes âgées autonomes, les résultats du χ^2 montrent également que les fréquences de réponses sont significativement différentes, tant pour les purées variant en sucre ($\chi^2=11,74$; ddl=2 ; $p<0,01$) que pour les purées variant en acide ($\chi^2=26,39$; ddl=2 ; $p<0,001$). Ainsi, plus la concentration d'acide est importante, plus l'échantillon est fréquemment cité comme « le pire » : seulement 7% pour l'échantillon A1 (4,71 g/kg d'acide ; 160 g/kg de sucre) contre 55% pour l'échantillon A3 (6,71 g/kg d'acide ; 160 g/kg de sucre). En revanche, les résultats pour les échantillons sucrés sont moins tranchés. Les résultats montrent que les échantillons les moins sucrés (S1 : 200 g/kg et S2 : 220 g/kg de sucre) sont plus souvent cités comme « le meilleur » (respectivement 21% et 24% des participants) et que moins de 5% des participants les citent comme « le pire » échantillon. Concernant le produit le plus sucré (S3 : 280 g/kg de sucre), les avis sont plus divergents. En effet, les pourcentages de participants citant cet échantillon comme « le meilleur » (28%) et comme « le pire » (21%) sont équivalents. Ainsi, malgré une note moyenne non significativement différente des deux autres échantillons, il est intéressant de noter que cet échantillon divise la population des personnes âgées autonomes. L'analyse des verbatim montre que les personnes âgées citant l'échantillon S3 comme « le pire » le font car cet échantillon est trop sucré pour elles. Pour ceux le citant comme « le meilleur », au contraire, le taux de sucre correspond à leurs préférences.

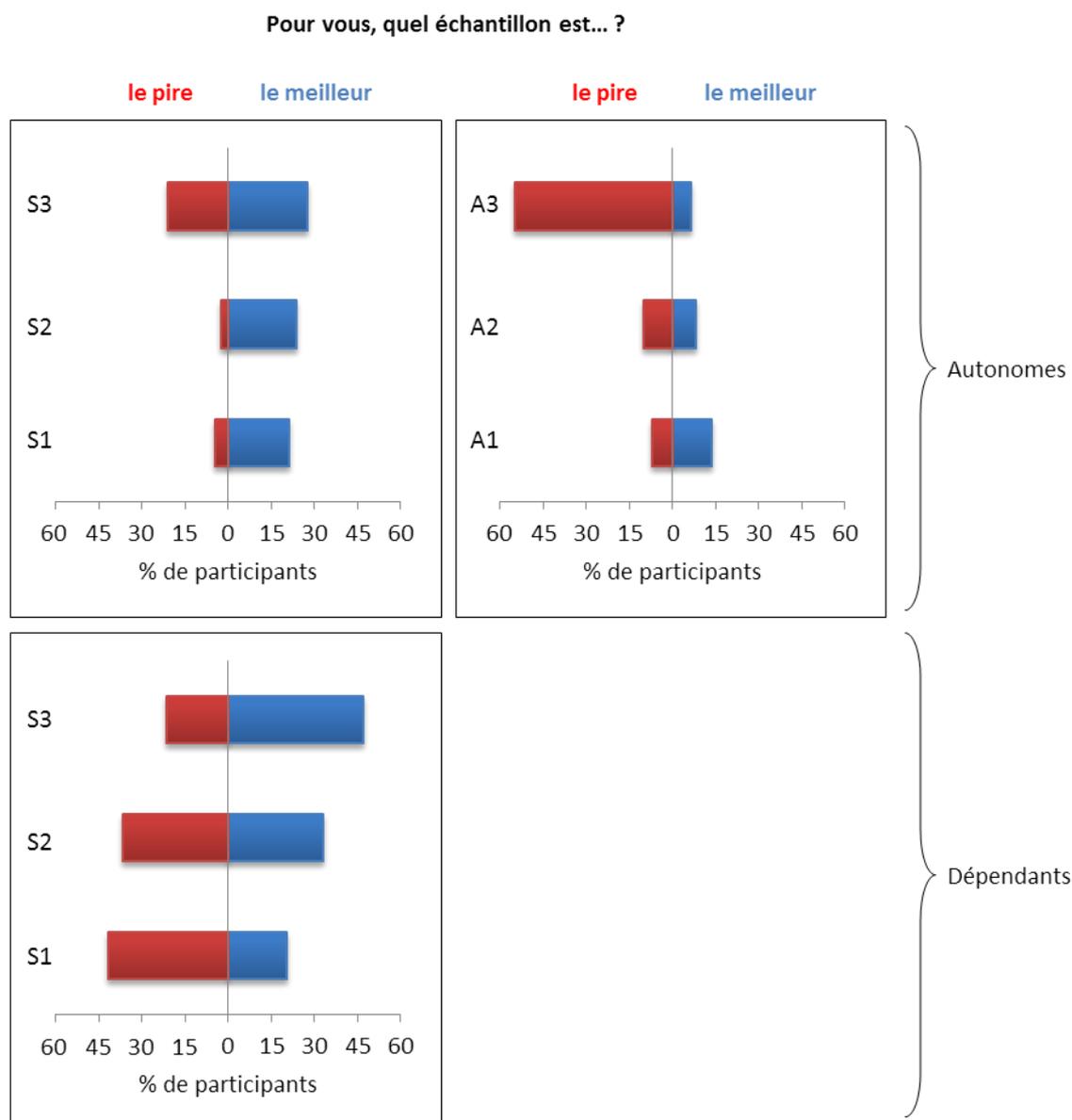


Figure 42 : Pourcentages de participants répondant à la question « Pour vous, quel échantillon est le pire / le meilleur ? »

c) Lien entre discrimination gustative et discrimination hédonique

Afin d'évaluer le lien entre discrimination gustative et hédonique, nous avons corrélé les scores de discrimination gustative avec l'amplitude des notes d'appréciation. L'amplitude correspond à l'écart existant entre la note maximale et la note minimale. Ainsi, plus l'amplitude est importante, plus les participants sont discriminants sur le plan hédonique. Autrement dit, ils donnent des notes d'appréciation très variées pour les différents produits qu'ils évaluent. Rappelons que pour ces analyses, les participants dépendants en Espagne n'ont réalisé que l'évaluation hédonique. Donc, pour les personnes âgées dépendantes, les corrélations ont été calculées uniquement pour les participants en France.

Les résultats de l'analyse montrent que les performances de discrimination gustative et la discrimination hédonique ne sont pas corrélées (Tableau 30). Dans tous les cas, les coefficients R sont inférieurs à 0,07 pour les personnes âgées autonomes et de l'ordre de 0,11 pour les personnes âgées dépendantes. Il semble donc que notre hypothèse de départ ne soit pas validée dans nos conditions expérimentales. Les participants les moins discriminants au niveau gustatif ne sont pas pour autant moins discriminants dans leurs notes d'appréciation (discrimination hédonique).

Tableau 30 : Valeurs du coefficient R et significativités associées pour les corrélations de Spearman entre les capacités de discrimination gustative et la discrimination hédonique

Discrimination gustative	Autonomes (n=130)		Dépendants (n=36)	
	R		R	
Ab	0,060	NS	0,107	NS
AH	0,014	NS	-	-
Sb	0,004	NS	-	-
SH	0,031	NS	-	-

Ab : discrimination sucrée à un niveau d'acide bas
 AH : discrimination sucrée à un niveau d'acide haut

Sb : discrimination acide à un niveau de sucre bas
 SH : discrimination acide à un niveau de sucre haut

5.4) Discussion et conclusion

Dans cette partie, nous avons montré que les préférences des personnes âgées variaient en fonction de leur niveau de dépendance. Augmenter la concentration de sucre dans des purées de pommes ne modifie pas l'appréciation moyenne des personnes âgées autonomes ; bien que l'échantillon le plus sucré segmente ce groupe. Au contraire, chez un groupe de personnes âgées dépendantes, les notes moyennes d'appréciation augmentent avec la concentration de sucre. Bien qu'aucune étude ne se soit intéressée à l'appréciation des produits sucrés chez une population âgée dépendante, plusieurs auteurs ont mis en évidence une tendance des personnes plus âgées à préférer les produits plus sucrés. Par exemple, Murphy et collaborateurs ont montré que les notes moyennes d'appréciation pour des concentrations de sucre importantes (102,7 et 205,4 g/l) sont plus élevées chez des personnes âgées (n=100, 65-93 ans, âge moyen 73 ans) que chez des groupes plus jeunes (n=100, 18-26 ans, âge moyen 21 ans ; n=100, 32-45 ans, âge moyen 37 ans). Ces résultats sont valables tant en solution aqueuse (saccharose dilué dans l'eau) que dans une boisson aromatisée au citron (Murphy & Withee, 1986). Ce phénomène a également été observé avec cinq éléments du petit déjeuner comme une boisson à l'orange, la confiture de fraise, le yaourt à la fraise, le porridge et une pâte à tartiner au chocolat (De Jong, De Graaf, & van Staveren, 1996). L'effet est particulièrement visible, notamment pour le yaourt à 50% de sucre : la note moyenne d'appréciation est de 6/10 pour les personnes âgées (n=29, âge

moyen 79 ± 6 ans) alors qu'elle chute à 4/10 pour les jeunes adultes ($n=35$, âge moyen 22 ± 2 ans). Cette préférence pour les yaourts plus sucrés a également été mise en évidence plus récemment par Kälviäinen, Roininen, & Tuorila, (2003). De plus, ces auteurs ont comparé l'importance relative de la texture (lisse versus grumeleux), de l'intensité sucrée et de l'intensité aromatique sur l'évaluation hédonique de plusieurs yaourts (Kälviäinen et al., 2003). Chez les jeunes adultes ($n=47$, 20-35 ans), les préférences sont très majoritairement influencées par l'intensité aromatique (80,1%) et très peu par la texture (12,3%) et l'intensité sucrée (7,6%). En revanche, il est très intéressant de voir que chez les personnes âgées ($n=45$, 65-82 ans), les préférences sont majoritairement conditionnées par l'intensité aromatique (47,1%) et par l'intensité sucrée (45,7%). Ces résultats peuvent constituer une hypothèse expliquant la préférence des personnes âgées pour les produits plus sucrés.

Dans notre étude, nous avons montré que l'échantillon contenant 280 g/kg de sucre obtenait la note moyenne d'appréciation la plus élevée chez le groupe des personnes âgées dépendantes, mais qu'il segmentait le groupe des personnes âgées autonomes ; certains le trouvant trop sucré. Il apparaît ici une notion d'optimum sucré. En solution aqueuse, une étude de Enns, Van Itallie, & Grinker (1979) a montré que la concentration moyenne optimale de saccharose se situait aux environs de 191,7 g/l chez les hommes âgés ($n=5$, âge moyen $71,60 \pm 1,25$ ans) et de 19,2 g/l chez les femmes âgées ($n=7$, âge moyen $70,50 \pm 1,37$ ans). Toujours en solution aqueuse, l'optimum sucré d'un groupe de personnes âgées se situe aux environs de 102,7 g/l alors qu'il est de 51,3 pour les groupes plus jeunes (Murphy & Withee, 1986). Toutefois, ces auteurs ont mis en évidence que cette différence d'optimum sucré entre les différents groupes d'âges disparaissait quand les participants testaient des boissons. Dans ce cas, l'optimum sucré est de 102,7 g/l pour tous les groupes. Enfin, en matrices alimentaires (boisson à l'orange, confiture de fraise, yaourt à la fraise, porridge, pâte à tartiner au chocolat), des auteurs ont montré que la concentration relative optimale en sucre préférée par les personnes âgées était plus élevée que celle des jeunes adultes (De Jong et al., 1996). Par exemple, l'optimum sucré d'un yaourt à la fraise se trouve aux environs de 80 g/kg de sucre pour les jeunes adultes alors qu'il atteint les 200 g/kg pour les personnes âgées. Dans notre étude, il aurait été intéressant de mesurer l'appréciation des purées de pommes chez des jeunes adultes et d'ainsi comparer les résultats avec ceux des populations plus âgées.

Comme avancé par Conner et collaborateurs, ces résultats soutiennent l'hypothèse de l'existence de personnes avec un « bec sucré » (Conner & Booth, 1988). Cette préférence marquée pour les produits sucrés n'est pas sans rappeler les participants du style de mangeurs 3 (voir chapitre II) pour qui nous avons montré une consommation plus fréquente de sucre ainsi qu'une très forte appréciation des desserts. Mesurer les styles de mangeurs chez une population âgée dépendante apporterait des

connaissances complémentaires quant aux facteurs intrinsèques pouvant expliquer les préférences individuelles et permettrait de vérifier cette hypothèse.

Du point de vue méthodologique, il est important de garder à l'esprit que les purées de pommes étaient servies par échantillon d'environ 20 grammes. Ainsi, nous pouvons nous demander quelle serait la variation des notes hédoniques avec des portions classiquement trouvées dans le commerce (90-100 g). De plus, mesurer l'appréciation des différentes purées de pommes dans des conditions plus écologiques (à la fin d'un repas) permettrait de compléter ces résultats.

D'un point de vue opérationnel, nos résultats mettent en avant les spécificités sensorielles et hédoniques liées à chaque groupe d'âge ainsi que les plages de variations dans lesquelles les produits peuvent varier. Ainsi, dans notre étude, la purée de pommes idéale possède une concentration d'acide malique faible de 4,71 g/kg. Pour les concentrations en sucre, une teneur de 280 g/kg plaira au groupe des personnes âgées dépendantes. Pour le groupe des personnes âgées autonomes, nous avons vu que la teneur en sucre pouvait varier de 160 à 220 g/kg sans modifier significativement les évaluations hédoniques.

Grâce à ces recommandations, les purées de pommes peuvent être adaptées aux préférences des personnes âgées ; ce qui est important pour maintenir le plaisir lors de l'alimentation. De plus, dans un contexte de dénutrition, ces échantillons pourraient servir de matrices de base pour le développement de produits innovants, enrichis nutritionnellement, et appréciés sur le plan organoleptique ; favorisant ainsi la consommation à long terme.



Ce qu'il faut retenir

Au cours de ce chapitre, nous avons exploré les capacités sensorielles des personnes âgées, les facteurs pouvant influencer ces capacités sensorielles ainsi que le lien avec l'appréciation d'aliments réels.

Tout d'abord, la mesure de certaines capacités sensorielles (détection, catégorisation, etc.) en systèmes modèles (flacons odorants, solutions aqueuses) a montré une grande variabilité au sein d'un groupe de 130 personnes âgées autonomes (France, Pologne). Trois profils de performances sensorielles sont apparus : des participants présentant une diminution des capacités olfactives (n=16), des participants dont les performances sensorielles étaient les plus élevées (n=67) et des participants chez qui les diminutions intervenaient surtout au niveau de la gustation (n=47).

Nous nous sommes ensuite intéressés aux capacités de discrimination gustative des personnes âgées, encore très peu étudiées à ce jour. Après avoir décrit ces performances en solutions aqueuses et en purées de pommes, nous avons montré le faible caractère prédictif du système modèle vis-à-vis des capacités à discriminer des aliments réels comme des purées de pommes. Nos résultats ont ensuite montré que, dans nos conditions expérimentales, les interactions de saveurs pouvant intervenir entre le sucré et l'acide, n'ont pas impacté les capacités de discrimination ; ni pour le groupe des 130 personnes âgées autonomes, ni pour celui de 105 jeunes adultes. Bien que les capacités de discrimination gustative soient relativement résistantes aux effets de l'âge (aucune différence significative entre ces deux groupes), nous avons pu observer une diminution des performances pour la discrimination sucrée chez un groupe de 36 personnes dépendantes (France), plus âgées et plus fragiles. Ces résultats serviront de base pour les études à venir afin de vérifier si une diminution des capacités de discrimination intervient au-delà de 80 ans ou non. Aucune corrélation n'a été trouvée entre les capacités de discrimination gustative et les trois profils de performances sensorielles mis en évidence précédemment.

Enfin, nous avons mesuré l'appréciation de différentes purées de pommes par des personnes âgées. Nos résultats mettent en lumière certaines spécificités. Alors que, chez un groupe des 96 personnes âgées dépendantes (France, Espagne), l'augmentation de la concentration de sucre est synonyme d'augmentation de l'appréciation, nous avons montré qu'un échantillon très/trop sucré (280 g/kg) segmentait le groupe des 130 personnes âgées autonomes. Dans nos conditions expérimentales, les purées de pommes idéales contiennent un total de 4,71 g/kg d'acide malique et 280 g/kg de sucre (dépendants) ou entre 160 et 220 g/kg de sucre (autonomes). Les purées acides sont clairement moins appréciées. Enfin, aucune corrélation ne semble exister entre discriminations gustative et hédonique.

Ces résultats montrent que les outils sensoriels sont utiles dans un contexte de développement produit. Ainsi, en fournissant des recommandations, tant sur le plan sensoriel que sur le plan hédonique, ces outils permettent de préciser le cahier des charges nécessaire avant toute production.

Chapitre 4

*Evaluation hédonique de produits enrichis,
à base de fruits et légumes,
destinés aux personnes âgées*

CHAPITRE IV : Evaluation hédonique de produits enrichis, à base de fruits et légumes, destinés aux personnes âgées

Nous l'avons vu dans l'état de l'art, les solutions actuelles pour faire face à la dénutrition ne sont que partiellement satisfaisantes car, bien que pertinentes sur le plan nutritionnel, très peu d'optimisations sont faites au niveau sensoriel. De ce fait, les produits ne sont pas consommés avec plaisir. Au cours de ce chapitre, nous essaierons de comprendre quel est l'impact d'un enrichissement nutritionnel sur les caractéristiques sensorielles de certains aliments. Nous évaluerons ensuite si ces enrichissements nutritionnels dégradent ou non la valeur hédonique des aliments auprès de personnes âgées.

1. Etat de l'art

1.1) Introduction

Comme présenté en début de manuscrit, cette thèse s'inscrit dans un contexte de dénutrition et s'intéresse aux solutions qu'il serait possible de proposer à des personnes âgées à risque de dénutrition, notamment pour des personnes âgées dépendantes bénéficiant de portages de repas à domicile ou vivant en EHPAD. Ainsi, nous nous demandons comment développer des produits nutritionnellement et sensoriellement adaptés à l'alimentation des personnes âgées en s'appuyant sur les outils sensoriels ; avec le cas particulier des fruits et légumes. Nous nous approchons ici du domaine des aliments fonctionnels. C'est au cours des années 80, au Japon, que le terme d'« aliment fonctionnel » est apparu. Il désigne alors « un aliment enrichi avec des composants spécifiques et possédant des effets physiologiques positifs » (Siró, Kápolna, Kápolna, & Lugasi, 2008). En Europe, six critères entrent dans la définition consensuelle des aliments fonctionnels : i) ce sont des aliments habituels ou de la vie courante, ii) ils sont consommés au cours d'un repas ou d'une diète normale, iii) ils sont composés d'ingrédients naturels, iv) ce sont des aliments devant avoir un effet positif sur une fonction, au-delà de la valeur nutritionnelle seule, v) ces aliments peuvent aider à augmenter le bien-être et la santé et/ou réduire le risque de maladie ou apporter des bénéfices santé améliorant la qualité de vie (physique, physiologique, comportementale) et vi) les aliments fonctionnels doivent avoir des allégations autorisées et scientifiquement prouvées (Roberfroid, 2002). Voyons à présent les données disponibles en bibliographie au sujet des aliments enrichis.

1.2) L'enrichissement en protéines

a) Perception des aliments enrichis protéines

A ce jour, les études scientifiques s'intéressant aux produits enrichis sont très souvent focalisées sur les aspects « technologiques » et nutritionnels. Aussi étrange que cela puisse paraître, très peu d'études se sont intéressées au côté sensoriel et à l'appréciation des produits enrichis (à plus forte raison chez des personnes âgées). En 2014, van der Zanden et collaborateurs se sont intéressés aux connaissances des personnes âgées en matière de protéines (Van der Zanden, van Kleef, de Wijk, & van Trijp, 2014). Au cours de focus groupes avec 42 personnes âgées (24 autonomes, 67 ans d'âge moyen ; 18 en maison de retraite, 83 ans d'âge moyen), ces auteurs ont montré qu'aux Pays-Bas, les personnes âgées étaient conscientes que la consommation de protéines était importante. De plus, les participants ont été capables de citer des aliments riches en protéines comme les œufs, les légumineuses, le pain, la viande, le lait et le fromage. Toutefois, malgré cette connaissance, plusieurs freins à la consommation de produits enrichis en protéines sont évoqués comme la méfiance, le prix, mais aussi le goût. De plus, les participants ont insisté sur le fait que si un enrichissement en protéines devait avoir lieu, alors il devrait être fait dans un aliment commun et apprécié. Enfin, ces mêmes auteurs ont montré que, chez un groupe de 341 personnes âgées (56-87 ans, âge moyen de 67 ± 6 ans), la volonté d'acheter des produits enrichis en protéines était faible ; les participants préférant consommer plus d'aliments « conventionnels », naturellement riches en protéines (Van der Zanden, van Kleef, de Wijk, & van Trijp, 2015). Face à ces freins, plusieurs leviers permettraient de développer avec succès des produits enrichis : i) utiliser un aliment commun comme matrice pour enrichir et ii) avoir une valeur hédonique importante ; autrement dit, être apprécié par les consommateurs. Or, la valeur hédonique d'un produit est un facteur majeur intervenant dans la consommation à long terme de ce produit. En effet, les personnes âgées dépendantes sont plus fragiles et il est fréquent d'observer une diminution de l'appétit chez ce groupe de la population, entraînant une diminution de la prise alimentaire et une aggravation du statut nutritionnel (Lesourd et al., 2001). Il est donc essentiel de maintenir le plaisir à manger chez les sujets âgés afin de favoriser une prise alimentaire plus importante ainsi qu'un meilleur statut nutritionnel (Lesourd et al., 2001; Maitre, 2014).

b) Les protéines végétales

Face à la prévalence croissante de la dénutrition protéino-énergétique chez les personnes âgées, il est nécessaire de développer des aliments enrichis en protéines. Ces protéines peuvent alors être d'origine animale ou végétale. A ce jour, 70% des protéines consommées au niveau mondial sont d'origine animale (Agence régionale de l'environnement de Normandie, 2009). Toutefois, le besoin en protéines animales ne cesse d'augmenter et leur utilisation deviendra donc rapidement problématique. Bien qu'encore mal valorisées dans l'alimentation humaine et surtout destinées à

l'alimentation animale (Day, 2013), les protéines végétales sont de plus en plus utilisées comme ingrédients alimentaires (Improve, 2014) et de plus en plus consommées par l'homme (Asgar, Fazilah, Huda, Bhat, & Karim, 2010). De plus, elles constituent une alternative pertinente aux protéines d'origine animale ; tant sur le plan économique qu'environnemental (Day, 2013; Stehfest et al., 2009). En bibliographie, les études reliant enrichissement en protéines végétales et évaluation hédonique de la part des consommateurs sont peu nombreuses. En 2007, Yeu et collaborateurs ont mesuré l'appréciation de céréales (pour le petit déjeuner) enrichies en protéines grâce à de la farine de soja chez 120 personnes âgées de 18 à 65 ans (Yeu, Lee, & Lee, 2007). Ces auteurs ont montré que les variantes avec 41%, 47% et 53% de farine de soja n'obtenaient pas de note d'acceptation significativement différentes. En revanche, pour la variante à 60% de farine de soja, les notes étaient significativement plus basses pour l'appréciation générale, la texture et le goût. De plus, face à des produits commerciaux, les céréales testées en laboratoire étaient moins appréciées (Yeu et al., 2007). Des études plus récentes ont porté sur l'enrichissement de cookies en protéines végétales. En utilisant des protéines issues d'avoine, de soja ou de pois, toutes ces études ont montré qu'une forte concentration de protéines diminuait les notes d'appréciation données par les participants (Amin, Bashir, Dar, & Naik, 2016; Banureka & Mahendran, 2011; Bertolin, Centenaro, Giacomelli, Reinehr, & Gutkoski, 2013).

Ces résultats soulèvent alors la question de l'impact d'une supplémentation en protéines végétales sur les caractéristiques sensorielles et l'appréciation des aliments enrichis. Plusieurs études rapportent des cas de défauts sensoriels apparaissant suite à un enrichissement en protéines végétales. Ces défauts sensoriels peuvent se manifester tout d'abord au niveau aromatique. Ainsi, la protéine de soja est souvent associées aux arômes « soja », « végétal » ou encore « céréale ». La protéine de blé quant à elle exprime plutôt des défauts aromatiques décrits comme « insipide », « fade » et « céréale » (Phillips & Williams, 2011). Bien que l'apparition de ces notes aromatiques ne soit pas préjudiciable dans des produits céréaliers enrichis, il est assez intuitif de comprendre qu'elles seront perçues comme véritables défauts aromatiques dans d'autres aliments. Les défauts sensoriels liés aux protéines d'origine végétale peuvent également se manifester au niveau gustatif. L'utilisation de protéines de soja peut augmenter l'astringence et l'amertume du produit enrichi, ainsi qu'entraîner une modification de la texture ; la rendant plus farineuse et plus pâteuse (Asgar et al., 2010; Phillips & Williams, 2011). Au vu de ces résultats, il est clair qu'une supplémentation protéique entraîne de nombreux défauts sur le plan sensoriel. Afin de dépasser ces défauts, un réel effort de formulation est nécessaire pour développer des produits enrichis sensoriellement acceptés par les consommateurs finaux.

1.3) L'enrichissement en micronutriments

a) Les vitamines

En bibliographie, les recherches relatives aux micronutriments (vitamines et minéraux) chez les personnes âgées ne sont que très récentes. Ceci peut être dû au fait que, pour la plupart des vitamines et minéraux, il n'existe pas de recommandations de consommation journalière spécifiques aux personnes âgées (Skully, 2014). Toutefois, cette même revue a mis en évidence que les personnes âgées avaient tendance à manquer de vitamines B12, D et K. Des auteurs se sont intéressés aux apports en micronutriments dans huit pays Européens : Allemagne, Belgique, Danemark, Espagne, France, Pays-Bas, Pologne et Royaume-Uni (Mensink et al., 2013). Les résultats ont montré que le risque d'apports insuffisants en vitamines était globalement faible. Toutefois, une exception est à noter pour la vitamine D. En effet, plusieurs études ont montré l'importante prévalence des carences en vitamine D chez les personnes âgées en Espagne (personnes âgées hospitalisées, n=166, plus de 65 ans), en Allemagne (personnes âgées vivant en collectivité, n=1418, 65-91 ans, âge moyen de $75,5 \pm 6,6$ ans) ainsi qu'en Belgique (n=367, plus de 80 ans) (Granado-Lorencio et al., 2013; Klenk et al., 2013; Mathei et al., 2013). Une étude s'est intéressée aux apports en vitamine B6 chez des résidents d'EHPAD en Norvège (n=61, 66-99 ans, âge moyen de $85,3 \pm 6,8$ ans). Les résultats ont montré que 50% des participants interrogés souffraient d'une carence en vitamine B6 (Kjeldby, Fosnes, Ligaarden, & Farup, 2013). En ce qui concerne la vitamine E, les résultats varient en fonction des études et des pays ; certaines mettant en évidence une carence en vitamine E chez des personnes âgées en Suède (Michaelsson, Wolk, Byberg, Arnlov, & Melhus, 2014) alors que d'autres, en Espagne, non (Granado-Lorencio et al., 2013).

b) Les minéraux

Au contraire des vitamines, le risque de carence en minéraux est plus important (Mensink et al., 2013). Une récente revue a mis en évidence des carences en calcium et en zinc chez des populations âgées (Skully, 2014). Une étude norvégienne a montré que, chez 100 personnes âgées hospitalisées en psychogériatrie, 41% des patients étaient carencés en zinc (Grønli, Kvamme, Friborg, & Wynn, 2013). Des résultats similaires ont été trouvés en Pologne chez des personnes âgées (n=102, 65-95 ans, âge moyen de 78 ± 8 ans) : 44% d'entre elles présentaient une carence en zinc, contre seulement 5% en fer (Madej, Borowska, Bylinowska, Szybalska, & Pietruszka, 2013).

Que ce soit les vitamines ou les minéraux, ces micronutriments sont impliqués dans de nombreuses fonctions essentielles comme des fonctions cognitives, neurologiques, antioxydantes et immunitaires, ainsi que dans la santé osseuse ou encore de nombreuses réactions enzymatiques (Skully, 2014). Le maintien de ces fonctions est un facteur important pour bien vieillir. Il est donc essentiel de garantir les apports en micronutriments dans l'alimentation des personnes âgées. Cependant, aucune étude

scientifique ne s'est intéressée à l'impact d'un enrichissement en vitamines et minéraux sur les caractéristiques sensorielles et hédoniques d'un produit.

1.4) Quels produits enrichir ?

Au vu de l'état de l'art, il semblerait que les produits enrichis doivent être familiers et appréciés. En bibliographie, certains auteurs ont émis l'hypothèse que le comportement alimentaire des personnes âgées était majoritairement guidé par leurs habitudes (Edfors & Westergren, 2012). Il est donc légitime de penser qu'un lien existe entre niveau de familiarité et appréciation. Toutefois, très peu d'études se sont intéressées au rôle de la familiarité chez les personnes âgées (Doets & Kremer, 2015). Les résultats disponibles montrent que cette tranche d'âge de la population préfère les aliments familiers comparés aux aliments non familiers (Koskinen, Nenonen, & Tuorila, 2005; Laureati et al., 2006; Pelchat, 2000). Maitre et collaborateurs ont quant à eux récemment conclu que plus les personnes étaient âgées et dépendantes, plus elles étaient sélectives pour leur alimentation, rejetant ainsi un nombre plus important d'aliments familiers (Maitre et al., 2014). Toutefois, bien qu'un lien entre familiarité et appréciation puisse paraître intuitif, aucun résultat scientifique n'étaye solidement cette hypothèse chez les personnes âgées (Doets & Kremer, 2015; Methven, Langreny, et al., 2012).

La question qui se pose alors est la suivante : dans le but de développer un produit apprécié, faut-il enrichir un produit familier ou un produit non familier ? Dans le premier cas, la familiarité d'un produit fait appel aux souvenirs, aux attentes que les consommateurs ont de ce produit. Ainsi, en modifier les caractéristiques sensorielles risquerait de faire apparaître des défauts et donc de diminuer l'appréciation de ce produit. Dans le cas d'un produit non familier, peu de référence (voire aucune) existe quant au goût, au sens large, de ce produit. Les notes d'appréciation sont donc moins influencées par les expériences précédentes des consommateurs et les variations potentiellement dues à l'enrichissement pourraient ainsi être mieux acceptées. Afin de répondre à ces questions, nous avons décidé d'enrichir un produit familier et un produit non familier. L'enquête européenne du projet OPTIFEL (Chapitre II) a permis de mettre en évidence des fruits et légumes consensuels en Europe ainsi que des modes de préparation des légumes appréciés par la plupart des personnes âgées. Suite à ces résultats, différentes purées de carottes enrichies en protéines ont été développées. Elles constitueront ici l'aliment « familier ». Les résultats de l'enquête avaient également révélé que, au contraire, 81% des participants interrogés ne connaissaient pas les smoothies à base de fruits. Ce produit, encore mal de connu par cette génération, constitue donc un aliment « non familier » pertinent dont différentes recettes ont été enrichies en vitamines et minéraux.

A l'issue de cet état de l'art, il est clair que les résultats scientifiques relatifs aux valeurs sensorielles et hédoniques de produits enrichis nutritionnellement sont à ce jour très peu fournis. Il semble possible d'enrichir des produits en protéines d'origine végétale, sans en diminuer fortement l'appréciation. Toutefois, l'utilisation de ces protéines peut engendrer l'apparition de défauts sensoriels. Pour les vitamines et minéraux, aucune étude n'a évalué l'impact sensoriel et hédonique d'un enrichissement. C'est pourquoi, au cours de ce chapitre, nous nous intéresserons dans un premier temps à l'impact d'un enrichissement protéique (purée de carottes) ou en micronutriments (smoothies) sur les qualités sensorielles d'un aliment. Ensuite, nous évaluerons l'appréciation de ces produits enrichis par des consommateurs âgés.

2. Matériels et méthodes

2.1) Les produits testés

a) Purées de carottes enrichies en protéines

Des purées de carottes ont été enrichies grâce à deux sources de protéines végétales : des protéines de blé et des protéines de pois. Les protéines issues des céréales (comme le blé) sont riches en acides aminés soufrés (méthionine, cystéine), mais pauvres en lysine. Au contraire, bien que pauvres en acides aminés soufrés, les protéines issues des légumineuses (comme le pois) sont riches en lysine (Roquette, 2010). Ainsi, enrichir les purées de carottes avec des protéines de blé (25%) et de pois (75%) permet d'obtenir un profil protéique optimal, couvrant la totalité des besoins en acides aminés essentiels chez l'homme.

Quatre purées de carottes ont été développées et produites par le Centre Technique de la Conservation des Produits Agricoles (CTCPA). La première correspond à une purée de carottes de référence, non enrichie. La seconde est une purée de carottes enrichie pour atteindre 5% de protéines végétales (blé et pois). Enfin, deux recettes ont été enrichies dans le but d'atteindre 7,5% de protéines. Deux extraits de carottes ont également été testés. Le premier correspond à un extrait de carottes cuites (noté « cuit ») a été ajouté dans la purée à 5% et une des purées à 7,5% de protéines. Le second correspond à un extrait de carottes fraîches (noté « frais ») a été ajouté dans la purée contenant 7,5% de protéines. Les pourcentages de protéines ont été définis en amont par le CTCPA et l'industriel en charge des productions suite à des prétests. Le Tableau 31 montre les valeurs nutritionnelles des purées de carottes en fonction de leur concentration en protéines.

Tableau 31 : Valeurs nutritionnelles des purées de carottes

Ingrédients	Référence	5% (cuit)	7,5% (cuit)	7,5% (frais)
Energie	51	69	79	79
	212,8	284,2	326,4	326,4
Lipides	2,6	2,7	2,8	2,8
Dont graisses saturées	1,5	1,5	1,5	1,5
Glucides totaux	7,0	6,9	6,9	6,9
Glucides métabolisables	5,0	5,0	5,0	5,0
Sucres	4,8	4,6	4,4	4,4
Fibres	2,0	1,9	1,9	1,9
Protides	1,0	5,2	7,6	7,6

Les valeurs d'énergie sont exprimées en kcal/100g (ligne 1) et en kJ/100g (ligne 2)

Toutes les autres valeurs sont exprimées en g/100g

b) Produits enrichis en vitamines et minéraux

Deux recettes de smoothies ont été développées et produites en Pologne par l'institut de recherche en horticulture. L'une était à base de pommes et de cynorrhodon (fruit du rosier) et sera appelée *Pomme-Rose* ; l'autre à base de pommes et de myrtilles sera appelée *Pomme-Myrtille*. Pour chacune de ces recettes, une version contrôle était proposée (non enrichie) ainsi qu'une version enrichie en vitamines et minéraux (qui sera notée *VM*). Ce complexe de micronutriments est composé de vitamines A, B9, C, D, E, de calcium et de magnésium (le détail des quantités ne pourra être mentionné ici pour cause de confidentialité). Le Tableau 32 en montre les valeurs nutritionnelles des smoothies testés.

Tableau 32 : Valeurs nutritionnelles des smoothies

Ingrédients	Pomme-Rose	Pomme-Rose + VM	Pomme-Myrtille	Pomme-Myrtille + VM
Energie	49	49	49	49
	206	206	204	204
Glucides totaux	12,50	12,40	12,40	12,40
Fibres	0,63	0,63	0,97	0,97
Protides	0,17	0,17	0,28	0,28
Lipides	0,10	0,10	0,20	0,20
Dont graisses saturées	0,02	0,02	0,02	0,02

Les valeurs d'énergie sont exprimées en kcal/100g (ligne 1) et en kJ/100g (ligne 2)

Toutes les autres valeurs sont exprimées en g/100g

2.2) Profil sensoriel

Dans le but d'évaluer les modifications sensorielles potentiellement engendrées par une supplémentation en protéines ou en vitamines et minéraux, les purées et les smoothies ont été décrits par un panel d'experts. Ce panel se compose de 18 juges entraînés (2 hommes, 16 femmes). Depuis 2010, ces panélistes ont été sélectionnés et entraînés selon les recommandations AFNOR (1995). Pour chaque échantillon, les panélistes devaient évaluer des attributs relatifs aux odeurs, aux arômes, aux saveurs et à la texture des produits. Vingt-huit et trente-quatre attributs ont été évalués pour respectivement les purées de carottes et les smoothies. L'intensité de chaque attribut a été notée sur une échelle visuelle analogique grâce au logiciel Fizz (Fizz réseau, Biosystèmes, version 2.46). Les notes d'intensité varient entre 0 (absence du stimulus) à 10 (stimulus très intense). Les panélistes ont évalué les échantillons par type de produits (toutes les purées de carottes, puis tous les smoothies). Afin de limiter l'effet d'ordre, l'ordre de présentation des échantillons était équilibré (par type de produits) grâce à des carrés latins de Williams. Les participants devaient se rincer la bouche à l'eau et attendre deux minutes entre chaque échantillon.

2.3) Test consommateurs

a) Les participants recrutés

Afin de mesurer l'impact de l'enrichissement sur l'évaluation hédonique d'aliments réels, un test consommateurs a été organisé au niveau européen. 344 personnes âgées de 65 ans ou plus, autonomes, vivant à domicile, ont été recrutées en Finlande (n=82), en France (n=91), en Pologne (n=92) et en Espagne (n=72). Dans chaque pays, le sexe ratio était équilibré et la proportion de femmes variait entre 65% et 71%. Les participants étaient âgés de 65 à 90 ans (pour le détail par pays, voir Tableau 33).

Tableau 33 : Variables démographiques des personnes âgées autonomes recrutés pour le test consommateurs

	Finlande	France	Pologne	Espagne
Effectifs (n)	82	91	92	79
Hommes – Femmes (%)	29-71	35-65	33-67	29-71
Age (années)				
$\bar{x}(\sigma)$	72,7 (5,4)	70,8 (4,6)	72,2 (5,0)	73,5 (5,4)
min-max	65-86	65-84	65-85	65-90

$\bar{x}(\sigma)$: Moyenne (écart-type)

b) Evaluation hédonique

La méthodologie utilisée pour mesurer l'appréciation des produits enrichis est identique à celle décrite dans le chapitre précédemment. Pour rappel, les produits sont présentés en monadique séquentiel. Les participants sont invités à goûter le produit et à évaluer leur niveau d'appréciation sur l'échelle de Likert en 7 points développée au cours du projet AUPALESENS et auxquels sont associés des visages (Maitre et al., 2015). Une partie commentaires libres a permis aux participants d'indiquer les qualités et les défauts du produit dégusté. Pour une description plus détaillée de la méthodologie, voir chapitre précédent.

c) Les questionnaires complémentaires

Afin de mieux décrire la population étudiée et d'essayer de préciser certains déterminants pouvant modifier les notes hédoniques, les participants ont répondu à trois questionnaires complémentaires, utilisés dans l'enquête européenne : le HTAS (pour mesurer les attitudes envers les aliments), la néophobie et la sélectivité vis-à-vis des fruits et légumes. Pour plus de détails sur ces questionnaires et leur utilisation, se référer au chapitre II.

2.4) Analyses statistiques

L'ensemble des analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R (version 3.1.2). Les notes d'évaluation issues du profil sensoriel ont été analysées par types de produits et soumises à une ANOVA à quatre facteurs : juges, produits, répétitions et l'interaction juges x produits. Des tests post-hoc LSD ont été réalisés sur les facteurs significatifs. Au vu du nombre important de descripteurs utilisés, seuls les descripteurs significatifs ou apportant une information pertinente en lien avec les produits seront détaillés ici. Pour les évaluations hédoniques, les notes d'appréciations ont été soumises à une ANOVA à quatre facteurs : juge, pays, produits et l'interaction pays x produits. L'analyse a été menée par types d'aliments. Afin de permettre la comparaison des différents groupes, des tests post-hoc LSD ont été calculés pour les variables dont l'effet était significatif. Enfin, les liens entre les notes d'appréciations par produit et les attitudes envers les aliments (sélectivité, néophobie et HTAS) ont été testés grâce à des corrélations de Pearson.

3. Résultats

3.1) Profils sensoriels

Pour l'ensemble du profil sensoriel, les analyses des descripteurs d'odeur et d'arômes donnent des résultats très similaires. C'est pourquoi seuls les résultats des descripteurs aromatiques seront présentés ici.

a) Les purées de carottes enrichies en protéines

L'analyse du profil sensoriel montre que les facteurs juges et produits sont en grande majorité significatifs pour les descripteurs de texture (Tableau 34), de saveurs (Tableau 35) et pour les descripteurs aromatiques (Tableau 36). Les scores moyens de chaque attribut pour chaque purée ainsi que les résultats des tests LSD pour le facteur produits sont présentés dans la Figure 43.

L'ajout de protéines modifie significativement la texture. Ainsi, les purées de carottes enrichies (5% ou 7,5%) sont perçues plus collantes, plus épaisses et plus farineuses par rapport à la purée contrôle non supplémentée en protéines. Avec des notes supérieures à 7,4/10, toutes les purées ont été perçues comme plutôt lisses, exceptée la purée contenant 5% de protéines qui a été décrite comme moins lisse (5,9/10) et plus granuleuse (5,4/10) par rapport aux autres variantes (inférieur à 3,3/10).

Les saveurs perçues sont également significativement impactées par la supplémentation protéique. En effet, l'ajout de protéines augmente significativement le salé, l'amertume et l'astringence des purées, ainsi que l'astringence. De la même manière, les purées enrichies sont perçues comme significativement moins grasses que la purée de référence non enrichie. Enfin, les purées les plus riches en protéines (7,5%) sont plus acides, contrairement à la purée contrôle ou à celle contenant une concentration plus faible de protéines (5%).

Enfin, la supplémentation protéique a entraîné une forte modification des profils aromatiques. Ainsi, l'ajout de protéines diminue significativement les notes aromatiques de carotte cuite et de beurre, au profit des notes pois chiche et épices. Notons cependant qu'aucun effet significatif n'a été mis en évidence en ce qui concerne l'intensité aromatique globale ou la persistance aromatique des produits enrichis en protéines.

Tableau 34 : Valeurs de F et significativités associées à l'ANOVA des descripteurs de texture pour les purées de carottes enrichies en protéines

	Granuleux	Collant	Lisse	Epais	Farineux
Juge	10,33 **	18,40 ***	28,41 ***	16,28 ***	34,44 ***
Juge x Produit	4,97 *	9,40 **	16,35 ***	3,94 *	1,45
Répétition	0,12	2,00	0,90	0,00	1,24
Produit	30,73 ***	78,66 ***	10,00 ***	62,80 ***	166,87 ***

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Tableau 35 : Valeurs de F et significativités associées à l'ANOVA des descripteurs de saveurs pour les purées de carottes enrichies en protéines

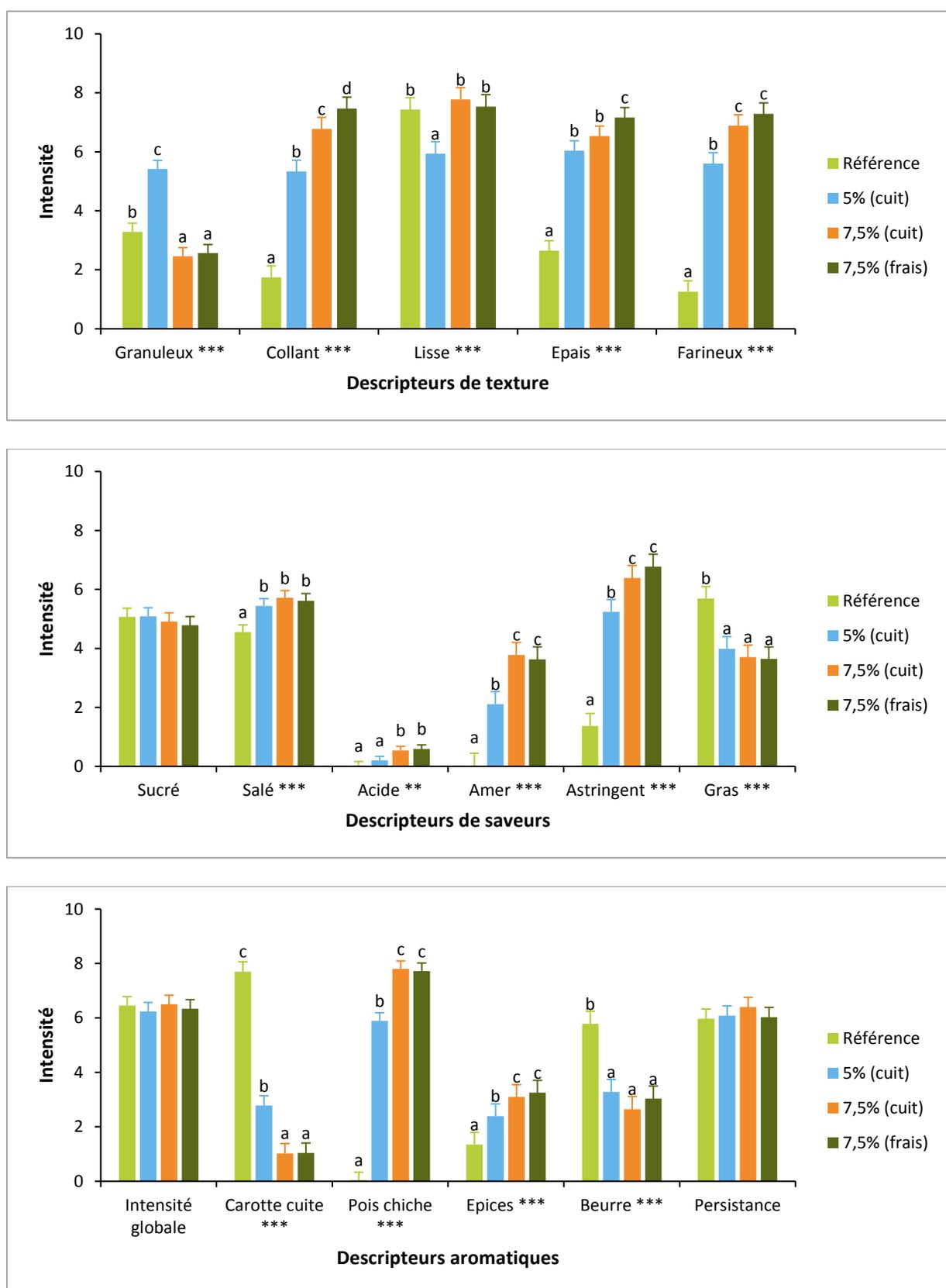
	Sucré	Salé	Acide	Amer	Astringent	Gras
Juge	46,61 ***	25,44 ***	5,66 *	6,65 *	24,65 ***	29,73 ***
Juge x Produit	1,60	5,82 *	3,75	1,48	1,732	1,75
Répétition	0,95	0,35	0,03	0,19	0,26	0,22
Produit	0,95	10,48 ***	4,87 **	22,38 ***	78,36 ***	14,98 ***

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Tableau 36 : Valeurs de F et significativités associées à l'ANOVA des descripteurs aromatiques pour les purées de carottes enrichies en protéines

	Intensité globale	Carotte cuite	Pois chiche	Epices	Beurre	Persistance
Juge	16,47 ***	16,53 ***	10,50 **	47,66 ***	34,34 ***	8,91 **
Juge x Produit	4,99 *	1,31	3,16	0	7,45 **	11,14 **
Répétition	2,87	0,04	0,66	3,44	0,04	1,33
Produit	0,22	138,42 ***	221,81 ***	15,33 ***	26,92 ***	0,373

** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$



Les étoiles indiquent le niveau de significativité du descripteur. ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Figure 43 : Descripteurs significatifs ou d'intérêt pour le profil sensoriel des purées de carottes

b) Les smoothies enrichis en vitamines et minéraux

Concernant les smoothies, la première différence à noter est leurs couleurs. Les deux recettes à base de pommes et de myrtilles ont une couleur violacée très sombre alors que les deux recettes à base de pommes et de cynorrhodon ont une couleur orangée.

Les facteurs juge et produits sont significatifs dans la majorité des cas pour les attributs de texture (Tableau 37), de saveurs (Tableau 38) ainsi que pour les attributs aromatiques (Tableau 39). Les scores moyens de chaque attribut pour chaque smoothie ainsi que les résultats des tests LSD pour le facteur produits sont présentés dans la Figure 44.

Les résultats des descripteurs de texture montrent une différence entre les recettes de smoothies. Ainsi, les deux recettes à base de pomme et de cynorrhodon (pomme-rose et pomme-rose + VM) ont été décrites comme plus fluides et moins épaisses que les deux recettes à base de pommes et de myrtilles. Bien qu'une différence statistiquement significative existe pour les attributs lisse et crissant, tous les smoothies ont été perçus comme lisses (notes supérieures à 7,4/10) et très peu crissant (notes inférieures à 1/10). Malgré ces différences inter-recettes, aucune différence significative intra-recette n'a été mise en évidence. Autrement dit, l'ajout de vitamine et minéraux n'a pas modifié significativement la texture.

En bouche, une seule saveur semble différencier les échantillons ; les deux recettes de smoothies pomme-myrtilles étant perçues significativement plus acides que les deux autres recettes. Dans l'ensemble, tous les smoothies sont moyennement sucrés (4,6/10), légèrement acide (2,8/10) et légèrement astringent (2,7/10). Là encore, l'ajout de vitamines et minéraux ne semble pas impacter les saveurs perçus puisqu'aucune différence significative n'a été trouvée entre les variantes sans supplémentées et les variantes non supplémentées.

Enfin, les mêmes conclusions peuvent être tirées pour les descripteurs aromatiques : l'ajout de vitamines et minéraux ne semblent pas impacter significativement le profil aromatique des différentes recettes testées (excepté pour le descripteur vin). Les différences significatives apparaissent lorsque les deux recettes pomme-myrtille sont comparées aux deux recettes pomme-rose. Les recettes pomme-myrtille sont décrites comme ayant des notes aromatiques de fruits rouges/fruits noirs et de jus de raisin. Au contraire, les recettes pomme-rose sont plutôt décrites par des notes aromatiques de pêche et d'abricot.

Tableau 37 : Valeurs de F et significativités associées à l'ANOVA des descripteurs de texture pour les smoothies enrichis en vitamines en minéraux

	Fluide	Lisse	Epais	Crissant
Juge	38,22 ***	58,67 ***	54,37 ***	18,47 ***
Juge x Produit	0,002	0	0	11,97 **
Répétition	0,15	0,36	2,30	5,49 *
Produit	9,79 ***	4,05 **	4,90 **	3,56 *

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Tableau 38 : Valeurs de F et significativités associées à l'ANOVA des descripteurs de saveurs pour les smoothies enrichis en vitamines en minéraux

	Sucré	Acide	Amer	Astringent	Métallique
Juge	50,95 ***	52,25 ***	11,11 **	44,65 ***	18,57 ***
Juge x Produit	4,05 *	0,85	2,83	0,94	0,76
Répétition	0,07	0,94	0,74	8,44 **	0,46
Produit	0,22	5,74 **	0,96	1,71	2,54

** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

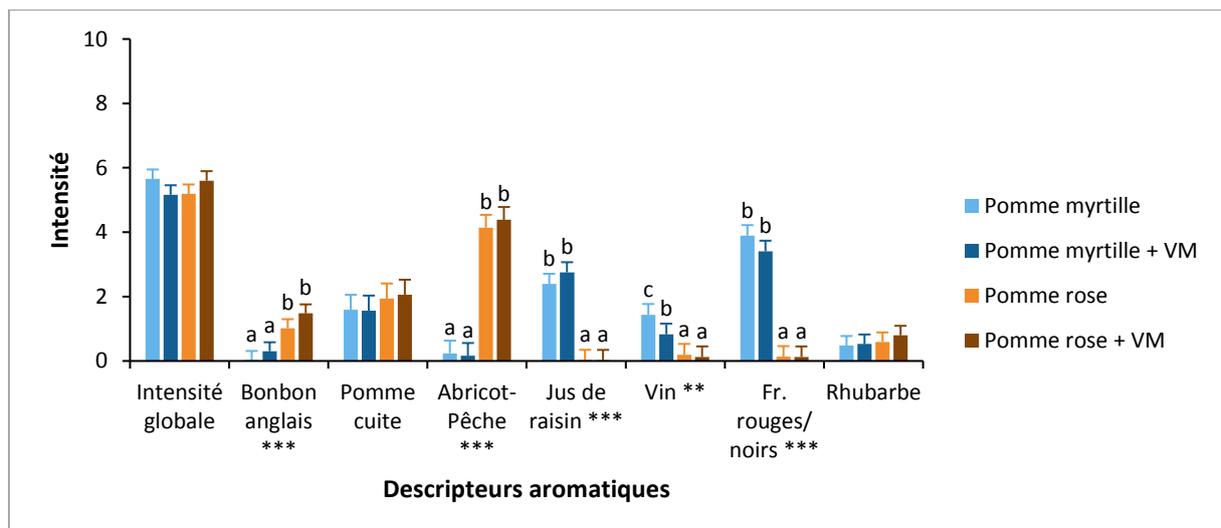
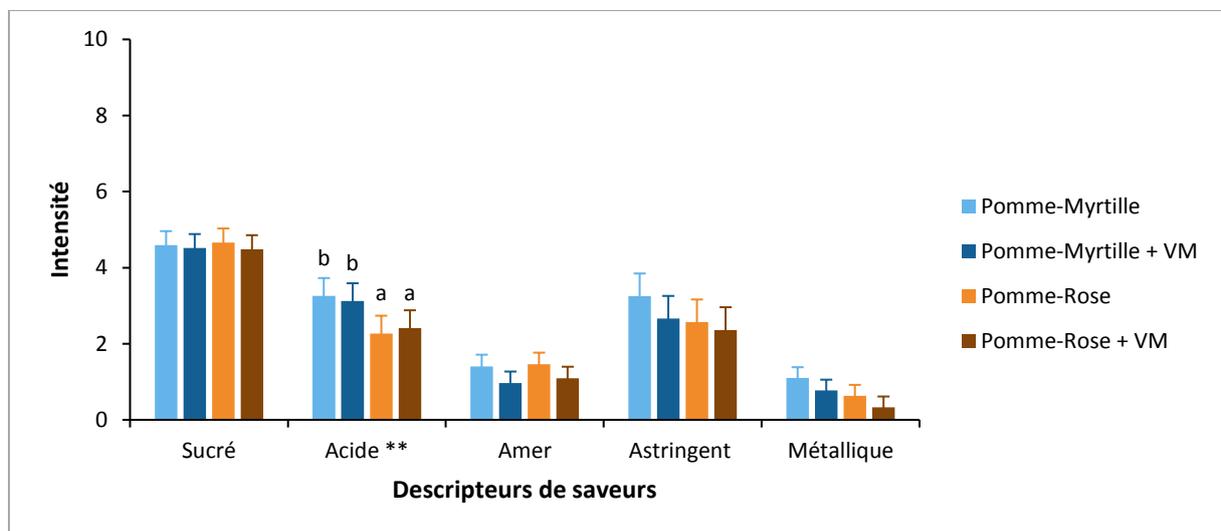
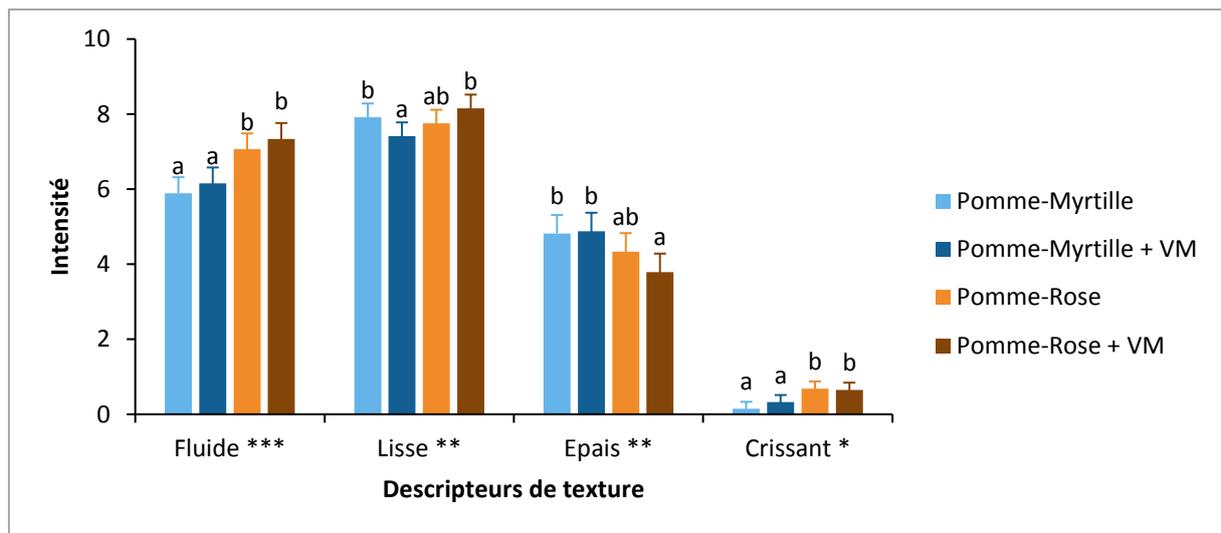
Tableau 39 : Valeurs de F et significativités associées à l'ANOVA des descripteurs aromatiques pour les smoothies enrichis en vitamines en minéraux

	Intensité globale	Bonbon anglais	Pomme cuite	Abricot-Pêche
Juge	32,87 ***	10,57 **	40,12 ***	4,77 *
Juge x Produit	0,00	7,03 **	0	6,03 *
Répétition	2,27	0,26	0,61	0,06
Produit	2,50	8,12 ***	1,02	40,31 ***

(Suite)

	Jus de raisin	Vin	Fruits rouges/noirs	Rhubarbe
Juge	2,75	14,75 ***	0,76	2,55
Juge x Produit	14,90 ***	81,88 ***	4,09 *	0,03
Répétition	0,05	0,19	5,47 *	0,03
Produit	20,96 ***	5,13 **	35,38 ***	0,27

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$



Les étoiles indiquent le niveau de significativité du descripteur. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Figure 44 : Descripteurs significatifs ou d'intérêt pour le profil sensoriel des smoothies

c) Conclusion

Au vu des descriptions sensorielles effectuées par un panel d'experts entraînés, il semblerait que l'ajout de protéines modifie significativement la texture, les saveurs ainsi que le profil aromatique des purées de carottes dégustées. Les principaux effets engendrés par l'ajout de protéines sont une augmentation de l'épaisseur et du côté farineux, de l'astringence et de l'amertume ainsi que l'apparition d'une note aromatique de pois chiche. Pour les smoothies, il semblerait qu'une supplémentation en vitamines et minéraux n'ait que peu d'impact sur les caractéristiques sensorielles de ces produits. Voyons à présent comment ces aliments enrichis seront appréciés par des consommateurs âgés.

3.2) Test consommateurs

a) Les purées de carottes enrichies en protéines

Les résultats de l'ANOVA montrent que les facteurs pays, produits, juges ainsi que l'interaction pays x produits ont un effet significatif sur l'appréciation des purées de carottes (Tableau 40). Les notes moyennes d'appréciation sont détaillées par facteur dans la Figure 45 ainsi que les tests post-hoc associés.

De façon globale, tous pays confondus, l'ajout de protéines diminue significativement la note hédonique donnée par les participants. En effet, les tests post-hoc LSD montrent que la purée de référence (non enrichie en protéines) est significativement plus appréciée (4,9/7) que l'échantillon enrichi avec 5% de protéines (4,5/7), lui-même plus apprécié que les deux versions enrichies à 7,5% de protéines (4,2/7). Qu'elles soient enrichies de l'arôme carotte cuite ou carotte fraîche, les deux purées à 7,5% de protéines obtiennent des notes d'appréciation similaires ; montrant que l'arôme n'a pas eu d'impact sur les notes données par les participants.

L'analyse du facteur pays montre que la purée de carottes est significativement moins appréciée en Finlande (4,1/7) par rapport à la Pologne (4,6/7) ou l'Espagne (4,8/7).

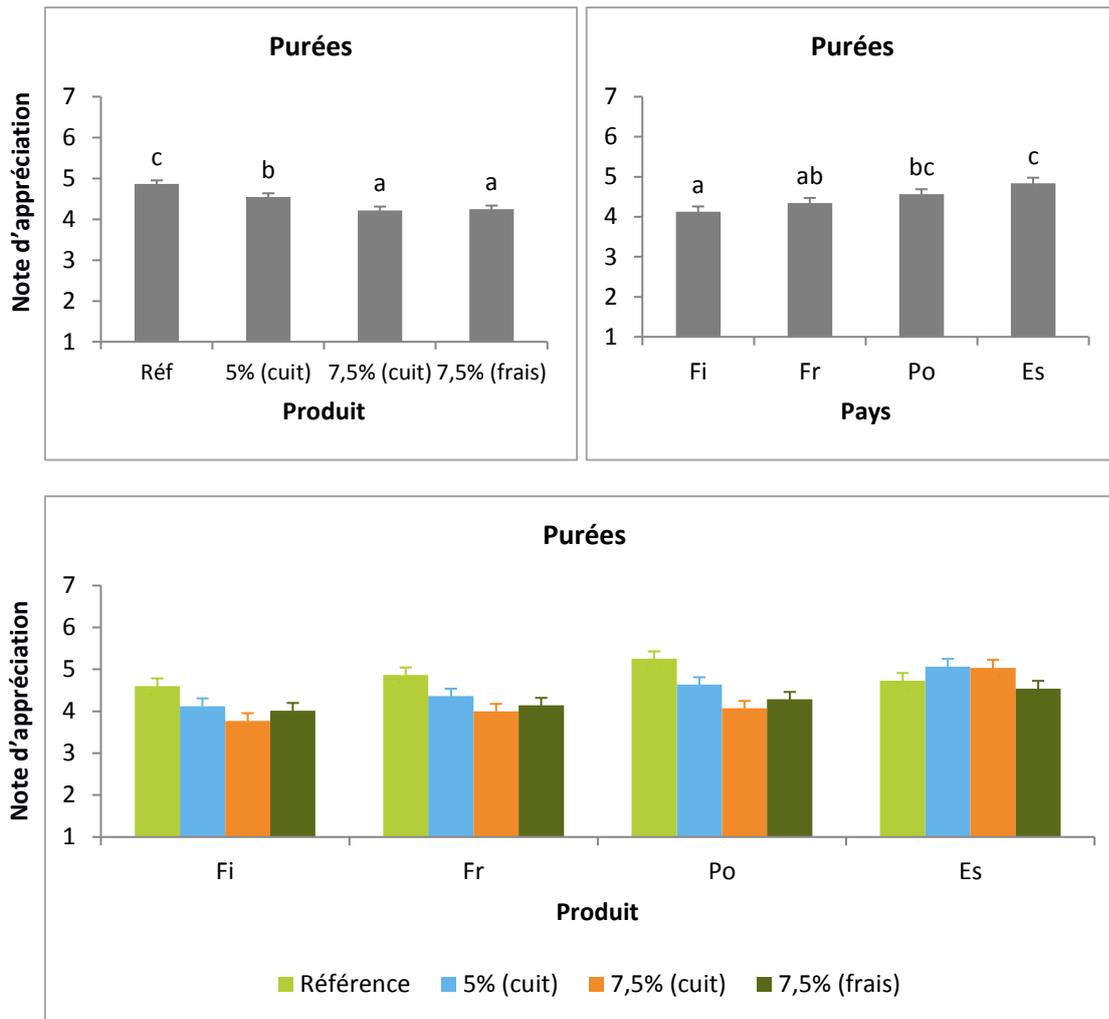
Enfin, l'étude de l'interaction Produit x Pays met en lumière un produit assez segmentant entre les pays dans la population étudiée : la purée de carottes enrichie avec un arôme de carotte cuite et 7,5% de protéines. En effet, avec des notes d'appréciation moyenne de l'ordre de 4/7, cette variante semble peu appréciée en France (4/7), en Pologne (4,1/7) ainsi qu'en Finlande (3,8/7). Au contraire, ce produit est significativement plus apprécié en Espagne avec une note moyenne de 5,1/7. Le Tableau 41 présente les notes moyennes d'appréciation, ordonnées pour chaque pays ainsi que les groupes homogènes du test LSD.

Les verbatim des participants français nous apprennent que la purée référence a été significativement plus fréquemment décrite comme ayant le goût de carotte ; ce qui ne se retrouve pas dans les autres purées, enrichies en protéines. De plus, l'enrichissement semble s'accompagner de plusieurs modifications de texture (épaississement, augmentation du côté farineux en bouche) et de couleur (moins orangée). Tous ces défauts ont été plus fréquemment cités pour les produits enrichis en protéines que pour la purée de référence et semblent assez cohérents avec les résultats des profils sensoriels. Le tableau de résultats pour les verbatim est présenté en annexes.

Tableau 40 : Tableaux de l'ANOVA pour les notes d'appréciations moyennes des purées de carottes

Facteurs	ddl	F_(ddl, 344)	p-value
Pays	3	5,191	0,002 **
Produit	3	17,505	0,000 ***
Produit x Pays	9	3,627	0,000 ***
Juge	1	214,178 (χ^2)	0,000 ***

** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$



Fi : Finlande ; Fr : France ; Po : Pologne ; Es : Espagne

Figure 45 : Notes moyennes et tests post-hoc LSD associés pour l'appréciation des purées de carottes

Tableau 41 : Notes moyennes d'appréciation, ordonnées pour chaque pays

Finlande (n=82)		France (n=91)		Pologne (n=92)		Espagne (n=79)	
Référence	4,6 defg	Référence	4,9 fgh	Référence	5,3 h	5% (cuit)	5,1 gh
5% (cuit)	4,1 abc	5% (cuit)	4,4 bcde	5% (cuit)	4,6 efg	7,5% (cuit)	5,0 gh
7,5% (frais)	4,0 ab	7,5% (frais)	4,1 abcd	7,5% (frais)	4,3 bcde	Référence	4,7 efg
7,5% (cuit)	3,8 a	7,5% (cuit)	4,0 ab	7,5% (cuit)	4,1 abc	7,5% (frais)	4,5 cdef

Le tableau ordonne les recettes de purées de carottes de la plus aimée à la moins aimée pour chaque pays. Les valeurs correspondent à l'analyse de l'interaction pays x produits (moyennes et groupes LSD associés).

b) Les smoothies enrichis en vitamines et minéraux

Pour les smoothies, les résultats de l'ANOVA montrent que tous les facteurs ont un effet significatif sur l'évaluation hédonique des consommateurs (Tableau 42). L'ensemble des notes moyennes d'appréciation par facteur ainsi que les résultats des tests post-hoc associés sont détaillés dans le Tableau 43 et la Figure 46.

Tous pays confondus, il semblerait que les quatre recettes de smoothies aient été relativement bien appréciées puisque les notes d'appréciation moyennes sont supérieures à 5/7. Les résultats des tests post-hoc LSD montrent également que l'ajout de vitamines et minéraux n'a eu aucun impact sur la note d'appréciation moyenne ; pour aucune des recettes testées (pomme-myrtille ou pomme-rose).

L'analyse de l'effet pays révèle également des notes d'appréciation moyenne supérieures à 5/7 pour tous les pays, excepté pour la France où la note moyenne est significativement plus faible (4,7/7). Notons qu'en Pologne, l'appréciation moyenne est significativement plus élevée que dans les autres pays (5,9/7) ; ce qui est probablement dû au fait que les recettes des smoothies ont été développées en Pologne.

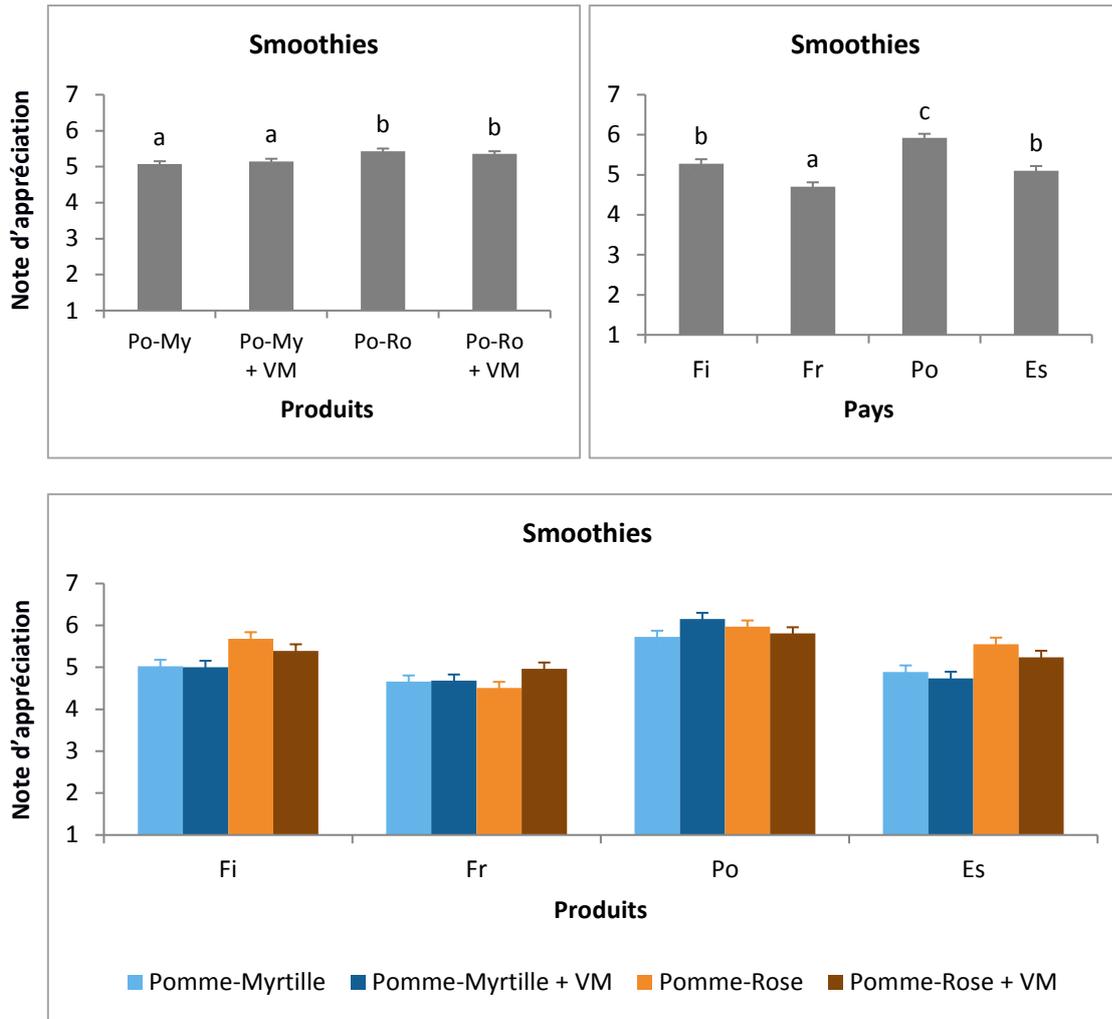
Enfin, l'interaction produit x pays montre que les deux recettes pomme-myrtille (supplémentées ou non) sont très appréciées en Pologne (notes supérieures à 5,7/7) alors qu'elles le sont significativement moins dans les autres pays (notes comprises entre 4,7 et 5,0/7). Comparée aux autres pays, la note moyenne d'appréciation de la recette pomme-rose (non supplémentée) est plutôt élevée dans tous les pays (supérieure à 5,6/7) alors qu'elle est significativement plus faible en France (4,5/7).

Pour les participants français, l'analyse des verbatim révèle plusieurs caractéristiques des smoothies. Parmi les commentaires les plus fréquemment cités, plusieurs qualités apparaissent dont la couleur et la texture (notamment pour la recette pomme-myrtille supplémentée). Le fait que les quatre produits soient peu sucrés a également été perçu comme un avantage par les consommateurs. En revanche, plusieurs défauts apparaissent : les smoothies ont fréquemment été cités comme fades et avec un goût indéfinissable. De plus, une partie des participants citent fréquemment la texture comme trop épaisse et trop pâteuse. Le tableau de résultats pour les verbatim est présenté en annexes.

Tableau 42 : Tableaux de l'ANOVA pour les notes d'appréciations moyennes des smoothies

Facteurs	ddl	F _(ddl, 344)	p-value
Pays	3	22,744	0 ***
Produit	3	7,798	0 ***
Produit x Pays	9	4,704	0 ***
Juge	1	222,725 (χ^2)	0 ***

*** $p < 0,001$



Po-My : smoothies à base de Pomme-Myrtille ; Po-Ro : smoothies à base de Pomme-Rose ; VM : supplémentation en vitamines et minéraux

Fi : Finlande ; Fr : France ; Po : Pologne ; Es : Espagne

Figure 46 : Notes moyennes et tests post-hoc LSD associés pour l'appréciation des smoothies

Tableau 43 : Notes moyennes d'appréciation, ordonnées pour chaque pays

Finlande (n=82)		France (n=91)		Pologne (n=92)		Espagne (n=79)	
Po-Ro	5,7 efg	Po-Ro+VM	5,0 bc	Po-My+VM	6,2 h	Po-Ro	5,6 def
Po-Ro+VM	5,4 de	Po-My+VM	4,7 ab	Po-Ro	6,0 gh	Po-Ro+VM	5,2 cd
Po-My	5,0 bc	Po-My	4,7 ab	Po-Ro+VM	5,8 fg	Po-My	4,9 ab
Po-My+VM	5,0 bc	Po-Ro	4,5 a	Po-My	5,7 efg	Po-My+VM	4,7 ab

Le tableau ordonne les recettes de smoothies de la plus aimée à la moins aimée pour chaque pays

Les valeurs correspondent à l'analyse de l'interaction pays x produits (moyennes et groupes LSD associés)

Po-My : smoothies à base de Pomme-Myrtille ; Po-Ro : smoothies à base de Pomme-Rose ; VM : supplémentation en vitamines et minéraux

c) Conclusion

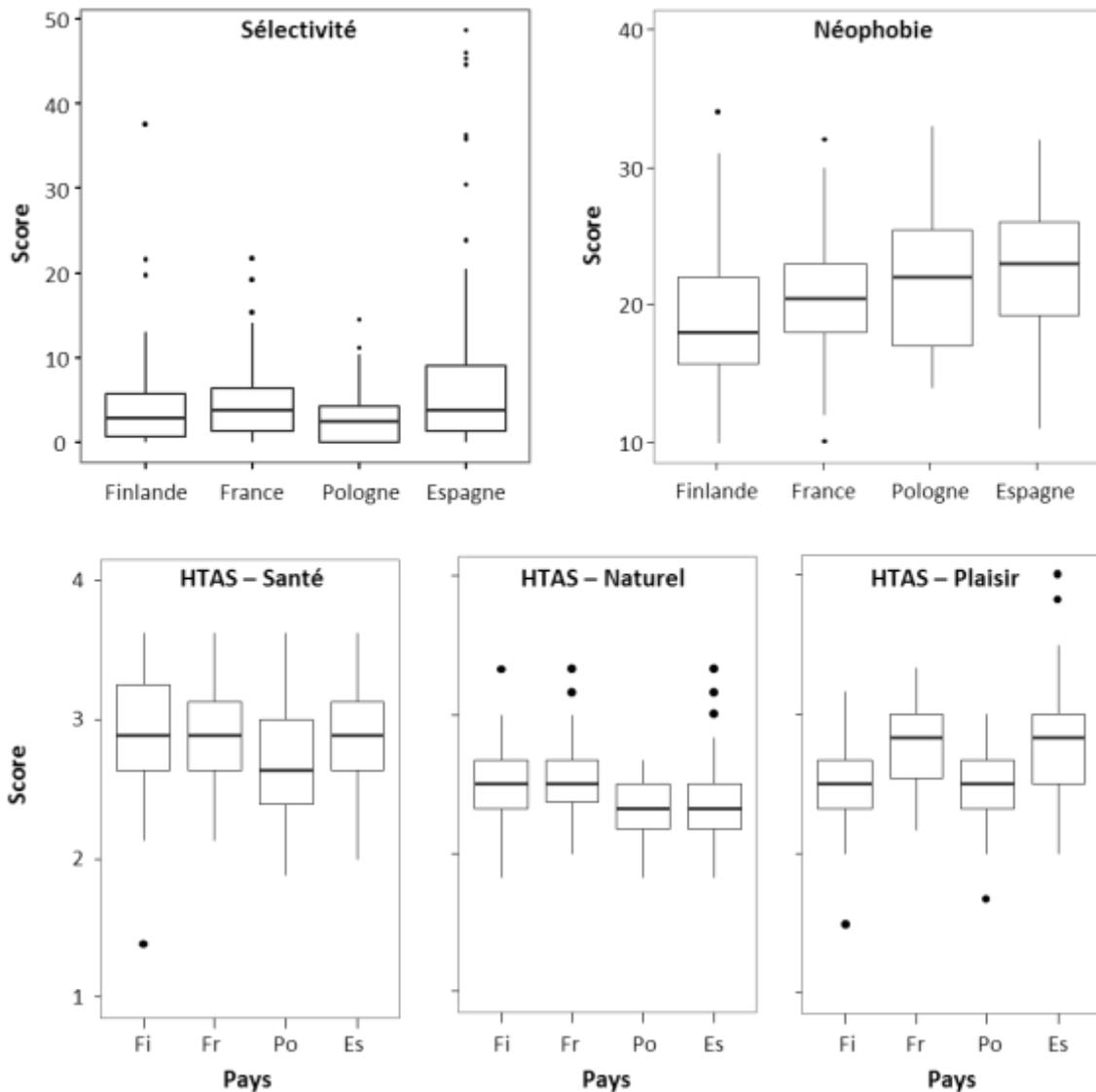
Nos résultats ont montré qu'un ajout de trop prononcé de protéines végétales dans une purée de carottes entraînait une diminution de l'appréciation de ces produits. La baisse de valeur hédonique observée semble être due à des modifications aromatiques (perte de la note « carotte ») ainsi que texturales (épaississement de la purée et augmentation du côté farineux) ; ce qui est en accord avec les profils sensoriels générés par un panel entraîné d'experts. Ceci valide qu'il est essentiel et pertinent d'interroger des consommateurs âgés au sujet de leurs perceptions et préférences. Pour les smoothies, l'ajout de vitamines et minéraux n'impacte pas les caractéristiques sensorielles ou hédoniques des produits.

3.3) Lien entre appréciation des produits et attitudes envers les aliments

Dans cette partie, nous proposons une approche originale et innovante en étudiant le lien qui pourrait exister entre les attitudes envers les aliments (sélectivité, néophobie et scores HTAS) et l'appréciation des purées de carottes ou des smoothies. Rappelons que la sélectivité correspond au nombre d'aliments familiers rejetés (parmi les fruits et légumes), la néophobie traduit quant à elle la propension des individus à rejeter des aliments non familiers ou inconnus et les scores HTAS renseignent sur ce qui est important pour un individu vis-à-vis de l'alimentation (le côté santé, le côté naturel et/ou le côté plaisir). Nous émettons l'hypothèse que ces attitudes seraient des prédicteurs de l'appréciation des aliments. Plus précisément, nous formulons l'hypothèse que des personnes plus sélectives ou plus néophobes pourraient donner des scores hédoniques plus faibles, notamment pour les échantillons supplémentés en protéines. Dans la mesure où les participants ne disposaient d'aucune information au sujet des produits, au-delà de leur dénomination (purée de carottes et smoothies), il est plus difficile d'émettre des hypothèses de lien entre les scores HTAS et les scores d'appréciation.

a) Attitudes envers les aliments

La distribution des scores de sélectivité, de néophobie et de HTAS sont présentés dans la Figure 47 grâce à des boîtes à moustaches. Nous pouvons remarquer que la majorité des participants étaient très peu sélectifs. Les scores de néophobie sont compris entre 18,8 (Finlande) et 22,9 (Espagne). Les scores HTAS sont semblables dans tous les pays, excepté en France et en Espagne où l'intérêt pour le côté plaisir de l'alimentation est plus élevé.



Fi : Finlande ; Fr : France ; Po : Pologne ; Es : Espagne

Figure 47 : Boîtes à moustaches des scores moyens de sélectivité, néophobie et HTAS pour chaque pays

b) Lien entre appréciation des produits et attitudes envers les aliments

Afin d'explorer le lien entre l'appréciation des produits et les attitudes envers les aliments, des graphiques bivariés ont été réalisés. Dans chaque graphique, l'appréciation (y) est représentée en fonction d'une variable d'attitude envers les aliments (x). Un exemple est montré dans la Figure 48 pour l'appréciation des purées de carottes (échantillons de référence et 7,5% (cuit)) et la néophobie, la sélectivité et le score HTAS (plaisir). Notons que, pour les deux autres purées de carottes et les quatre smoothies, les graphiques obtenus pour chacune des variables d'attitudes sont similaires à ceux présentés ici. Comme le montrent les graphiques, aucun lien ne semble se dessiner entre les variables d'attitudes et l'appréciation des aliments.

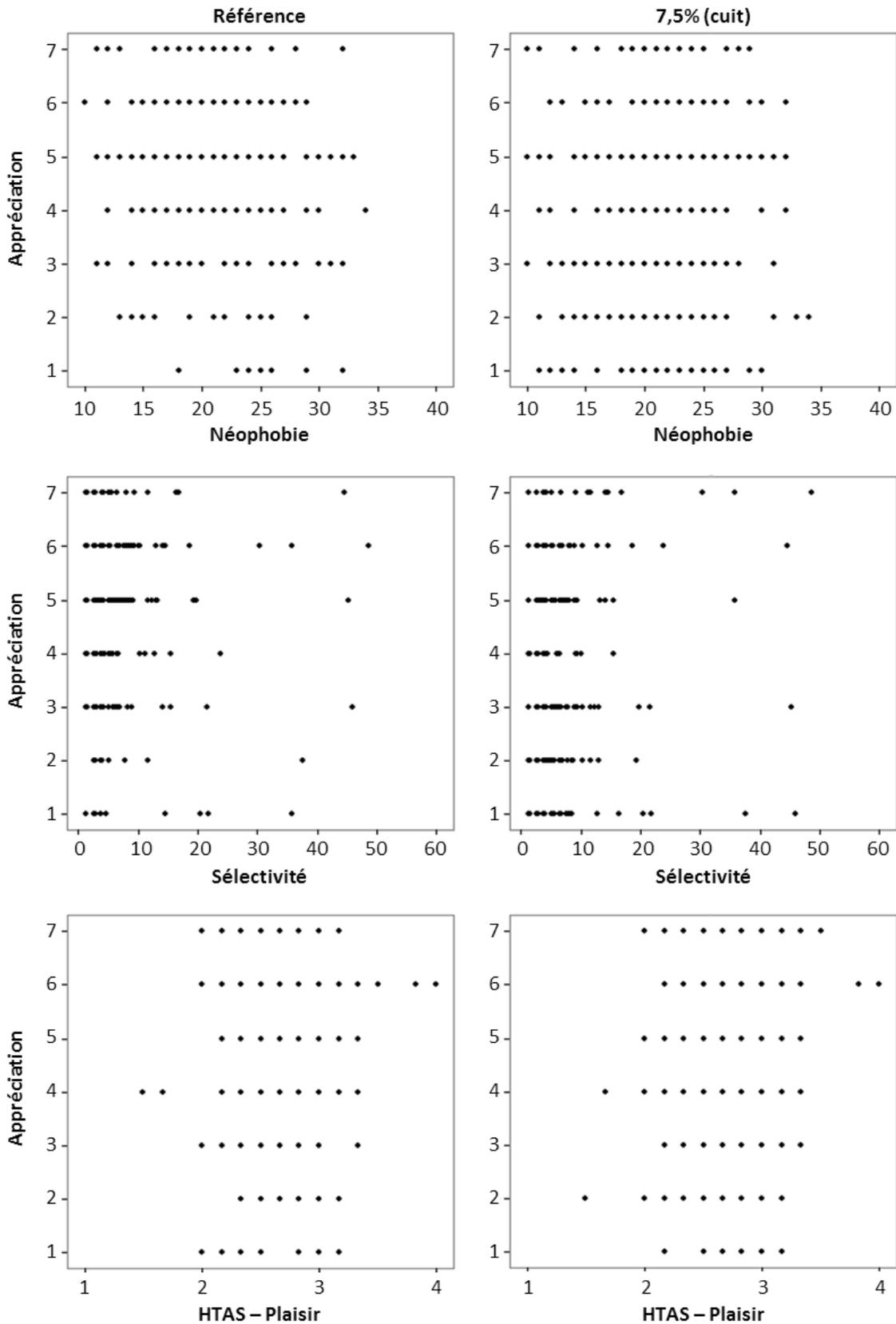


Figure 48 : Graphiques bivariés entre l'appréciation des produits et les variables d'attitudes envers les aliments pour la purée de référence (colonne de gauche) et la purée enrichie à 7,5% (cuit)

L'analyse statistique des corrélations entre l'appréciation par produit et les variables d'attitudes envers les aliments confirme les résultats observés sur les graphiques. Le Tableau 44 présente les coefficients R et les p-values associées aux corrélations de Pearson entre les scores d'appréciation par produit et les variables d'attitudes envers les aliments (sélectivité, néophobie, HTAS). Les résultats des corrélations montrent que l'âge et la néophobie ne sont jamais corrélés à l'appréciation des aliments, ni pour les purées de carottes, ni pour les smoothies. En revanche, la sélectivité semble négativement corrélée à l'appréciation des purées et des smoothies. Autrement dit, plus les consommateurs étaient sélectifs en termes de fruits et légumes, plus la note hédonique diminuait pour les purées de carottes 5g cuit ($R=-0,15$; $p<0,05$) et 7,5g frais ($R=-0,21$; $p<0,001$) et pour le smoothie Pomme – Myrtille enrichi en vitamines et minéraux ($R=-0,18$; $p<0,01$).

Pour les scores HTAS, plus les participants étaient intéressés par le côté santé des aliments, plus la note hédonique était faible pour les smoothies (voir Tableau 44 pour le détail des effets significatifs). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les smoothies étaient parfois jugés comme « chimiques » (analyse des verbatim du test consommateurs en France, voir Annexes pour le détail).

Tableau 44 : Coefficients R et significativités associés aux corrélations de Pearson entre l'appréciation par produit et les variables d'attitudes envers les aliments

Produit	Echantillon	Age	Sélectivité	Néophobie	HTAS		
					Santé	Naturel	Plaisir
Purées	Référence	-0,1	-0,06	-0,06	-0,08	-0,07	0,03
	5g (cuit)	-0,03	-0,15 *	0,03	-0,12	-0,06	0
	7,5g (cuit)	0,03	-0,11	-0,01	-0,11	0,04	0
	7,5g (frais)	-0,11	-0,21 ***	-0,09	-0,03	0,02	0
Smoothies	Pomme – Myrtille	0	-0,07	-0,07	-0,15 *	0,01	0,02
	Pomme – Myrtille VM	-0,06	-0,18 **	0,02	-0,15 *	-0,07	-0,05
	Pomme - Rose	-0,03	-0,04	-0,1	-0,07	-0,15 *	0,01
	Pomme - Rose VM	-0,07	-0,1	-0,01	-0,14 *	-0,08	0,11

* $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$

$n=344$

c) Conclusion

Dans nos conditions expérimentales, au-delà de quelques corrélations faibles ($R\leq 0,21$), aucune tendance globale ne laisse supposer un lien fort entre score d'appréciation, sélectivité, néophobie et attitudes envers les aliments (HTAS). Notons cependant que peu de sujets étaient très sélectifs ou néophobes dans la population étudiée. Il semblerait donc que les attitudes envers les aliments ne permettent pas de prédire le niveau d'appréciation des aliments testés.

4. Discussion

Au cours de ce chapitre, nous nous sommes intéressés à l'impact d'un enrichissement sur les caractéristiques sensorielles et hédonique de différents aliments. Des purées de carottes ont été supplémentées en protéines d'origine végétale (pois et blé) et des smoothies de fruits ont été supplémentés en vitamines et minéraux. Ces données, tant au niveau du profil sensoriel que du test consommateurs, constituent des résultats nouveaux et originaux, encore très peu proposés en bibliographie. Bien que quelques études explorent le lien entre enrichissement en protéines et appréciation chez des étudiants (Ramcharitar, Badrie, Mattfeldt-Beman, Matsuo, & Ridley, 2005; Wu, Fontenot Molaison, Pope, & Reagan, 2005), à notre connaissance, seulement une étude a été publiée sur cette thématique avec des personnes âgées (Santos, Freitas, Moreira, Zanfonato, & Costa, 2016). Ces auteurs ont étudié l'appréciation par des personnes âgées de poudres chocolatées enrichies en spiruline (algue riche en protéines). Les résultats semblent montrer que l'enrichissement en protéines végétales n'a pas d'impact sur l'évaluation hédonique des produits. Toutefois, plusieurs biais rendent ces résultats questionnables. Tout d'abord, les informations relatives aux participants de l'étude restent vagues : il est uniquement fait mention de « *elderly* », de « *target consumers* » et aucune variable ne caractérise la population étudiée (âge, sexe ratio, etc.). Le second biais réside dans le fait que les poudres enrichies en spiruline ne contiennent pas significativement plus de protéines que les poudres non enrichies ; interrogeant de fait la conclusion de l'étude. Toutefois, cette étude a le mérite d'exister et d'autres sont encore nécessaires pour préciser les impacts nutritionnels, sensoriels et hédoniques d'un enrichissement en protéines chez une population âgée.

Dans nos conditions expérimentales, nous avons mis en évidence qu'un enrichissement protéique de purées de carottes engendrait plusieurs défauts sensoriels. Qu'ils soient évoqués par des panélistes entraînés ou par des consommateurs âgées, certains défauts apparaissent systématiquement et de façon unanime : les purées plus riches en protéines sont plus épaisses, plus farineuses et développent beaucoup plus d'arômes « pois chiche » au détriment d'arômes « carotte cuite ». Le panel d'experts a également décrit les purées enrichies comme plus amères et plus astringentes. Tous ces résultats à propos d'une supplémentation en protéines de pois (75%) et blé (25%) sont très cohérents avec ceux rapportés en littérature pour la protéine de soja. En effet, plusieurs auteurs rapportent des modifications de texture et de goût liées à une addition de protéines de soja (Yeu et al., 2007). Il semblerait également de cette protéine soit source d'astringence, d'amertume et qu'elle augmente les aspects farineux et pâteux des produits (Asgar et al., 2010; Phillips & Williams, 2011). Tous ces défauts se traduisent par une diminution de la valeur hédonique, mise en évidence dans le test consommateurs par une baisse des niveaux d'appréciation des produits les plus riches en protéines.

Là encore, plusieurs études rapportent un effet similaire lié à une augmentation de la concentration en protéines (Amin et al., 2016; Banureka & Mahendran, 2011; Bertolin et al., 2013; Yeu et al., 2007).

Suite aux pré-tests réalisés en interne, certains défauts sensoriels comme l'apparition de notes pois chiche, avaient été abordés. Suite à ces discussions, nous avons décidé de présenter les échantillons comme des « purées de légumes » aux participants du test consommateurs. En bibliographie, des auteurs ont montré que les consommateurs associaient au nom d'un produit des attributs sensoriels spécifiques (Favalli, Skov, Spence, & Byrne, 2013). De plus, les noms des aliments peuvent influencer leur niveau d'appréciation par des consommateurs (Fernqvist & Ekelund, 2014). Ainsi, dans notre expérience, parler de « purée de carottes » aurait évoqué des attentes chez les consommateurs et aurait influencé leur évaluation hédonique. Ce choix méthodologique a donc pour avantage de limiter les effets des attentes des consommateurs sur les notes hédoniques. Autrement dit, face à un label « purée de légumes », le consommateur ne s'attend pas à retrouver un goût prononcé de carottes et par conséquent, des notes comme le pois chiche (étrangères à une purée de carottes « classique ») pourraient être mieux acceptées. Cela n'a pas été le cas dans nos conditions expérimentales : la version non enrichie est préférée face aux purées riches en protéines. Toutefois, une exception est à noter pour l'Espagne. Dans ce pays, la purée de référence ainsi que les versions 5% (cuit) et 7,5% (cuit) sont autant appréciées (notes hédoniques non significativement différentes). Il est très intéressant de remarquer que, d'après l'enquête européenne (voir chapitre II), seulement 5% des participants interrogés rejettent les pois chiche en Espagne contre 27% à 37% dans les autres pays (excepté en Angleterre : 10%). Une hypothèse serait que les pois chiche constituent des aliments relativement peu consommés par cette génération dans des pays au Nord de l'Espagne. Il est possible que les Espagnols soient plus habitués à rencontrer des pois chiche au cours de leurs repas ; ce qui pourrait expliquer l'acceptation de ces notes aromatiques dans des purées de légumes. Aucun résultat en bibliographie ne traite actuellement du lien entre familiarité et appréciation chez les personnes âgées. D'autres études sont donc nécessaires pour tester cette hypothèse.

Un produit peu familier a été étudié dans le test consommateurs : le smoothie. Que ce soit sur le plan sensoriel ou sur le plan hédonique, nos résultats n'ont montré aucun effet significatif de l'enrichissement en vitamines et minéraux, ni sur le plan sensoriel, ni sur le plan hédonique. Il semblerait donc possible d'enrichir des aliments en vitamines et minéraux sans en dégrader les propriétés organoleptiques. Toutefois, précisons que certaines clauses de confidentialité nous empêchent de connaître la composition exacte du cocktail de vitamines et minéraux utilisé. Dans le cas où les concentrations en micronutriments sont faibles, il serait intéressant d'évaluer si des concentrations plus importantes permettraient d'obtenir des conclusions semblables. Evidemment, nous supposons que les smoothies ont été enrichis avec un cocktail de micronutriments dont les

concentrations garantissent un apport optimal sur le plan nutritionnel. Dans ce cas, nos résultats sont encourageants et montrent qu'une supplémentation en vitamines et minéraux est possible sans impacter les qualités des aliments utilisés comme matrice ; militant ainsi pour favoriser l'enrichissement d'aliments en micronutriments lorsque cela est nécessaire.

Dans cette étude, nous avons choisi les smoothies comme aliments non familiers en se demandant si les potentielles modifications engendrées par un enrichissement pourraient être mieux acceptées (car pas/peu de référence pour un aliment non familier). Les résultats ont montré que tous les smoothies étaient acceptés (enrichis ou non) et que l'enrichissement en micronutriments n'a pas modifié les évaluations hédoniques des consommateurs. Il est donc difficile de conclure, dans nos conditions expérimentales, sur cette hypothèse. De plus, travailler avec un aliment non familier nous exposait au risque que cet aliment soit rejeté uniquement parce qu'il n'est pas familier, et non à cause de son goût (néophobie). Toutefois, les résultats n'ont pas montré de corrélation entre appréciation des smoothies et néophobie. Il semblerait donc que la néophobie ne constitue pas un critère majeur lors du recrutement des participants.



Ce qu'il faut retenir

Au cours de ce chapitre, plusieurs aliments enrichis nutritionnellement ont été évalués sur le plan sensoriel par un panel d'experts entraînés et sur le plan hédoniques par un groupe de 359 personnes âgées autonomes vivant à domicile.

Enrichir des smoothies en vitamines et minéraux ne semble pas en modifier les caractéristiques sensorielles ou l'appréciation. Ceci est encourageant et milite pour favoriser l'enrichissement en micronutriments quand cela est nécessaire.

En revanche, l'ajout de protéines d'origine végétale dans des purées de carottes engendre d'importantes modifications de texture (plus épaisse, plus farineuse), de saveurs (goût amer et astringent) et du profil aromatique (apparition de notes « pois chiche » au détriment de notes « carottes cuites »). Bien que non rédhibitoires, ces défauts sensoriels diminuent significativement la valeur hédoniques des purées. Ainsi, un travail précis de formulation est nécessaire afin de limiter l'apparition de ces défauts.

Dans un cadre d'innovation, nos résultats constituent une base permettant d'évaluer l'impact d'une supplémentation, notamment protéique, sur les caractéristiques sensorielles et les évaluations hédoniques d'aliments réels. Ils constituent ainsi un réel support au développement produit, permettant de créer des aliments innovants en adéquation avec les attentes et les préférences des consommateurs ciblés.

Chapitre 5

*Discussion générale
et perspectives*

CHAPITRE V : Discussion générale et perspectives

Au cours de cette thèse, nous nous sommes intéressés au cas particulier des fruits et légumes dans l'alimentation des personnes âgées. Compte tenu du vieillissement de la population européenne et de l'augmentation du risque de dénutrition chez les populations âgées, notamment dépendantes, il est urgent de trouver des leviers pour limiter ce phénomène. Les solutions proposées à ce jour sont insuffisantes car, n'étant focalisées que sur une approche nutritionnelle, elles occultent les valeurs sensorielles et hédoniques des aliments enrichis. C'est pourquoi nous nous sommes demandés comment développer des aliments nutritionnellement et sensoriellement adaptés à l'alimentation des personnes âgées en s'appuyant sur les outils sensoriels ? Les résultats de nos travaux ont confirmé l'intérêt d'inclure des outils sensoriels tout au long des étapes de développement d'un produit. Dans ce chapitre final, nous répondrons à chacune des questions de recherche soulevées par cette problématique et proposerons un regard critique sur les résultats obtenus. Enfin, plusieurs perspectives seront présentées comme pistes pour les recherches futures.

Quelles sont les habitudes et les préférences alimentaires des personnes âgées pour les fruits et légumes ?

L'étude des habitudes alimentaires des personnes âgées dans cinq pays européens a révélé que les prises alimentaires semblaient s'organiser autour des trois repas conventionnels que sont le petit déjeuner, le déjeuner et le dîner. Bien que ce modèle s'applique dans la majorité des cinq pays européens étudiés, une nuance spéciale est à noter pour la Finlande : le dîner est souvent remplacé par une collation du soir. Ceci soulève alors la question de la définition d'un « repas ». De nombreux auteurs ont essayé de définir ce qu'était un « repas » et plusieurs approches sont possibles. A ce propos, il est plus juste de parler de « prise alimentaire » que de « repas ». Par exemple, dans le domaine médical, une prise alimentaire est définie comme une occasion de manger. Au contraire, dans de nombreuses études sociologiques, la prise alimentaire se caractérise comme un événement social. Enfin, en nutrition, deux définitions sont possibles. Tout d'abord, la prise alimentaire se définit par les heures auxquelles elles surviennent. Dans ce cas, un « repas » correspond au petit déjeuner, au déjeuner et au dîner alors qu'une « collation » correspond aux prises alimentaires entre ces repas. Pour une revue complète des différentes définitions, consulter E. Roos & Prättälä (1997). Enfin, les prises alimentaires peuvent se caractériser par le contenu nutritionnel des aliments qui la composent. Dans ce cas, un « repas » est défini comme une prise alimentaire contenant des « aliments de base » (Macdiarmid et al., 2009). Ces auteurs définissent les « aliments de base » (*core foods*) comme « des

aliments normalement consommés dans le cadre des repas ». Au contraire, les boissons et les autres aliments (*non-core foods*) correspondent à ceux qui sont « *facilement consommés hors des repas* ». Toutes ces considérations sont à prendre en compte lors d'études sur les comportements alimentaires. Dans notre cas, un « repas » est défini comme un petit déjeuner, un déjeuner et un dîner ; alors que les « collations » font référence aux prises alimentaires survenant hors de ces repas.

Nos résultats ont également décrit la place des fruits et légumes au sein des différentes prises alimentaires. Il est très intéressant de noter les différences existant entre les pays ; comme par exemple une consommation fréquente de légumes au petit déjeuner en Pologne, la consommation quotidienne quasi systématique de soupe en France ou encore une consommation plus importante de jus de fruits en Finlande. Nos résultats constituent ainsi une aide au cours du processus de développement de produits et permettent de mieux définir les aliments au plus fort potentiel dans chacun des pays ainsi qu'au niveau Européen. Par exemple, développer une recette de légumes spécialement pour le petit-déjeuner semble pertinent en Pologne, alors que ce n'est pas le cas en France ou dans les autres pays Européens étudiés. Notons que globalement peu de différences existent entre les catégories de dépendance des personnes âgées. Il semblerait donc que les habitudes alimentaires ne changent pas drastiquement selon que les personnes vivent à domicile ou en EHPAD.

Un résultat marquant est la consommation peu fréquente de légumineuses. Plusieurs participants, en France, ont précisé qu'ils associaient les lentilles à la pauvreté et/ou à l'alimentation pendant la guerre et que donc ils ne concevaient plus manger des lentilles de nos jours. Ceci pourrait expliquer pourquoi les lentilles sont rejetées par 53% (Finlande) et 58% (Pologne) des participants. Toutefois malgré ces commentaires, en France, seulement 8% des participants interrogés rejettent les lentilles. Une autre hypothèse serait alors que ces aliments ne font tout simplement pas partie du répertoire alimentaire de cette génération. Au vu du potentiel nutritionnel protéique des légumineuses, elles constituent un complément ou une alternative à la viande ou au poisson et leur consommation est donc à valoriser auprès des populations âgées.

En termes de préférences alimentaires, nous avons mesuré les aliments appréciés, habitudes de consommation (styles de mangeurs) ainsi que les fruits et légumes rejetés (sélectivité). Les styles de mangeurs ont permis de mettre en évidence trois profils distincts : « *Pas de dessert ni de fruit* » (style 1, n=145), « *Amateurs de fruits mais pas d'alcool* » (style 2, n=121) et « *Des légumes vapeur et des desserts, mais pas d'assaisonnement* » (style 3, n=126). Ces styles sont cohérents avec ceux décrits précédemment par Maitre (2014) et montrent que, bien qu'ils soient appréciés de façon générale dans la population, l'appréciation des fruits et légumes constitue une variable segmentant les participants. Ce questionnaire constitue donc un outil pertinent pour dresser rapidement et facilement des profils types basés sur des habitudes de consommation et des préférences homogènes. Le questionnaire de

sélectivité pour les fruits et légumes est adapté de celui développé par Maitre et collaborateurs (2014) pour mesurer la sélectivité sur les différents types d'aliments intervenant au cours d'un repas (entrées, viandes, plats cuisinés, poissons, œufs, garnitures, produits laitiers, desserts, pain, boisson). Ces auteurs avaient montré que des personnes âgées plus dépendantes étaient plus sélectives, indépendamment de leur âge. Dans notre étude, le niveau de sélectivité pour les fruits et légumes n'a pas été influencé, ni par la catégorie de dépendance, ni par l'âge. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait qu'uniquement des personnes âgées dépendantes ont été interrogées et que les fruits et légumes sont des aliments appréciés et fréquemment consommés par les populations plus âgées (AFSSA, 2009; Baker & Wardle, 2003; Billson et al., 1999; Hébel, 2012a; Juan & Lino, 2007; Monceau et al., 2002; Volatier, 2000).

Enfin, précisons que le questionnaire de sélectivité est basé sur les items que les participants déclarent ne pas aimer ou ne pas connaître. Une amélioration possible serait d'évaluer les items que les participants peuvent réellement manger. Ce détail prend toute son importance au moment d'interroger des personnes âgées dépendantes et fragiles. Prenons l'exemple des légumes riches en vitamines K (brocoli, chou vert, chou de Bruxelles, persil, épinard, fenouil, etc.). Les vitamines K sont un groupe de vitamines qui interviennent dans la synthèse de facteurs de coagulation sanguine. Donc, pour les personnes bénéficiant d'un traitement visant à fluidifier le sang, les légumes riches en vitamines K sont à bannir de la diète. Le questionnaire de sélectivité gagnerait donc être complété par une colonne « Je ne peux pas en manger ».

Quelles sont les capacités sensorielles des personnes âgées et sont-elles liées à l'appréciation de produits à base de fruits ?

En étudiant 105 jeunes adultes (18-40 ans ; $\bar{x}=28 \pm 6$ ans), 130 personnes âgées autonomes (65-83 ans ; $\bar{x}=71 \pm 5$ ans) et 36 personnes âgées dépendantes (79-95 ans, $\bar{x}=87 \pm 5$ ans), nous avons montré que seul le groupe des personnes âgées dépendantes présentait des capacités gustatives diminuées pour discriminer des purées de pommes sur la saveur sucrée (et acide). Notons qu'à ce jour, en bibliographie, aucune étude n'a été réalisée avec des personnes âgées de plus de 75 ans. Nos résultats constituent donc une avancée originale puisqu'en plus des personnes âgées autonomes, ils prennent également en compte des personnes plus âgées et dépendantes.

D'après nos résultats, une limite apparaît aux environs des 80 ans. Comme discuté précédemment dans ce manuscrit, certains compromis méthodologiques ont été faits avec la population la plus âgée (effectif réduit, pas de répétition, discrimination uniquement sucrée). Ces considérations méthodologiques mises de côté, il semblerait que les performances de discrimination soient

relativement stables aux effets de l'âge avant 80 ans. Toutefois, certains auteurs ont montré une diminution des capacités de discrimination chez des personnes âgées de moins de 80 ans pour des solutions amères (Gilmore & Murphy, 1989) ou des solutions aqueuses mixtes, à la fois sucrées et acides (Kaneda et al., 2000). Dans leurs expérimentations, Kaneda et collaborateurs ont testé sept triades. Les résultats ont mis en évidence que pour les trois triades les plus différentes, les personnes âgées (n=21, 59-75 ans, âge moyen de 67 ans) étaient tout aussi performantes que les jeunes adultes (n=20, 21-40 ans, âge moyen de 29 ans) pour discriminer les échantillons. De la même façon, pour les deux triades les plus proches sensoriellement, les performances de discrimination étaient diminuées dans les deux groupes. En revanche, pour les triades « intermédiaires », la discrimination diminuait uniquement chez les personnes âgées.

Ces résultats nous amènent à nous demander si les concentrations de saveurs utilisées dans notre étude étaient suffisamment proches pour pouvoir mettre en évidence un potentiel effet de l'âge sur les capacités de discrimination. Au cours d'un repas, les personnes âgées consomment une purée de pommes et non des solutions aqueuses. C'est pourquoi l'objectif de cette expérimentation était d'abandonner les systèmes modèles et de mesurer les capacités de discrimination dans des aliments réels ; nous permettant ainsi de nous rapprocher des conditions réelles, *in situ*. Nous avons donc fait varier les concentrations de saveurs dans un domaine réaliste correspondant aux purées de pommes. De plus, nos résultats soutiennent ceux de la bibliographie concluant, avec des populations comparables, que l'âge ne semble pas affecter les capacités de discrimination gustative, tant pour des solutions aqueuses sucrées (Gilmore & Murphy, 1989) que pour des aliments réels (Mojet et al., 2003). Bien entendu, travailler sur les seuils est important et permet de mieux comprendre la perception des stimuli sensoriels. Des études complémentaires sont donc nécessaires pour éclaircir ces pistes de recherche.

Une autre hypothèse avancée dans le chapitre III était que les personnes les moins discriminantes gustativement le seraient également sur le plan hédonique. Autrement dit, si tous les aliments ont le même goût (discrimination gustative faible), alors les notes d'appréciation de ces aliments varieraient peu. Nos résultats ne montrent pas de lien entre discrimination gustative et hédonique. En bibliographie, aucune étude ne s'est intéressée, à notre connaissance, au lien entre perceptions gustatives et appréciation. En revanche, des auteurs ont étudié le lien qu'il pourrait exister entre perceptions olfactives et appréciations. Malgré une diminution des capacités olfactives, ces perceptions sensorielles ne semblent pas reliées aux préférences (Koskinen, Kälviäinen, & Tuorila, 2003; Kremer, Bult, Mojet, & Kroeze, 2007a). Une hypothèse proposée dans la bibliographie est que les changements sensoriels arriveraient progressivement, sans que les personnes âgées en soient

conscientes (Wysocki & Pelchat (1993) dans Kremer, Mojet, et al., (2007), ce qui rendrait les préférences relativement stables dans le temps.

Comment des produits à base de fruits et légumes, enrichis nutritionnellement, sont-ils appréciés par des personnes âgées ?

Au cours du chapitre IV, nous avons utilisé le profil sensoriel pour décrire l'impact que pourrait avoir un enrichissement protéique ou vitaminique sur les caractéristiques sensorielles d'un aliment. Bien qu'un enrichissement en vitamines et minéraux ne semble pas modifier grandement un smoothie sur le plan sensoriel, il en va différemment avec des purées de carottes enrichies en extraits de protéines de pois et de blé. En effet, le profil sensoriel a mis en évidence que l'ajout de protéines de pois et de blé modifiait la texture (épaisse, farineuse), les saveurs (amertume, astringence) et les arômes (pois chicke au détriment de carotte cuite) des purées testées. Lors d'un test consommateur, ces défauts sensoriels ont été confirmés par des personnes âgées et se sont traduits par une diminution significative de l'appréciation des purées les plus riches en protéines. Nous l'avons vu précédemment, les aliments enrichis en protéines sont majoritairement étudiés du point de vue nutritionnel et technologique (Lazo-Vélez, Chuck-Hernandez, & Serna-Saldívar, 2015; Marchais, Foisy, Mercier, Villeneuve, & Mondor, 2011; Mercier, Villeneuve, Mondor, & Des Marchais, 2011; Mondor, Guévremont, & Villeneuve, 2014; Paraskevopoulou, Chrysanthou, & Koutidou, 2012; Salem & Hanan, 2012; Villeneuve & Mondor, 2014) et très peu de résultats sont disponibles sur leur appréciation par des personnes âgées. Parmi les études existantes, toutes montrent que l'ajout d'une forte concentration de protéines (pois, soja ou avoine) induit une diminution de l'appréciation des produits (Amin et al., 2016; Banureka & Mahendran, 2011; Bertolin et al., 2013; Yeu et al., 2007). Au cours de prétests, un enrichissement protéique de 10% a également été testé. Toutefois, pour des raisons technologiques (purée trop épaisse pour passer dans les capillaires lors du traitement thermique) et organoleptiques (beaucoup de défauts sensoriels), cette version n'a pas été gardée pour notre expérimentation. Au vu de tous ces résultats, il est clair que l'ajout de protéines, bien que pertinent et essentiel sur le plan nutritionnel, dégrade significativement les qualités organoleptiques des aliments enrichis.

L'une des stratégies pour lutter contre ce phénomène serait de masquer les défauts sensoriels. En bibliographie, Amin et collaborateurs ont étudié l'appréciation de cookies enrichis avec des farines de soja et de pois à différentes concentrations (5%, 10% et 15%). Leurs résultats ont montré que les cookies avec 15% de protéines développaient une note aromatique « haricot » qui était moyennement appréciée. Toutefois, ajouter un arôme chocolat aux cookies a permis de masquer cette note haricot

et d'augmenter les notes d'appréciation (Amin et al., 2016). Des résultats similaires ont été trouvés par Yeu et collaborateurs avec des céréales à base de soja : consommer les céréales avec du lait ou ajouter de la cannelle aux céréales permettait de masquer les défauts liés au soja et d'ainsi augmenter les notes d'appréciation (Yeu et al., 2007). Dans cette optique de masquage, deux extraits de carottes différents ont été utilisés dans notre étude (extrait de carottes cuites et de carottes fraîches). Malgré leur ajout dans les purées enrichies en protéines, une baisse des notes hédoniques a pu être observée. Notons cependant que les versions enrichies n'ont pas été testées sans ces extraits de carottes. Peut-être, à concentrations de protéines égales, les notes hédoniques auraient été encore plus basses. Il serait intéressant de tester cette hypothèse. Ces stratégies de masquage constituent aujourd'hui un domaine actif de recherche. Une étude de Kremer, pas encore publiée, a porté sur l'appréciation de boissons lactées enrichies en protéines et en arômes. Afin de garantir un niveau d'acceptabilité maximum, ces auteurs conseillent d'utiliser différents types d'arômes plutôt que différentes concentrations du même arôme (Kremer et al. en préparation, lu dans Giacalone et al. (2016). Autrement dit, il serait préférable de modifier la qualité aromatique plutôt que d'en renforcer l'intensité.

Dans l'état de l'art du chapitre IV, nous évoquons les aliments fonctionnels. Pour rappel, un aliment fonctionnel est défini en Europe comme un produit présentant les six caractéristiques suivantes : i) ce sont des aliments habituels ou de la vie courante, ii) ils sont consommés au cours d'un repas ou d'une diète normale, iii) ils sont composés d'ingrédients naturels, iv) ce sont des aliments devant avoir un effet positif sur une fonction, au-delà de la valeur nutritionnelle seule, v) ces aliments peuvent aider à augmenter le bien-être et la santé et/ou réduire le risque de maladie ou apporter des bénéfices santé améliorant la qualité de vie (physique, physiologique, comportementale) et vi) les aliments fonctionnels doivent avoir des allégations autorisées et scientifiquement prouvées (Roberfroid, 2002). Alors que les trois premiers critères semblent respectés avec la purée de carottes, d'autres mesures sont nécessaires pour justifier les trois derniers points. Il aurait été passionnant de suivre deux populations de personnes âgées dépendantes, à risque de dénutrition, et d'évaluer les effets de la consommation à long terme de purées enrichies en protéines. Aurions-nous pu observer une diminution de la dénutrition ? Les personnes auraient-elles perçu une amélioration de leurs conditions de vie ? Des études complémentaires sont nécessaires pour répondre à ces questions.

Perspectives

Les résultats de cette thèse ouvrent sur plusieurs perspectives possibles.

La première, très appliquée, serait de tester l'appréciation de ces aliments enrichis directement auprès des consommateurs plus fragiles et plus à risque de dénutrition ; à savoir, les personnes âgées dépendantes vivant en EHPAD. Au moment de la rédaction de ce manuscrit, ces expérimentations sont actuellement en cours au sein du projet OPTIFEL dans plusieurs pays Européens. Différents aliments enrichis, dont les purées de carottes et les smoothies, sont en train d'être testés au cours de repas réels.

La deuxième perspective, plus fondamentale, serait de déterminer si, comme pour les autres capacités sensorielles, l'âge a un effet sur les seuils de discrimination gustative (sous-entendu, avant 80 ans). Il serait donc intéressant de tester des écarts de concentrations plus faibles entre les produits.

Nous nous sommes concentrés sur les fruits et légumes et, parmi les fruits et légumes, nous avons choisi plusieurs études de cas (purées de pommes, purées de carottes et smoothies). Il serait pertinent de profiter de la richesse des produits alimentaires et développer ces tests avec d'autres aliments.

En introduction de cette thèse, nous présentions le cycle « Apprendre – Produire – Mesurer », permettant de développer des produits innovants. Dans la phase de mesure (chapitre IV), nous avons montré l'insuffisance des stratégies de masquage mises en œuvre (deux extraits de carottes différents), se traduisant alors par l'apparition de défauts sensoriels et une diminution de la valeur hédonique des purées de carottes enrichies en protéines de pois et de blés. Une perspective appliquée de nos travaux serait donc d'explorer d'autres stratégies de masquage et de répéter le cycle « Apprendre – Produire – Mesurer » afin d'aboutir à des produits plus appréciés.

Enfin, bien que des évaluations hédoniques aient été réalisées au cours de cette thèse, une notion est restée à l'écart : le plaisir. Malgré les pertes sensorielles potentielles, est-ce que les personnes âgées prennent toujours autant de plaisir à consommer cet aliment ? Malgré un contexte de fragilité ou de dépendance, comment faire pour que le repas reste apprécié ? Quels sont les leviers pouvant augmenter ce plaisir ? Certes, l'appréciation d'un aliment peut être un indicateur du plaisir éprouvé au cours du repas. Toutefois, d'autres facteurs (psychologiques, sociaux, etc.) peuvent également entrer en jeu. J'espère sincèrement que les études futures permettront de répondre rapidement à ces questions, favorisant ainsi un vieillissement dans les meilleures conditions possibles.

Conclusion

CONCLUSION

Au terme de cette thèse, nous avons montré que les outils sensoriels étaient pertinents dans une démarche d'innovation produit et constituaient un réel atout pour les équipes R&D. Ainsi, les outils sensoriels s'intègrent à chaque étape du processus de développement pour fournir des informations permettant de répondre aux spécificités relatives aux personnes âgées.

Dans la phase d'apprentissage (« Apprendre »), des questionnaires ont permis de mieux connaître les habitudes et les préférences des personnes âgées. Nous avons ainsi mis en évidence les points communs et les spécificités relatives à chaque pays et chaque catégorie de dépendance dans cette population.

Dans la phase de production (« Produire »), il était nécessaire d'avoir un cahier des charges précis afin de pouvoir produire un aliment pertinent. Ici, les outils sensoriels ont permis de préciser les perceptions sensorielles des personnes âgées et de faire le lien entre ces capacités sensorielles et l'appréciation de différentes purées de pommes. A l'issue de ces expériences, des recommandations relatives aux concentrations de sucre et d'acide ont été fournies afin de préciser les plages de variations dans lesquelles les produits sont perçus et appréciés par la majorité des participants.

Enfin, dans la phase de mesure (« Mesurer »), les profils sensoriels et le test consommateurs ont permis de caractériser l'impact d'un enrichissement nutritionnel protéique ou en micronutriments sur les caractéristiques sensorielles et hédoniques d'aliments réels. Au vu des résultats, la décision peut alors être prise de commercialiser le produit ou alors de réitérer le cycle en modifiant la formulation des produits.

En intervenant tout au long du processus d'innovation ou de développement produit, les outils sensoriels aident à développer avec succès des aliments correspondant aux attentes et aux préférences spécifiques des personnes âgées.

Dans un contexte de dénutrition, l'alimentation doit parfois être imposée et les aliments enrichis actuels ne constituent pas une solution adaptée car encore incomplète du point de vue sensoriel. Autrement dit, ce n'est pas bon ! Leur consommation à long terme peut alors devenir problématique ;

au risque de perdre la notion de plaisir au cours des repas. Or, pour ces générations de personnes âgées fragiles, manger est parfois l'un des seuls plaisirs encore disponibles. Il faut donc favoriser tous les leviers permettant de vieillir dans les meilleures conditions. Et si cela doit passer par l'art de la table, alors il faut le maintenir, même pour les personnes fragiles à risque de dénutrition.

C'est pour cela que j'aimerais terminer ce manuscrit sur une citation d'A. Brillat-Savarin qui disait :

« Le plaisir de la table est de tous les âges, de toutes les conditions,
de tous les pays et de tous les jours »

Références bibliographiques et sources

A

- AFNOR. (1995). V 09-021. Analyse sensorielle - Recherche et sélection de descripteurs pour l'élaboration d'un profil sensoriel, par approche multidimensionnelle. In AFNOR (Ed.), *Contrôle de la qualité des produits alimentaires - Analyse sensorielle* (5e édition, pp. 276 – 310). Paris.
- AFNOR. (2013). NF EN 16271 Février 2013 - *Management par la valeur - Expression fonctionnelle du besoin et cahier des charges fonctionnel - Exigences pour l'expression et la validation du besoin à satisfaire dans le processus d'acquisition ou d'obtention d'un produit.*
- AFSSA. (2007). *Apport en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations*
Récupéré de <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT-Ra-Proteines.pdf>
- AFSSA. (2009). *Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 2 (INCA 2) 2006-2007.*
Récupéré de <https://www.anses.fr/fr/system/files/PASER-Ra-INCA2.pdf>
- Agence régionale de l'environnement de Normandie. (2009). *Les protéines végétales et animales.*
Récupéré de <http://www.arehn.asso.fr/dossiers/proteines/>
- Amin, T., Bashir, A., Dar, B. N., & Naik, H. R. (2016). Development of high protein and sugar-free cookies fortified with pea (*Pisum sativum* L.) flour , soya bean (*Glycine max* L.) flour and oat (*Avena sativa* L.) flakes. *International Food Research Journal*, 23(1), 72–76.
- Andersson, J., Nydahl, M., Gustafsson, K., Sidenvall, B., & Fjellström, C. (2003). Meals and snacks among elderly self-managing and disabled women. *Appetite*, 41(2), 149–160.
- Appleton, K. M. (2016). Barriers to and Facilitators of the Consumption of Animal-Based Protein-Rich Foods in Older Adults. *Nutrients*, 8(4), 187–207.
- Asgar, M. A., Fazilah, A., Huda, N., Bhat, R., & Karim, A. A. (2010). Nonmeat Protein Alternatives as Meat Extenders and Meat Analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(5), 513–529.

B

- Baker, A. H., & Wardle, J. (2003). Sex differences in fruit and vegetable intake in older adults. *Appetite*, 40(3), 269–275.
- Banureka, V. D., & Mahendran, T. (2011). Formulation of Wheat-Soybean Biscuits and their Quality Characteristics. *Tropical Agricultural Research and Extension*, 12(2), 62–66.
- Basdekis, J.-C. (2004). *L'alimentation des personnes âgées et la prévention de la dénutrition.* (De Boeck Secundair, Ed.).

- Bauer, J., Biolo, G., Cederholm, T., Cesari, M., Cruz-Jentoft, A. J., Morley, J. E., Phillips, S., Sieber, C., Stehle, P., Teta, D., Visvanathan, R., Volpi, E., Boirie, Y. (2013). Evidence-Based Recommendations for Optimal Dietary Protein Intake in Older People: A Position Paper From the PROT-AGE Study Group. *Journal of the American Medical Directors Association, 14*(8), 542–559.
- Bertolin, T. E., Centenaro, A., Giacomelli, B., Reinehr, C., & Gutkoski, L. C. (2013). Elaboration of biscuits with oatmeal and fat palm with added L-leucine and calcium for sarcopenia. *Food Science and Technology (Campinas), 33*(2), 345–354.
- Best, R. L., & Appleton, K. M. (2013). The Consumption of Protein-Rich Foods in Older Adults: An Exploratory Focus Group Study. *Journal of Nutrition Education and Behavior, 45*(6), 751–755.
- Billson, H., Pryer, J. A., & Nichols, R. (1999). Variation in fruit and vegetable consumption among adults in Britain. An analysis from the dietary and nutritional survey of British adults. *European Journal of Clinical Nutrition, 53*(12), 946–952.
- Blanpain, N., & Chardon, O. (2010). Projection de population à l'horizon 2060. *Insee Premières, 1320*(Octobre), 4 p.
- Blanpain, N., & Chardon, O. (2011). Un papy-boom aura lieu, même si l'espérance de vie ne progressait plus. *Espace Populations Sociétés, (2011/3)*, 617–637.
- Boeing, H., Bechthold, A., Bub, A., Ellinger, S., Haller, D., Kroke, A., Leschik-Bonnet, E., Müller, M. J., Oberritter, H., Schulze, M., Stehle, P., Watzl, B. (2012). Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. *European Journal of Nutrition, 51*(6), 637–663.
- Boisard, L., Andriot, I., Arnould, C., Achilleos, C., Salles, C., & Guichard, E. (2013). Structure and composition of model cheeses influence sodium NMR mobility, kinetics of sodium release and sodium partition coefficients. *Food Chemistry, 136*(2), 1070–1077.
- Boisard, L., Tournier, C., Sémon, E., Noirot, E., Guichard, E., & Salles, C. (2014). Salt and fat contents influence the microstructure of model cheeses, chewing/swallowing and in vivo aroma release. *Flavour and Fragrance Journal, 29*(2), 95–106.
- Bouteloup, C. (2009). Complémentation nutritionnelle orale chez une personne âgée : indications et résultats. In *Traité de nutrition de la personne âgée* (pp. 239–250). Paris: Springer Paris.
- Bozzetti, F. (2003). Nutritional issues in the care of the elderly patient. *Critical Reviews in Oncology/Hematology, 48*(2), 113–121.
- Brämerson, A., Johansson, L., Ek, L., Nordin, S., Bende, M., Bramerson, A., Johansson, L., Ek, L., Nordin, S., Bende, M. (2004). Prevalence of olfactory dysfunction: the skovde population-based study. *The Laryngoscope, 114*(4), 733–737.
- Byberg, L., Bellavia, A., Orsini, N., Wolk, A., & Michaëlsson, K. (2015). Fruit and Vegetable Intake and Risk of Hip Fracture: A Cohort Study of Swedish Men and Women. *Journal of Bone and Mineral Research, 30*(6), 976–984.

C

- Cederholm, T., Nouvenne, A., Ticinesi, A., Maggio, M., Lauretani, F., Ceda, G. P., Borghi, L., Meschi, T. (2014). The Role of Malnutrition in Older Persons with Mobility Limitations. *Current Pharmaceutical Design*, 20(19), 3173–3177.
- Charpin, J.-M. (2011). Perspectives démographiques et financières de la dépendance.
- Chauhan, J., & Hawrysh, Z. J. (1988). Suprathreshold sour taste intensity and pleasantness perception with age. *Physiology & Behavior*, 43(5), 601–607.
- Chernoff, R. (2004). Protein and older adults. *Journal of the American College of Nutrition*, 23(6 Suppl), 627S–630S.
- Chiu, N., Hewson, L., Yang, N., Linforth, R., & Fisk, I. (2015). Controlling salt and aroma perception through the inclusion of air fillers. *LWT - Food Science and Technology*, 63(1), 65–70.
- Clarkston, W. K., Pantano, M. M., Morley, J. E., Horowitz, M., Littlefield, J. M., & Burton, F. R. (1997). Evidence for the anorexia of aging: gastrointestinal transit and hunger in healthy elderly vs. young adults. *The American Journal of Physiology*, 272(1 Pt 2), R243–R248.
- Clegg, A., Young, J., Iliffe, S., Rikkert, M. O., & Rockwood, K. (2013). Frailty in elderly people. *Lancet*, 381(9868), 752–62.
- Conner, M. T., & Booth, D. A. (1988). Preferred sweetness of a lime drink and preference for sweet over non-sweet foods, related to sex and reported age and body weight. *Appetite*, 10(1), 25–35.
- Cordelle, S., Lange, C., & Schlich, P. (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.
- CoSeteng, M. Y., McLellan, M. R., & Downing, D. L. (1989). Influence of Titratable Acidity and pH on Intensity of Sourness of Citric, Malic, Tartaric, Lactic and Acetic Acids Solutions and on the Overall Acceptability of Imitation Apple Juice. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 22(1), 46–51.
- Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. Pierre., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., Martin, F. C., Michel, J. Pierre., Rolland, Y., Schneider, S. M., Topinkova, E., Vandewoude, M., Zamboni, M. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and Ageing*, 39(4), 412–423.
- Cruz-Jentoft, A. J., Landi, F., Schneider, S. M., Zuniga, C., Arai, H., Boirie, Y., Chen, L., Fielding, R. A., Martin, F. C., Michel, J., Sieber, C., Stout, J. R., Studenski, S. A., Vellas, B., Woo, J., Zamboni, M., Cederholm, T. (2014). Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). *Age and Ageing*, 43(6), 748–759.

D

- D'Antoni, G. B., Sucher, K. P., & Coulston, A. M. (1996). Dietary Intake of At-Risk, Free-Living, Elderly Subjects Receiving Meals-on-Wheels and a Dietary Supplement. *Journal of the American Dietetic Association*, 96(9), A79.
- Day, L. (2013). Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science & Technology*, 32(1), 25–42.
- de Graaf, C., van Staveren, W. A., & Burema, J. (1996). Psychophysical and psychohedonic functions of four common food flavours in elderly subjects. *Chemical Senses*, 21(3), 293–302.
- De Jong, N., De Graaf, C., & van Staveren, W. A. (1996). Effect of sucrose in breakfast items on pleasantness and food intake in the elderly. *Physiology & Behavior*, 60(6), 1453–1462.
- de Souto Barreto, P., Greig, C., & Ferrandez, A.-M. (2012). Detecting and categorizing frailty status in older adults using a self-report screening instrument. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 54(3), e249–e254.
- Depraz Cissoko, M. P., Lafaille Paquet, M., & Coti Bertrand, P. (2009). Pourquoi et comment enrichir l'alimentation chez une personne âgée ? In *Traité de nutrition de la personne âgée* (pp. 229–237). Paris: Springer Paris.
- DOC éditions. (2009). *Autour des repas des personnes âgées*.
Récupéré de <http://www.doc-editions.fr/index.php?page=066>
- Doets, E. L., & Kremer, S. (2015). The silver sensory experience – A review of senior consumers' food perception, liking and intake. *Food Quality and Preference*, 48, 316–332.
- Donini, L. M., Savina, C., & Cannella, C. (2003). Eating Habits and Appetite Control in the Elderly: The Anorexia of Aging. *International Psychogeriatrics*, 15(1), 73–87.
- Doty, R. L., & Kamath, V. (2014). The influences of age on olfaction: a review. *Frontiers in Psychology*, 5, 1–20.
- Doty, R. L., Shaman, P., Applebaum, S. L., Giberson, R., Siksorski, L., & Rosenberg, L. (1984). Smell identification ability: changes with age. *Science (New York, N.Y.)*, 226(4681), 1441–1443.
- Dovey, T. M., Staples, P. A., Gibson, E. L., & Halford, J. C. G. (2008). Food neophobia and “picky/fussy” eating in children: A review. *Appetite*, 50(2–3), 181–193.
- Duffy, V. B., Backstrand, J. R., & Ferris, A. M. (1995). Olfactory dysfunction and related nutritional risk in free-living, elderly women. *Journal of the American Dietetic Association*, 95(8), 879–884.

E

- Edfors, E., & Westergren, A. (2012). Home-Living Elderly People's Views on Food and Meals. *Journal of Aging Research*, 2012, 1–9.

- Elmadfa, I., Meyer, A., Nowak, V., Hasenegger, V., Putz, P., Verstraeten, R., Remaut-DeWinter, A. M., Kolsteren, P., Dostálová, J., Dlouhý, P., Trolle, E., Fagt, S., Biloft-Jensen, A., Mathiessen, J., Velsing Groth, M., Kambek, L., Gluskova, N., Voutilainen, N., Erkkilä, A., Vernay, M., Krems, C., Strassburg, A., Vasquez-Caicedo, A. L., Urban, C., Naska, A., Efstathopoulou, E., Oikonomou, E., Tsiotas, K., Bountziouka, V., Benetou, V., Trichopoulou, A., Zajkás, G., Kovács, V., Martos, E., Heavey, P., Kelleher, C., Kennedy, J., Turrini, A., Selga, G., Sauka, M., Petkeviciene, J., Klumbiene, J., Holm Totland, T., Andersen, L. F., Halicka, E., Rejman, K., Kowrygo, B., Rodrigues, S., Pinhão, S., Ferreira, L. S., Lopes, C., Ramos, E., Vaz Almeida, M. D., Vlad, M., Simcic, M., Podgrajsek, K., Serra Majem, L., Román Viñas, B., Ngo, J., Ribas Barba, L., Becker, V., Fransen, H., Van Rossum, C., Ocké, M., Margetts, B. (2009). European Nutrition and Health Report 2009, *Forum of Nutrition* (Vol. 62). Basel: KARGER.
- Elsner, R. J. F. (2001). Odor threshold, recognition, discrimination and identification in centenarians. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 33(1), 81–94.
- Enns, M. P., Van Itallie, T. B., & Grinker, J. A. (1979). Contributions of age, sex and degree of fatness on preferences and magnitude estimations for sucrose in humans. *Physiology & Behavior*, 22(5), 999–1003.
- EUFIC. (2012). Fruit and vegetable consumption in Europe – Do Europeans get enough? Récupéré de <http://www.eufic.org/article/en/page/RARCHIVE/expid/Fruit-vegetable-consumption-Europe/>

F

- Favalli, S., Skov, T., Spence, C., & Byrne, D. V. (2013). Do you say it like you eat it? The sound symbolism of food names and its role in the multisensory product experience. *Food Research International*, 54(1), 760–771.
- Fernqvist, F., & Ekelund, L. (2014). Credence and the effect on consumer liking of food – A review. *Food Quality and Preference*, 32, 340–353.
- Ferry, M. (2012). 29. Dénutrition en EHPAD. In Elsevier Masson (Ed.), *Nutrition de la personne âgée - Aspects fondamentaux, cliniques et psycho-sociaux* (4e ed., pp. 163–167). Elsevier-Masson.
- Ferry, M., Mischlich, D., Alix, E., Brocker, P., Constans, T., Lesourd, B., Pfitzenmeyer, P., Vellas, B. (2012). *Nutrition de la personne âgée - Aspects fondamentaux, cliniques et psycho-sociaux*. (Elsevier Masson, Ed.) (4e ed.). Elsevier-Masson.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). Mini-mental state: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189–198.
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., Seeman, T., Tracy, R., Kop, W. J., Burke, G., McBurnie, M. A. (2001). Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(3), M146–M157.

G

- Giacalone, D., Wendin, K., Kremer, S., Frøst, M. B., Bredie, W. L. P., Olsson, V., Otto, M. H., Skjoldborg, S., Lindberg, U., Risvik, E. (2016). Health and quality of life in an aging population – Food and beyond. *Food Quality and Preference*, 47, 166–170.
- Gilmore, M. M., & Murphy, C. (1989). Aging is associated with increased Weber ratios for caffeine, but not for sucrose. *Perception & Psychophysics*, 46(6), 555–559.
- Gobbens, R. J. J., van Assen, M. A. L. M., Luijkx, K. G., Wijnen-Sponselee, M. T., & Schols, J. M. G. A. (2010a). The Tilburg Frailty Indicator: psychometric properties. *Journal of the American Medical Directors Association*, 11(5), 344–55.
- Gobbens, R. J. J., van Assen, M. A. L. M., Luijkx, K. G., Wijnen-Sponselee, M. T., & Schols, J. M. G. A. (2010b). Tilburg Frailty Indicator (TFI)*. *Journal of the American Medical Directors Association*, 11(5), 344–355.
- Gollub, E. A., & Weddle, D. O. (2004). Improvements in nutritional intake and quality of life among frail homebound older adults receiving home-delivered breakfast and lunch. *Journal of the American Dietetic Association*, 104(8), 1227–1235.
- Granado-Lorenzo, F., Blanco-Navarro, I., Pérez-Sacristán, B., Millán, I., Donoso-Navarro, E., & Silvestre-Mardomingo, R. A. (2013). Determinants of fat-soluble vitamin status in patients aged 65 years and over. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(12), 1325–1327.
- GRECO. (2014). Mini Mental State Examination (MMSE) (Version consensuelle du GRECO), 2014.
- Grønli, O., Kvamme, J. M., Friborg, O., & Wynn, R. (2013). Zinc Deficiency Is Common in Several Psychiatric Disorders. *PLoS ONE*, 8(12), e82793.
- Guichard, E. (2002). Interactions between flavor compounds and food ingredients and their influence on flavor perception. *Food Reviews International*, 18(1), 49–70.

H

- Hautes Autorités de Santé. (2007). La dénutrition du sujet âgé : un enjeu de santé publique. Comment la dépister, la prévenir, la traiter ?
Récupéré de http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2008-07/cr_tr28_rencontres_2007.pdf
- He, F. J., Nowson, C. A., & MacGregor, G. A. (2006). Fruit and vegetable consumption and stroke: meta-analysis of cohort studies. *The Lancet*, 367(9507), 320–326.
- Hebel, P. (2007). Le petit déjeuner anglo-saxon s'installe peu à peu. *CREDOC - Consommation et Modes de Vie*, 204 (Juillet).
- Hébel, P. (2007). *Comportements et consommations alimentaires en France* (TEC & DOC).
- Hébel, P. (2012a). *Comportements et consommations alimentaires en France* (TEC & DOC).

Hébel, P. (2012b). Evolution de la consommation de viande en France Les nouvelles données de l'enquête CCAF 2010, 1–4.

Hébel, P. (2013). Le petit-déjeuner en perte de vitesse. *Consommation et Modes de Vie*, 259(Avril), 1-4.

I

Improve. (2014). Les protéines végétales.

Récupéré de <http://www.improve-innov.com/fr/improve-fr/les-proteines-vegetales/>

INSEE. (2005). Les personnes âgées - Edition 2005. *Insee References*, 1–117.

INSEE. (2016). Estimations de population (résultats provisoires arrêtés à fin 2015).

Récupéré de http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?ref_id=bilan-demo®_id=0&page=donnees-detaillees/bilan-demo/pop_age2.htm

Irvine, P., Mouzet, J. B., Marteau, C., Sallé, A., Genaitay, M., Favreau, A. M., Berrut, G., Ritz, P. (2004). Short-term effect of a protein load on appetite and food intake in diseased mildly undernourished elderly people. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1146–1152.

Issanchou, S. (2015). Sensory & consumer studies with special populations: children and elderly. *Current Opinion in Food Science*, 3, 53–58.

J

Jääskeläinen, A., Schwab, U., Kolehmainen, M., Pirkola, J., Järvelin, M.-R., & Laitinen, J. (2013). Associations of meal frequency and breakfast with obesity and metabolic syndrome traits in adolescents of Northern Finland Birth Cohort 1986. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 23(10), 1002–1009.

Jaeger, S. R., Marshall, D. W., & Dawson, J. (2009). A quantitative characterisation of meals and their contexts in a sample of 25 to 49-year-old Spanish people. *Appetite*, 52(2), 318–327.

Jehl, C., Royet, J. P., & Holley, A. (1995). Odor discrimination and recognition memory as a function of familiarization. *Perception & Psychophysics*, 57(7), 1002–1011.

Juan, W. Y., & Lino, M. (2007). *Fruit and Vegetable Consumption by Older Americans. Nutrition Insight* (Vol. 34). Récupéré de http://www.cnpp.usda.gov/sites/default/files/nutrition_insights_uploads/Insight34.pdf

K

Kallio, M. K., Koskinen, S. V. P., & Prättälä, R. S. (2008). Functional disabilities do not prevent the elderly in Finland from eating regular meals. *Appetite*, 51(1), 97–103.

- Kälviäinen, N., Roininen, K., & Tuorila, H. (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., Maeshima, 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*, *25*(3), 331–337.
- Keast, R. S. J., & Breslin, P. A. S. (2002). An overview of binary taste–taste interactions. *Food Quality and Preference*, *14*(2), 111–124.
- Kjeldby, I. K., Fosnes, G. S., Ligaarden, S. C., & Farup, P. G. (2013). Vitamin B6 deficiency and diseases in elderly people – a study in nursing homes. *BMC Geriatrics*, *13*(1), 13.
- Klenk, J., Rapp, K., Denking, M. D., Nagel, G., Nikolaus, T., Peter, R., Koenig, W., Bohm, B. O., Rothenbacher, D. (2013). Seasonality of vitamin D status in older people in Southern Germany: implications for assessment. *Age and Ageing*, *42*(3), 404–408.
- Kobal, G., Klimek, L., Wolfensberger, M., Gudziol, H., Temmel, A., Owen, C. M., Seeber, H., Pauli, E., Hummel, T. (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.
- Koskinen, S., Kälviäinen, N., & Tuorila, H. (2003). Flavor enhancement as a tool for increasing pleasantness and intake of a snack product among the elderly. *Appetite*, *41*(1), 87–96.
- Koskinen, S., Nenonen, A., & Tuorila, H. (2005). Intakes of cold cuts in the elderly are predicted by olfaction and mood, but not by flavor type or intensity of the products. *Physiology and Behavior*, *85*(3), 314–323.
- Kowrygo, B., Gorska-Warsewicz, H., & Berger, S. (1999). Evaluation of Eating Patterns with Different Methods: The Polish Experience. *Appetite*, *32*(1), 86–92.
- Kozłowska, K., Jeruszka, M., Matuszewska, I., Roszkowski, W., Barylko-Pikielna, N., & Brzozowska, A. (2003). Hedonic tests in different locations as predictors of apple juice consumption at home in elderly and young subjects. *Food Quality and Preference*, *14*(8), 653–661.
- Kremer, S. (2008). *Food perception and food liking with age*. Thèse, Wageningen University, 166 p.
- Kremer, S., Bult, J. H. F., Mojet, J., & Kroeze, J. H. A. (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., Bult, J. H. F., Mojet, J., & Kroeze, J. H. A. (2007b). Food perception with age and its relationship to pleasantness. *Chemical Senses*, *32*(6), 591–602.
- Kremer, S., Holthuysen, N., & Boesveldt, S. (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., Holthuysen, N., Nijenhuis, M., & Peppelenbos, H. (2012). Consumer driven product development for healthy seniors: a case study. *Eurosense*. Bern.

Kremer, S., Mojet, J., & Kroeze, J. H. A. (2007). Differences in perception of sweet and savoury waffles between elderly and young subjects. *Food Quality and Preference*, *18*(1), 106–116.

L

Lanzieri, G. (2011). The greying of the baby boomers. A century-long view of ageing in European populations. *Statistics in Focus*, *23*(June 2011), 1–12.

Laureati, M., Pagliarini, E., Calcinoni, O., & Bidoglio, M. (2006). Sensory acceptability of traditional food preparations by elderly people. *Food Quality and Preference*, *17*(1-2), 43–52.

Lauverjat, C., Déléris, I., Tréléa, I. C., Salles, C., & Souchon, I. (2009). Salt and Aroma Compound Release in Model Cheeses in Relation to Their Mobility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(21), 9878–9887.

Lawson, R. M., Doshi, M. K., Ingoe, L. E., Colligan, J. M., Barton, J. R., & Cobden, I. (2000). Compliance of orthopaedic patients with postoperative oral nutritional supplementation. *Clinical Nutrition*, *19*(3), 171–175.

Lazo-Vélez, M. A., Chuck-Hernandez, C., & Serna-Saldívar, S. O. (2015). Evaluation of the functionality of five different soybean proteins in yeast-leavened pan breads. *Journal of Cereal Science*, *64*, 63–69.

Lesourd, B., Raynaud-Simon, A., & Mathey, M. F. (2001). Comment favoriser la prise alimentaire des sujets âgés. In *Nutrition Clinique et Métabolisme* (Vol. 15, pp. 177–188).

Lund, T. B., & Gronow, J. (2014). Deconstruction or continuity? The daily rhythm of eating in Denmark, Finland, Norway and Sweden in 1997 and 2012. *Appetite*, *82*, 143–153.

M

Macdiarmid, J., Loe, J., Craig, L. C. A., Masson, L. F., Holmes, B., & McNeill, G. (2009). Meal and snacking patterns of school-aged children in Scotland. *European Journal of Clinical Nutrition*, *63*(11), 1297–1304.

Madej, D., Borowska, K., Bylinowska, J., Szybalska, A., & Pietruszka, B. (2013). Dietary intakes of iron and zinc assessed in a selected group of the elderly: are they adequate? *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, *64*(2), 97–104.

Maitre, I. (2014). Perceptions sensorielles et préférences alimentaires des seniors - Contribution au maintien du statut nutritionnel et à l'appréciation des produits. Thèse de doctorat, sous la direction de Frédérique Jourjon et Virginie Van Wymelbeke. Université Nantes, Angers, Le Mans, 290 p.

Maitre, I., Amand, M., Cariou, V., Van Wymelbeke, V., Sulmont-Rossé, C., & Vigneau, E. (2012). Tell me what you are eating, I will tell you who you are: the different eater styles among the elderly population. 5. *European Conference on Sensory Consumer Science of Foods and Beverages. A Sense of Inspiration*. Bern, Switzerland.

- Maitre, I., Symoneaux, R., & Sulmont-Rossé, C. (2015b). Sensory testing in new product development: working with older people. In J. Delarue, J. Ben Lawlor, & M. Rogeaux (Eds.), *Rapid Sensory Profiling Techniques* (pp. 485–508). Woodhead publishing (Elsevier).
- 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*, 145–151.
- Marchais, L.-P. Des, Foisy, M., Mercier, S., Villeneuve, S., & Mondor, M. (2011). Bread-making potential of pea protein isolate produced by a novel ultrafiltration/diafiltration process. *Procedia Food Science*, *1*, 1425–1430.
- Mathei, C., Van Pottelbergh, G., Vaes, B., Adriaensen, W., Gruson, D., & Degryse, J.-M. (2013). No relation between vitamin D status and physical performance in the oldest old: results from the Belfrail study. *Age and Ageing*, *42*(2), 186–190.
- Mensink, G. B. M., Fletcher, R., Gurinovic, M., Huybrechts, I., Lafay, L., Serra-Majem, L., Szponar, L., Tetens, I., Verkaik-Kloosterman, J., Baka, A., Stephen, A. M. (2013). Mapping low intake of micronutrients across Europe. *British Journal of Nutrition*, *110*(04), 755–773.
- Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., & Des Marchais, L.-P. (2011). Evolution of porosity, shrinkage and density of pasta fortified with pea protein concentrate during drying. *LWT - Food Science and Technology*, *44*(4), 883–890.
- Methven, L., Allen, V. J., Withers, C. A., & Gosney, M. A. (2012). Ageing and taste. *Proceedings of the Nutrition Society*, *71*(04), 556–565.
- Methven, L., Jiménez-Pranteda, M. L., & Lawlor, J. Ben. (2016). Sensory and consumer science methods used with older adults: A review of current methods and recommendations for the future. *Food Quality and Preference*, *48*, 333–344.
- Methven, L., Langreny, E., & Prescott, J. (2012). Changes in liking for a no added salt soup as a function of exposure. *Food Quality and Preference*, *26*(2), 135–140.
- Methven, L., Rahelu, K., Economou, N., Kinneavy, L., Ladbroke-Davis, L., Kennedy, O. B., Mottram, D. S., Gosney, M. A. (2010). The effect of consumption volume on profile and liking of oral nutritional supplements of varied sweetness: Sequential profiling and boredom tests. *Food Quality and Preference*, *21*(8), 948–955.
- Michaelsson, K., Wolk, A., Byberg, L., Arnlov, J., & Melhus, H. (2014). Intake and serum concentrations of α -tocopherol in relation to fractures in elderly women and men: 2 cohort studies. *American Journal of Clinical Nutrition*, *99*(1), 107–114.
- Mingioni, M., Mehinagic, E., Laguna, L., Sarkar, A., Pirttijärvi, T., Van Wymelbeke, V., Artigas, G., Chen, J., Kautola, H., Järvenpää, E., Mäenpää, T., Tahvonen, R., Grabska-Kobylecka, I., Maitre, I. (2016). Fruit and vegetables liking among European elderly according to food preferences, attitudes towards food and dependency. *Food Quality and Preference*, *50*, 27–37.
- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. (2007). Rapport du groupe de travail PNNS sur les glucides - Etapes 1 et 2 du mandat.
- Mitnitski, A. B., Mogilner, A. J., & Rockwood, K. (2001). Accumulation of deficits as a proxy measure of aging. *TheScientificWorldJournal*, *1*, 323–36.

- Mojet, J., Christ-Hazelhof, E., & Heidema, J. (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., Christ-Hazelhof, E., & Heidema, J. (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., Heidema, J., & Christ-Hazelhof, E. (2003). Taste Perception with Age: Generic or Specific Losses in Supra-threshold Intensities of Five Taste Qualities? *Chemical Senses*, *28*(5), 397–413.
- Monceau, C., Blanche-Barbat, E., & Echampe, J. (2002). La consommation alimentaire depuis quarante ans : De plus en plus de produits élaborés. *INSEE PREMIERE*, N°846
Récupéré de http://www.insee.fr/fr/ffc/docs_ffc/ip846.pdf
- Mondor, M., Guévremont, E., & Villeneuve, S. (2014). Processing, characterization and bread-making potential of malted yellow peas. *Food Bioscience*, *7*, 11–18.
- Mueller, E., Koehler, P., & Scherf, K. A. (2016). Applicability of salt reduction strategies in pizza crust. *Food Chemistry*, *192*, 1116–1123.
- Mullol, J., Alobid, I., Mariño-Sánchez, F., Quintó, L., de Haro, J., Bernal-Sprekelsen, M., Valero, A., Picado, C., Marin, C. (2012). Furthering the understanding of olfaction, prevalence of loss of smell and risk factors: a population-based survey (OLFACAT study). *BMJ Open*, *2*(6), e001256.
- Murphy, C., Cain, W. S., Gilmore, M. M., & Skinner, R. (1991). Sensory and semantic factors in recognition memory for odors and graphic stimuli: Elderly versus young persons. *The American Journal of Psychology*, *104*(2), 161–192.
- Murphy, C., & Withee, J. (1986). Age-related differences in the pleasantness of chemosensory stimuli. *Psychology and Aging*, *1*(4), 312–318.

N

- Nicklett, E. J., & Kadell, A. R. (2013). Fruit and vegetable intake among older adults: a scoping review. *Maturitas*, *75*(4), 305–12.
- Nowson, C., & O'Connell, S. (2015). Protein Requirements and Recommendations for Older People: A Review. *Nutrients*, *7*(8), 6874–6899.

O

- Oqali. (2010). *Observatoire de la qualité de l'alimentation - Etude sectorielle des compotes*.
Récupéré de <https://www.oqali.fr/Publications-Oqali/Etudes-sectorielles>
- Ortega, R. M., Redondo, M. R., Zamora, M. J., López-Sobaler, A. M., Quintas, M. E., Andrés, P., Gaspar, M. J., Requejo, A. M. (1998). Relationship between the number of daily meals and the energy and nutrient intake in the elderly. Effect on various cardiovascular risk factors. *Nutrición Hospitalaria*, *13*(4), 186–192.

Ovaskainen, M.-L., Tapanainen, H., & Pakkala, H. (2010). Changes in the contribution of snacks to the daily energy intake of Finnish adults. *Appetite*, *54*(3), 623–626.

P

Paraskevopoulou, A., Chrysanthou, A., & Koutidou, M. (2012). Characterisation of volatile compounds of lupin protein isolate-enriched wheat flour bread. *Food Research International*, *48*(2), 568-577.

Payne, M. E., Steck, S. E., George, R. R., & Steffens, D. C. (2012). Fruit, vegetable, and antioxidant intakes are lower in older adults with depression. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, *112*(12), 2022–7.

Pelchat, M. L. (2000). You can teach an old dog new tricks: olfaction and responses to novel foods by the elderly. *Appetite*, *35*(2), 153–160.

Pelletier, C. A., Lawless, H. T., & Horne, J. (2004). Sweet–sour mixture suppression in older and young adults. *Food Quality and Preference*, *15*(2), 105–116.

Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2011). *Handbook of food proteins*. Woodhead Publishing.

Pliner, P., & Hobden, K. (1992). Development of a scale to measure the trait of food neophobia in humans. *Appetite*, *19*(2), 105–120.

Pliner, P., & Rozin, P. (2000). The psychology of the meal. In *Dimensions of the meal. The science, culture, business and art of eating* (pp. 19–46). Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc.

PNNS. (2015a). Le guide nutrition à partir de 55 ans.

PNNS. (2015b). Le guide nutrition pour les aidants des personnes âgées.

Potter, J., Klipstein, K., Reilly, J. J., & Roberts, M. (1995). The nutritional status and clinical course of acute admissions to a geriatric unit. *Age Ageing*, *24*(2), 131–136.

Potts, H. W. W., & Wardle, J. (1998). The List Heuristic for Studying Personality Correlates of Food Choice Behaviour: a Review and Results from Two Samples. *Appetite*, *30*(1), 79–92.

R

Ramcharitar, A., Badrie, N., Mattfeldt-Beman, M., Matsuo, H., & Ridley, C. (2005). Consumer Acceptability of Muffins with Flaxseed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Food Science*, *70*(7), s504–s507.

Raynaud-Simon, A., & Lesourd, B. (2000). Malnutrition in the elderly. Clinical consequences. *La Presse medicale*, *29*(39), 2183–2190.

Redondo, M. R., Ortega, R. M., López-Sobaler, A. M., Quintas, M. E., Zamora, M. J., Andrés, P., & Encinas-Sotillos, A. (1996). Differences in breakfast habits between institutionalized and independent elderly Spanish people. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, *66*(4), 363–370.

- Redondo, M. R., Ortega, R. M., Zamora, M. J., Quintas, M. E., López-Sobaler, A. M., Andrés, P., & Gaspar, M. J. (1997). Influence of the number of meals taken per day on cardiovascular risk factors and the energy and nutrient intakes of a group of elderly people. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 67(3), 176–182.
- Ries, E. (2012). *Lean startup : adoptez l'innovation continue*. Paris: Pearson.
- Roberfroid, M. B. (2002). Global view on functional foods: European perspectives. *British Journal of Nutrition*, 88(S2), S133–S138.
- Roberts, S. B., & Rosenberg, I. (2006). Nutrition and Aging: Changes in the Regulation of Energy Metabolism With Aging. *Physiological Reviews*, 86(2), 651–667.
- Robinson, S., Cooper, C., & Aihie Sayer, A. (2012). Nutrition and Sarcopenia: A Review of the Evidence and Implications for Preventive Strategies. *Journal of Aging Research*, 2012, 1–6.
- Roininen, K., Lähteenmäki, L., & Tuorila, H. (1999). Quantification of Consumer Attitudes to Health and Hedonic Characteristics of Foods. *Appetite*, 33(1), 71–88.
- Rolls, B. J. (1993). Appetite, Hunger and Satiety in the Elderly. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(1), 39–44.
- Roos, E., & Prättälä, R. (1997). Meal Pattern and Nutrient Intake Among Adult Finns. *Appetite*, 29(1), 11–24.
- Roos, G., Prättälä, R., & Koski, K. (2001). Men, masculinity and food: interviews with Finnish carpenters and engineers. *Appetite*, 37(1), 47–56.
- Roquette. (2010). *Nutralys® pea proteins*.
Récupéré de http://www.roquette-pharma.com/brochures/64/Visionneuse_plein.html
- Rousset, S., Patureau Mirand, P., Brandolini, M., Martin, J.-F., & Boirie, Y. (2003). Daily protein intakes and eating patterns in young and elderly French. *British Journal of Nutrition*, 90(06), 1107–1115.
- Ruokatieto. (2015). *FORKFUL OF FACTS - Finnish Food Industry Statistics*.
Récupéré de http://www.ruokatieto.fi/sites/default/files/Ruokafakta/Tietohaarukan_taulukot/tietohaarukka2015_englanti.pdf

S

- Salem, E. M., & Hanan, F. A. (2012). Partial substitution of eggs by lupin flour and its protein isolates in cakes manufacturing, 8(7), 3717–3723.
- Salles, C., Thomas-Danguin, T., & Guichard, E. (2014). Modulation de la perception du goût salé par reformulation de matrices alimentaire. *Innovations Agronomiques*, 36, 125–134.
- Santos, T. D., Freitas, B. C. B. de, Moreira, J. B., Zanfonato, K., & Costa, J. A. V. (2016). Development of powdered food with the addition of Spirulina for food supplementation of the elderly population. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, in press.
- Scherf, K. A., Pflaum, T., Koehler, P., & Hofmann, T. (2015). Salt taste perception in hydrocolloid systems is affected by sodium ion release and mechanosensory–gustatory cross-modal interactions. *Food Hydrocolloids*, 51, 486–494.

- Schiffman, S. S., & Graham, B. G. (2000). Taste and smell perception affect appetite and immunity in the elderly. *European Journal of Clinical Nutrition*, *54 Suppl 3*, S54–63.
- Schiffman, S. S., & Pasternak, M. (1979). Decreased discrimination of food odors in the elderly. *Journal of Gerontology*, *34*(1), 73–79.
- Schiffman, S. S., Sattely-Miller, E. A., Zimmerman, I. A., Graham, B. G., & Erickson, R. P. (1994). Taste perception of monosodium glutamate (MSG) in foods in young and elderly subjects. *Physiology & Behavior*, *56*(2), 265–275.
- Semba, R. D., Lauretani, F., & Ferrucci, L. (2007). Carotenoids as protection against sarcopenia in older adults. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *458*(2), 141–145.
- Short, K. R., & Nair, K. S. (2000). The effect of age on protein metabolism. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, *3*(1), 39–44.
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., & Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review. *Appetite*, *51*(3), 456–467.
- Skully, R. (2014). Essential nutrient requirements of the elderly. *Nutrition and Dietary Supplements, Volume 6*, 59–68.
- Stehfest, E., Bouwman, L., van Vuuren, D. P., den Elzen, M. G. J., Eickhout, B., & Kabat, P. (2009). Climate benefits of changing diet. *Climatic Change*, *95*(1-2), 83–102.
- Stevens, J. C. (1996). Detection of tastes in mixture with other tastes: issues of masking and aging. *Chemical Senses*, *21*(2), 211–221.
- Stevens, J. C., Bartoshuk, L. M., & Cain, W. S. (1984). Chemical senses and aging: taste versus smell. *Chemical Senses*, *9*(2), 167–179.
- Stevens, J. C., Cain, W. S., Demarque, A., & Ruthruff, A. M. (1991). On the discrimination of missing ingredients: Aging and salt flavor. *Appetite*, *16*(2), 129–140.
- Stevens, J. C., & Dadarwala, A. D. (1993). Variability of olfactory threshold and its role in assessment of aging. *Perception & Psychophysics*, *54*(3), 296–302.
- Sulander, T., Helakorpi, S., Nissinen, A., & Uutela, A. (2005). Eläkeikäisen väestön terveystiläytyminen ja terveys keväällä 2005 ja niiden muutokset 1993–2005. Health Behaviour and Health among Finnish Elderly, Spring 2005, with trends 1993–2005 (B1/2006 ed.). Helsinki: National Public Health Institute.
- Sulmont-Rossé, C., Maitre, I., Amand, M., Symoneaux, R., Van Wymelbeke, V., Caumon, E., Tavarès, J., Issanchou, S. (2015). Evidence for different patterns of chemosensory alterations in the elderly population: Impact of age versus dependency. *Chemical Senses*, *40*(3), 153–164.
- Sulmont-Rossé, C., Maitre, I., & Issanchou, S. (2010). Âge, perception chimiosensorielle et préférences alimentaires. *Gérontologie et société*, *134*(3), 87.
- Symoneaux, R., Galmarini, M. V., & Mehinagic, E. (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.

T

- Tavoularis, G., & Mathé, T. (2010). Consommation et modes de vie. *Consommation et Modes de Vie*, 232(Septembre), 1–4.
- Thomas-Danguin, T., Rouby, C., Sicard, G., Vigouroux, M., Farget, V., Johanson, A., ... Dumont, J.-P. (2003). Development of the ETOC: A European test of olfactory capabilities. *Rhinology*, 41(3), 142–151.
- Tomé, D., Schwarz, J., Darcel, N., & Fromentin, G. (2009). Protein, amino acids, vagus nerve signaling, and the brain. *American Journal of Clinical Nutrition*, 90(3), 838S–843S.
- Törnwall, O., Silventoinen, K., Hiekkalinna, T., Perola, M., Tuorila, H., & Kaprio, J. (2014). Identifying flavor preference subgroups. Genetic basis and related eating behavior traits. *Appetite*, 75, 1–10.

V

- Van der Zanden, L. D. T., van Kleef, E., de Wijk, R. A., & van Trijp, H. C. M. (2014). Knowledge, perceptions and preferences of elderly regarding protein-enriched functional food. *Appetite*, 80, 16–22.
- Van der Zanden, L. D. T., van Kleef, E., de Wijk, R. A., & van Trijp, H. C. M. (2015). Examining heterogeneity in elderly consumers' acceptance of carriers for protein-enriched food: A segmentation study. *Food Quality and Preference*, 42, 130–138.
- Vennemann, M. M., Hummel, T., & Berger, K. (2008). The association between smoking and smell and taste impairment in the general population. *Journal of Neurology*, 255(8), 1121–1126.
- Villeneuve, S., & Mondor, M. (2014). Processing and bread-making potential of proteins isolated from malted and non-malted pea seeds by ultrafiltration/diafiltration. *Food Bioscience*, 8, 33–36.
- Volatier, J.-L. (2000). *Enquête INCA individuelle et nationale sur les consommations alimentaires* (TEC & DOC).
- Volpi, E., Campbell, W. W., Dwyer, J. T., Johnson, M. A., Jensen, G. L., Morley, J. E., & Wolfe, R. R. (2013). Is the optimal level of protein intake for older adults greater than the recommended dietary allowance? *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 68(6), 677–681.

W

- WHO. (2006). Definition of an older or elderly person.
Récupéré de <http://www.who.int/healthinfo/survey/ageingdefnolder/en/>
- WHO. (2007). *European Action plan for food and nutrition policy 2007-2012*.
Récupéré de http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/74402/E91153.pdf

- WHO. (2012). 10 facts on ageing and the life course.
Récupéré de <http://www.who.int/features/factfiles/ageing/fr/index.html>
- WHO. (2014). European food and nutrition action plan 2015 – 2020.
- Wilcke, C. (2009). Les compléments nutritionnels. In *Autour des repas des personnes âgées* (pp. 43–46).
- Wolfe, R. R., Miller, S. L., & Miller, K. B. (2008). Optimal protein intake in the elderly. *Clinical Nutrition*, 27(5), 675–684.
- Wu, Y.-F., Fontenot Molaison, E., Pope, J. F., & Reagan, S. (2005). Attitudes and acceptability of soy-based yogurt by college students. *Nutrition & Food Science*, 35(4), 253–257.
- Wysocki, C. J., & Pelchat, M. L. (1993). The effects of aging on the human sense of smell and its relationship to food choice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(1), 63–82.

Y

- Yeu, K., Lee, Y., & Lee, S. Y. (2007). Consumer Acceptance of an Extruded Soy-Based High-Protein Breakfast Cereal. *Journal of Food Science*, 73(1), S20–S25.

Index des figures

Figure 1 : Pyramide des âges en 2007 (barres noires) et 2060 (barres rouges).....	17
Figure 2 : La spirale de la dénutrition, d'après Ferry et al. (2012)	21
Figure 3 : Schéma du <i>Lean Startup</i> pour le développement de produits innovants.....	25
Figure 4: Schéma détaillé du développement produit.....	26
Figure 5 : Schéma de la problématique.....	37
Figure 6 : Schéma et plan de la thèse.....	38
Figure 7 : Echelle discrète utilisée pour évaluer la fréquence des repas	44
Figure 8 : Echelle discrète pour évaluer la fréquence de consommation des fruits et légumes	44
Figure 9 : Nombre moyen de repas journaliers, détaillés par pays et catégories de dépendance.....	46
Figure 10 : Fréquences des repas détaillées par pays.....	48
Figure 11 : Fréquences des repas détaillées par catégories de dépendance.....	49
Figure 12 : Fréquences de consommation des fruits détaillées par pays	50
Figure 13 : Fréquences de consommation des fruits détaillées par catégories de dépendance.....	51
Figure 14 : Fréquences de consommation des légumes détaillées par repas, par pays et par catégories de dépendance.....	52
Figure 15 : Fréquences de consommation des légumes détaillées par pays	54
Figure 16 : Fréquences de consommation des légumes détaillées par catégories de dépendance.....	55
Figure 17 : Fréquences de consommation des légumes détaillées par repas, par pays et par catégories de dépendance.....	56
Figure 18 : Questionnaire utilisé pour mesurer les styles de mangeurs.....	63
Figure 19 : Questionnaire utilisé pour mesurer la sélectivité envers les fruits et légumes	65
Figure 20 : Distributions des scores de sélectivité (boîtes à moustaches) présentées par pays (gauche) et par catégories de dépendance (droite).....	71
Figure 21 : Sélectivité pour les fruits et légumes	74
Figure 22 : Notes moyennes d'appréciation détaillées par modes de préparation et par pays.....	77
Figure 23 : Notes moyennes d'appréciation détaillées par modes de préparation et par catégories .	78
Figure 24 : Design expérimental des groupes participants aux différentes épreuves.....	84
Figure 25 : Histogramme des âges détaillés par pays	88
Figure 26 : Boîtes à moustache des performances des personnes âgées autonomes par pays et tests sensoriels.....	90

Figure 27 : Profil des groupes en fonction des tests sensoriels	93
Figure 28 : Design expérimental.....	96
Figure 29 : Ensemble des échantillons utilisés pour mesurer les capacités de discrimination.....	99
Figure 30 : Pourcentages de réponses correctes aux tests de discrimination sucrée et acide, en solutions aqueuses, détaillés par paires	102
Figure 31 : Pourcentages de réponses correctes aux tests de discrimination sucrée et acide, en purées de pommes, détaillés par paires	103
Figure 32 : Comparaison des pourcentages de réponses pour la discrimination sucrée en purées de pommes à un niveau d'acide bas (4,71 g/kg) et un niveau d'acide haut (7,50 g/kg)	107
Figure 33 : Comparaison des pourcentages de réponses pour la discrimination acide en purées de pommes à un niveau de sucre bas (160 g/kg) et un niveau de sucre haut (240 g/kg)	107
Figure 34 : Boîtes à moustache des scores de fragilité pour les groupes de personnes âgées	110
Figure 35 : Pourcentages de réponses (question : Quel échantillon est le plus sucré ?) détaillés par paires et par groupes d'âge pour la discrimination sucrée.....	112
Figure 36 : Valeurs de d' pour la discrimination sucrée, détaillées par écart de sucre et groupes d'âge	113
Figure 37 : Pourcentages de réponses (question : Quel échantillon est le plus acide ?) détaillés par paires et par groupes d'âge pour la discrimination acide.....	114
Figure 38 : Valeurs de d' pour la discrimination acide, détaillées par écart d'acide et groupes d'âge	115
Figure 39 : Scores obtenus aux tests de discrimination gustative en purées de pommes pour les trois groupes de performances sensorielles	117
Figure 40 : Echelle de Likert à 7 points utilisée pour mesurer l'appréciation d'un produit.....	123
Figure 41 : Notes d'appréciation moyennes en fonction des échantillons pour les personnes âgées autonomes et dépendantes	127
Figure 42 : Pourcentages de participants répondant à la question « <i>Pour vous, quel échantillon est le pire / le meilleur ?</i> ».....	129
Figure 43 : Descripteurs significatifs ou d'intérêt pour le profil sensoriel des purées de carottes	146
Figure 44 : Descripteurs significatifs ou d'intérêt pour le profil sensoriel des smoothies.....	149
Figure 45 : Notes moyennes et tests post-hoc LSD associés pour l'appréciation des purées de carottes	152
Figure 46 : Notes moyennes et tests post-hoc LSD associés pour l'appréciation des smoothies.....	154
Figure 47 : Boîtes à moustaches des scores moyens de sélectivité, néophobie et HTAS pour chaque pays.....	156

Figure 48 : Graphiques bivariés entre l'appréciation des produits et les variables d'attitudes envers les aliments pour la purée de référence (colonne de gauche) et la purée enrichie à 7,5% (cuit)..... 157

Index des tableaux

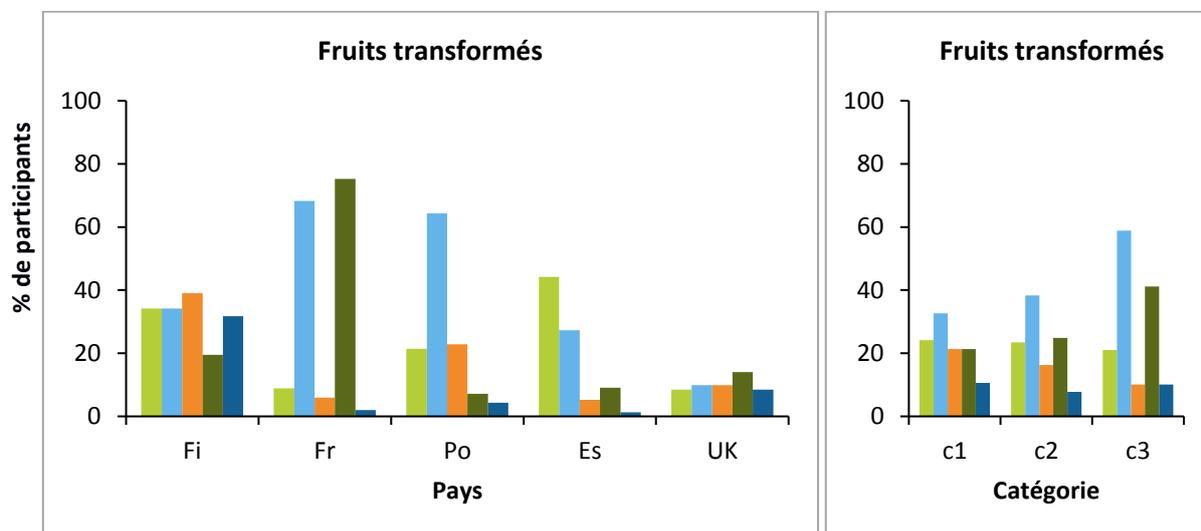
Tableau 1 : Variables descriptives pour la population étudiée, détaillées par pays et catégories de dépendance	43
Tableau 2 : Tableau de l'ANOVA pour les nombres de repas par jour.....	45
Tableau 3 : Scores des items utilisés pour la CAH, détaillés par styles de mangeurs	69
Tableau 4 : Description des trois styles de mangeurs obtenus par CAH.....	70
Tableau 5 : Tableau de l'ANOVA pour le score de sélectivité (nombre de fruits ou légumes non appréciés).....	72
Tableau 6 : Pourcentages de participants n'aimant <u>pas</u> les fruits, détaillés par pays et par catégories de dépendance	75
Tableau 7 : Pourcentages de participants n'aimant <u>pas</u> les légumes, détaillés par pays et par catégories de dépendance	76
Tableau 8 : Notes moyennes d'appréciation, ordonnées pour chaque pays.....	78
Tableau 9 : Notes moyennes d'appréciation, ordonnées pour chaque catégorie.....	78
Tableau 10 : Odeurs utilisées pour le test de discrimination olfactive	85
Tableau 11 : Odeurs utilisées pour le test de catégorisation olfactive	86
Tableau 12 : Gammes de concentrations utilisées au cours des tests de détection gustatifs.....	87
Tableau 13 : Description de la population de personnes âgées autonomes	88
Tableau 14 : Moyennes et écarts-types obtenus par les personnes âgées autonomes aux tests sensoriels.....	89
Tableau 15 : Tableau de l'ANOVA pour les tests olfactifs (détection, catégorisation, discrimination)	90
Tableau 16 : Tableau de l'ANOVA pour les tests gustatifs de détection de saveurs.....	91
Tableau 17 : Description des trois groupes obtenus par CAH, consolidée par k-means	92
Tableau 18 : Scores des variables utilisées pour la classification ascendante hiérarchique, détaillés par groupe	93
Tableau 19 : Design expérimental utilisés pour mesurer les capacités de discrimination gustative....	98
Tableau 20 : Nombre de réponses correctes et p-values pour la discrimination sucrée et pour la discrimination acide dans des solutions aqueuses	102
Tableau 21 : Nombre de réponses correctes et p-values pour la discrimination sucrée et pour la discrimination acide dans des purées de pommes	103

Tableau 22 : Matrice des coefficients R de corrélation (Spearman) entre les scores de discrimination sucrée et acide mesurée en solutions aqueuses et en purées de pommes	105
Tableau 23 : Profils de performances individuelles aux tests de discrimination gustative	106
Tableau 24 : Nombre de réponses correctes et p-values associées pour la discrimination sucrée en purées de pommes.....	113
Tableau 25 : Nombre de réponses correctes et p-values associées pour la discrimination acide pour le groupe des jeunes adultes à un niveau de sucre bas et haut	115
Tableau 26 : Valeurs de F et significativité associées à l'ANOVA	118
Tableau 27 : Purées utilisées dans le test hédonique	125
Tableau 28 : Notes moyennes d'appréciation (et écarts-types) des purées de pommes.....	126
Tableau 29 : Tableaux de l'ANOVA pour les notes d'appréciations moyennes des purées de pommes	127
Tableau 30 : Valeurs du coefficient R et significativités associées pour les corrélations de Spearman entre les capacités de discrimination gustative et la discrimination hédonique.....	130
Tableau 31 : Valeurs nutritionnelles des purées de carottes.....	141
Tableau 32 : Valeurs nutritionnelles des smoothies	141
Tableau 33 : Variables démographiques des personnes âgées autonomes recrutés pour le test consommateurs.....	142
Tableau 34 : Valeurs de F et significativités associées à l'ANOVA des descripteurs de texture pour les purées de carottes enrichies en protéines.....	145
Tableau 35 : Valeurs de F et significativités associées à l'ANOVA des descripteurs de saveurs pour les purées de carottes enrichies en protéines.....	145
Tableau 36 : Valeurs de F et significativités associées à l'ANOVA des descripteurs aromatiques pour les purées de carottes enrichies en protéines.....	145
Tableau 37 : Valeurs de F et significativités associées à l'ANOVA des descripteurs de texture pour les smoothies enrichis en vitamines en minéraux.....	148
Tableau 38 : Valeurs de F et significativités associées à l'ANOVA des descripteurs de saveurs pour les smoothies enrichis en vitamines en minéraux.....	148
Tableau 39 : Valeurs de F et significativités associées à l'ANOVA des descripteurs aromatiques pour les smoothies enrichis en vitamines en minéraux.....	148
Tableau 40 : Tableaux de l'ANOVA pour les notes d'appréciations moyennes des purées de carottes	151
Tableau 41 : Notes moyennes d'appréciation, ordonnées pour chaque pays.....	152
Tableau 42 : Tableaux de l'ANOVA pour les notes d'appréciations moyennes des smoothies	153
Tableau 43 : Notes moyennes d'appréciation, ordonnées pour chaque pays.....	154

Tableau 44 : Coefficients R et significativités associés aux corrélations de Pearson entre l'appréciation par produit et les variables d'attitudes envers les aliments	158
--	-----

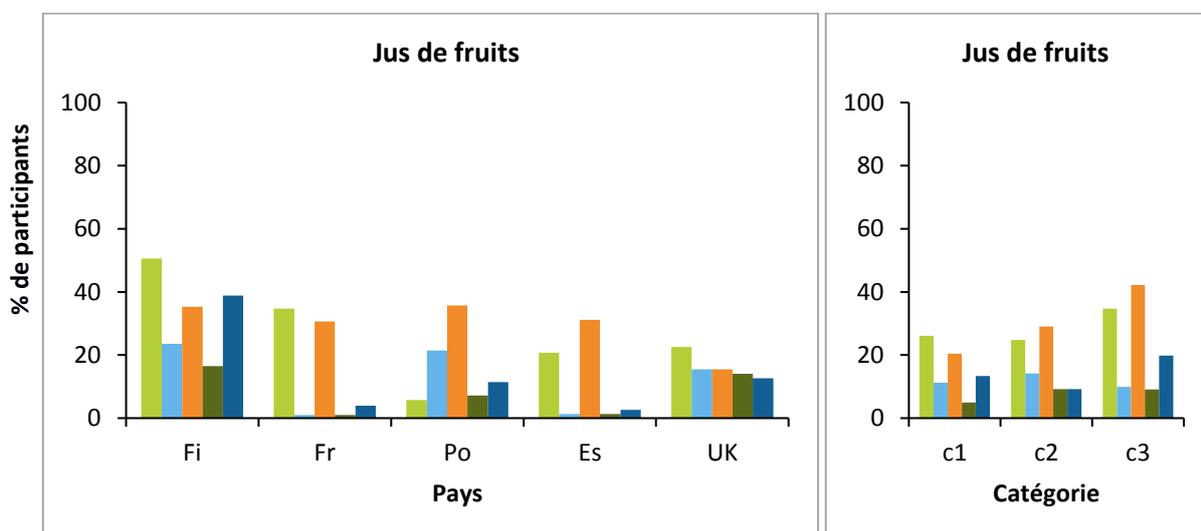
Annexes

Annexes 1 : Fréquences de consommation des fruits transformés et des jus de fruits



■ *Petit déjeuner*
 ■ *Déjeuner*
 ■ *Goûter*
 ■ *Dîner*
 ■ *Collation du soir*

ANNEXE 1.a : Fréquences de consommation des fruits transformés détaillées par repas, par pays et par catégories de dépendance



■ *Petit déjeuner*
 ■ *Déjeuner*
 ■ *Goûter*
 ■ *Dîner*
 ■ *Collation du soir*

ANNEXE 1.b : Fréquences de consommation des jus de fruits détaillées par repas, par pays et par catégories de dépendance

Annexe 2.A : PDF du premier article publié

Food Quality and Preference 50 (2016) 27–37



Contents lists available at ScienceDirect

Food Quality and Preference

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

Fruit and vegetables liking among European elderly according to food preferences, attitudes towards food and dependency

M. Mingioni^{a,*}, E. Mehinagic^a, L. Laguna^f, A. Sarkar^f, T. Pirttijärvi^e, V. Van Wymelbeke^g, G. Artigas^b, J. Chen^c, H. Kautola^e, E. Järvenpää^d, T. Mäenpää^e, R. Tahvonen^d, I. Grabska-Kobylecka^h, I. Maitre^a^a LUNAM Université, SFR 4207 QUASAV, Groupe ESA, UPSP GRAPPE, 55 rue Rabelais, BP 30748, F-49007 Angers Cedex 01, France^b Emparhotel, AIE, CHospital, 27, 2on, 1a, 17230 Palamós, Spain^c School of Food Science and Bioengineering, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou, Zhejiang 310018, China^d MTT, Agrifood Research Finland, FI-31600 Jokioinen, Finland^e Häme University of Applied Sciences, Visamäentie 35A, 13100 Hämeenlinna, Finland^f School of Food Science and Nutrition, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, UK^g CHU, Service de Médecine Interne Gériatrie Champmaillet CHU Dijon – Unité de Recherche Bat Rez de Chaussée, 2 rue Jules Violle, 21000 Dijon, France^h Experimental and Clinical Physiology Department, Medical University of Łódź, 6/8 Mazowiecka Str., 92-216 Łódź, Poland

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 June 2015

Received in revised form 20 December 2015

Accepted 11 January 2016

Available online 12 January 2016

Keywords:

Cross-cultural

Eating style

Food dependent

Dislike

Selectivity

Health and Taste Attitude Scales

ABSTRACT

As the population ages and dependency for food-related activities increases, it becomes crucial to better understand food expectations of elderly consumers. Fruit and vegetables (F&V) are generally appreciated by elderly people. However, few studies have investigated elderly peoples' F&V liking, taking into account their dependency and countries' specificities. The present study aims to identify the liking of F&V, eating styles and food selectivity depending on the country of residence and levels of dependency. A European survey was conducted with 420 elderly people delegating meal-related activities, living at home or in nursing homes. Based on general food preferences, three eating styles were identified. Results showed that F&V liking is a segmenting variable. Elderly people from the style 1 ($n = 145$) do not really appreciate fruits nor desserts. On the contrary, elderly people from style 2 ($n = 121$) are really fruit lovers. Finally, elderly people from style 3 ($n = 126$) liked desserts, fruits, and even more vegetables. Results showed that elderly people were not selective towards F&V, even if there were some exceptions as exotic fruits (disliked by 19%) and fennel (disliked by 33%). Fruit and vegetables selectivity was significantly different between countries ($p < 0.001$), but not between men and women, or between categories ($p > 0.05$ in both cases). Selectivity for F&V was very variable and could reach 32 vegetables among 42 and 28 fruits among 34. The most selective participants were from Finland and the least ones, from the UK. These results can be used to design and/or adapt F&V-based products according to elderly consumers' liking, taking into account their country of origin and their dependency.

© 2016 Published by Elsevier Ltd.

1. Introduction

In Europe, population is aging: between 2010 and 2060, the part of the population over 65 years will grow from 16% to 29%, and also for elderly people aged over 80 years old, rising from 4% to 11% in the same time period (Eurostat, 2011; WHO, 2012). Beyond sociological, psychological and physiological factors, elderly appetite and food intakes also vary with their attitudes toward foods and preferences. Edfors and Westergren (2012) emphasised that: "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". That is why proposing innovative food solutions has to be more personalised, taking into account elderly people's liking. It is relatively easy to tailor food offers according to personal preferences for autonomous elderly people. However, this is more difficult to achieve when elderly people become more dependent and delegate food related activities to caregivers (purchasing, meal preparation, etc.), and very difficult in a collective context (more dependent elderly people, living in nursing homes). Maitre et al. (2014) studied elderly people with different levels of dependency (living at home with either no help, help for non-food-related activities (cleaning, etc.), help for food-related activities (purchasing, cooking, etc.) or living in nursing homes). They highlighted that more dependent elderly people (living in nursing homes) were more selective and more at risk of mal-

* Corresponding author.

E-mail address: imaitre@grape-esa.com (M. Mingioni).

nutrition than autonomous ones (living at home without help). In a collective context, selective elderly people are harder to satisfy. Thus, a question can be raised: How could we characterise likes and dislikes of dependent elderly people? No previous comparative study about food liking and preferences has been carried out at the European level with different categories of dependency. No specific questionnaire has been developed to measure selectivity for a specific type of food.

Aging is also associated with insufficient intake of proteins (Hébel, 2012; Rousset, Patureau Mirand, Brandolini, Martin, & Boirie, 2003) and micronutrients (Elmadfa et al., 2009); which can lead to sarcopenia (Cruz-Jentoft et al., 2010), frailty and dependency (Cederholm et al., 2014; Raynaud-Simon & Lesourd, 2000). Some other studies deal with dependency, highlighting the importance of food in this population group and the fact that the elderly are more at-risk of malnutrition (D'Antoni, Sucher, & Coulston, 1996; Gollub & Weddle, 2004).

To fight against this phenomenon, enriched and nutritionally-dense foods were conventionally developed for elderly people from functional and nutritional points of view. The sensory quality of these products and the pleasure to consume them were not considered as a priority in their development. The European project OPTIFEL (optimised foods for elderly people) aims at tackling malnutrition by developing protein enriched products which are nutritionally relevant for elderly people and well appreciated (and so, consumed with pleasure). Studies concluded that maintaining pleasure while eating is positively associated with a higher food intake or a better nutritional status (Lesourd, Raynaud-Simon, & Mathey, 2001; Maitre, 2014). Thus, it is important to choose appreciated products and to take into account elderly people's liking. On the one hand, fruit and vegetables were chosen because they are sources of vitamins, minerals and fibre (EUFIC, 2012). They are also a solution to maintain a good level of hydration. A higher consumption of fruit and vegetables is correlated to a lower risk of stroke (see He, Nowson, & MacGregor, 2006 for complete review). Fruit and vegetables are also well appreciated (Baker & Wardle, 2003) and well consumed by the elderly (Billson, Pryer, & Nichols, 1999; Juan & Lino, 2007; Monceau, Blanche-Barbat, & Echampe, 2002). However, the consumptions still remain insufficient for elderly people all over Europe (Elmadfa et al., 2009; Ruokatiето, 2015) and below the portion of 400 g per day, recommended by the WHO (WHO, 2007). Moreover, bibliographic data do not indicate which fruit and vegetables are appreciated by elderly people. A better knowledge of fruit and vegetables' liking will allow adapting the offers to elderly people's appreciations.

On the other hand, fruit and vegetables represent an important part of the diet. The texture of processed fruits and vegetables can be adapted to chewing and swallowing problems of dependent elderly people. Thus, fruit and vegetables can be a good vector for protein and nutrient enrichments. A better knowledge of elderly people's fruits and vegetables liking would reach two final objectives: (1) Better matching of fruit and vegetables with elderly people's liking in order to increase fruit and vegetables consumption and (2) Help to propose appreciated fruit-based and vegetable-based products, enriched in proteins and nutrients, in order to reduce protein and nutrients deficiencies.

This study contributes to identify fruit and vegetables liking in dependent elderly people. Despite studies on consumption frequency, to our knowledge, no previous study has investigated elderly people's liking for specific fruits and vegetables, including questions like: which fruit and vegetables are appreciated? How to cook/prepare vegetables for elderly people?

The aim of the present paper is to study attitudes towards food, eating habits, and fruit and vegetables likes and dislikes of elderly people with different levels of dependency (living at home and delegating food purchasing, living at home and delegating meal

preparation and living in nursing homes, where everything is delegated). Then, this paper provides recommendations about which fruit and vegetables are appreciated in Europe. Therefore asking, can consensual products be found, according to country and dependency differences? Are there more appreciated cooking methods for vegetables?

2. Material and methods

2.1. Ethics

All participants were volunteers and gave their written agreement by signing a consent form to participate to the survey. Ethic approval was obtained from the Faculty Ethics Committee at the University of Leeds (MEEC 13-019) for the UK. All the experimental procedures used for the UK participants followed the rules and guidance set by the University of Leeds, the UK.

2.2. Participants

In 2009, Elmadfa et al. divided Europe in four regions (North, Central East, West and South) and showed that fruit and vegetables are more available in the South region. Thus, culture or availability across Europe may affect fruit and vegetables liking. So, in our study, data was collected from five countries to represent each region: Finland for North, Poland for Central East, France and UK for West and Spain for South.

Participants were recruited following three inclusion criteria: the age, the level of food dependency and the cognitive status. Regarding the age, elderly people between 65 and 98 years old were recruited (see Fig. 1). Three categories of food dependency, inspired from Sulmont-Rossé et al. (2015) were defined. The first category involved participants living at their home and needing help for food purchasing. In the second category, participants lived at home and needed help for meal preparation. Data from the Aupaesens survey showed that a category including delegating meal preparation and meals-on-wheels was homogenous enough to be significantly different from people needing help but not for

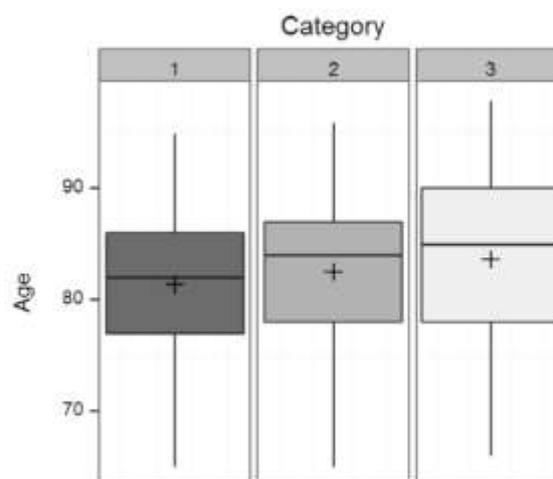


Fig. 1. Boxplots for age, detailed by dependency category. Category 1: participants living at home, with help for food purchasing. Category 2: participants living at home, with help for meal preparation or people with meals-on-wheels. Category 3: people living in nursing homes. Inside boxplots, crosses represent means while horizontal bars represent medians. No mean age difference (ANOVA: $F_{2,405} = 2.992$, $p > 0.05$).

food-related tasks and from people living nursing homes. Thus people with meals-on-wheels were also included in this category. The third category included elderly people living in nursing homes, where food related activities (purchasing and preparation) were completely delegated to the nursing homes staff. This category was considered as the most food dependent one. People eating mixed-food were not included. Finally, three questions from the Mini Mental State Examination test (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975) were used as inclusion criterion ("What is the year?", "What is the season?" and "What is the month?"). Participants were required to have, at least, 2 out of 3 correct answers. A total of 420 Elderly people were recruited and interviewed.

2.2.1. Mini Mental State Examination

Cognitive status of participants was assessed using the Mini Mental State Examination (MMSE) questionnaire (Folstein et al., 1975). This questionnaire gathers 30 items, split in 6 dimensions: orientation, registration, attention and calculation, recall, language and motor skills. Participants with scores strictly lower than 21 were excluded from final data analysis (Laureati, Pagliarini, Calcinoni, & Bidoglio, 2006). This assures that participants were cognitively able to answer questionnaires.

2.2.2. Health and Taste Attitude Scales

Attitudes towards foods were measured according to the Health and Taste Attitude Scales (HTAS) questionnaire adapted from Roininen, Lähteenmäki, and Tuorila (1999). The 7-point scale (from "disagree strongly" to "agree strongly") originally developed on non-elderly people, was adapted for elderly people and reduced to a 4-point scale: "disagree", "rather disagree", "rather agree" and "agree". Three dimensions were selected from the questionnaire: health interest (8 items), natural product (6 items) and pleasure (6 items). As proposed by Roininen et al. (1999), negative statements were reversed and recoded for the final score calculation. The final score is the mean between each item score within dimensions. It varies from 1 (not interested in) to 4 (interested in) for each dimension.

2.2.3. Food Neophobia Scale

Food neophobia is "a reluctance to eat and/or avoidance of novel food" (Pliner & Hobden, 1992). It was measured using the Food Neophobia Scale (FNS) questionnaire (Pliner & Hobden, 1992). The original 7-point scale (from "disagree strongly" to "agree strongly") was adapted for elderly people and reduced to 4 points: "disagree", "rather disagree", "rather agree" and "agree". As proposed by Pliner and Hobden (1992), negative statements were reversed and recoded for final score calculation. The final score varies from 10 (not neophobic) to 40 (very neophobic).

2.3. Questionnaires about foods, fruit and vegetables

2.3.1. Eating styles

Global food preferences and habits were evaluated using a questionnaire based on the AUPALESENS survey (Maitre et al., 2012), however adapted to be more fruit and vegetables specific. The questionnaire was composed of 21 items: eight frequency items (frequency of drinking alcohol during meals, frequency of salt addition, etc.), nine liking items (liking levels of desserts, meat, fruits, etc.), two preference items (preference for fish/meat, preference for cooking with oil/cooking with butter) and two quantity items (consumed quantity of bread and soup). Participants were asked to rate their level of agreement between two opposite items according to a 5-point Osgood's semantic differential scale. For instance: "I am used to eating very little soup" (1) – "I am used to eating a lot of soup" (5).

2.3.2. Selectivity towards fruit and vegetables

Maitre et al. (2014) proposed a rapid questionnaire to measure food selectivity in the elderly and showed a link with malnutrition risk. This heuristic list included both raw and cooked food (71 items) where interviewed elderly people had to tick items they dislike. In our survey, the questionnaire was adapted to be fruit and vegetables specific. A new 76-item list was created and included familiar fruits and berries (raw or processed), vegetables (raw or processed), starchy foods (such as potatoes), mushrooms and culinary herbs (such as sorrel and parsley). The complete list is presented in Appendices A. Despite the number of items, the selectivity questionnaire was very rapid to administer (2–3 min). The experimenter individualizing listed items orally and the participant indicated disliked or unknown products. In this case, the experimenter ticked the corresponding item on the questionnaire. In definitive, it is very rapid and not cognitively demanding for elderly participants. Special attention was paid to distinguish between "I do not like the product" and "I cannot eat the product anymore (because of teeth, intestinal, special diet, etc. issues). Finally, the selectivity score is the number of disliked items multiplied by 100 and divided by the number of known items. The higher the score was, the more selective the participant was.

2.3.3. Liking of different cooking methods for vegetables

Vegetables can be prepared and eaten in different forms: raw, boiled, processed into soup, etc. Thus, we investigated the appreciation of different vegetable cooking methods. Participants had to rate their appreciation on a 5-point scale from 1 (totally dislike) to 5 (like a lot), where 3 meant "indifferent". Eight different cooking methods for vegetables were explored: steam cooked, fried, raw, gratin, baked, braised, plain boiled and in processed soup.

2.4. Data analysis

ANOVA and LSD post hoc analysis were computed with Statgraphics Centurion XVI (version 16.1.03) and R software (version 3.1.2). Sample sizes varied between analyses due to invalid or missing data. Non-significant interactions were removed from the ANOVA models. To categorise subjects according to their eating styles, a cluster analysis was performed on the eating style questionnaire (21 items about global food preferences and habits), using a hierarchical ascending classification (Euclidean distances, Ward criterion), consolidated by K-means algorithm with R software. Then, descriptions of styles were made using the "catdes" procedure in R (package *FactoMineR*). In this procedure, mean scores (for each style) were compared to general mean scores (all styles together) by a *t*-test. All questions were used for clustering, except the one about deli products due to missing data from the UK. Participants with missing data ($n = 13$) were also removed from clustering. Finally, Khi^2 and Khi^2 per cell were used to compare frequencies, using R software.

3. Results

3.1. Participants

To assess cognitive status, participants were selected using the Mini Mental State Examination test. Elderly people with a MMSE score equal or higher than 21 were included and others ($n = 15$) were excluded from the data analysis. Final dataset includes 405 elderly people, composed of 314 females and 91 males. Mean age is 82 ± 7 years old. Table 1 describes the sample characteristics, detailed by country and categories of food dependency. As shown in Fig. 1, ages were homogeneously dispersed in the 3 categories.

Table 1
Sample characteristics per country and categories of food dependency.

	All	Finland	France	Poland	Spain	UK
N (Females)	405 (284)	86 (62)	101 (81)	70 (54)	77 (55)	71 (62)
Category 1	143 (128)	31 (26)	26 (25)	28 (26)	28 (23)	30 (28)
Category 2	141 (102)	27 (18)	36 (27)	27 (20)	24 (13)	27 (24)
Category 3	121 (84)	28 (18)	39 (29)	15 (8)	25 (19)	14 (10)
% living in couple ^a	20	5	4	4	5	2
Category 1	8	2	1	2	2	1
Category 2	9	2	2	2	2	1
Category 3	3	1	1	0	1	0
Mean age (SD)	82 (7)	82 (7)	85 (7)	81 (7)	83 (7)	81 (8)
Category 1	81 (7)	80 (7)	84 (6)	79 (6)	85 (4)	79 (8)
Category 2	83 (7)	82 (7)	82 (8)	85 (6)	81 (7)	82 (7)
Category 3	84 (8)	83 (8)	87 (7)	76 (4)	84 (9)	83 (6)
Age-range	65–98	65–98	65–95	66–95	66–97	65–96
Category 1	65–95	65–90	68–95	67–92	77–94	65–95
Category 2	65–96	65–95	65–95	70–95	68–91	68–96
Category 3	65–98	66–98	68–95	66–83	66–97	74–96
Mean MMSE (SD)	/30	27 (3)	26 (3)	27 (2)	27 (3)	27 (3)
Category 1		28 (2)	28 (2)	28 (1)	28 (2)	27 (2)
Category 2		26 (3)	26 (3)	28 (2)	26 (3)	26 (3)
Category 3		26 (3)	26 (3)	27 (3)	25 (3)	25 (3)
Mean score HTAS – Health (SD)	/4	2.8 (0.7)	2.7 (0.6)	2.8 (0.7)	2.8 (0.8)	2.7 (0.7)
Category 1		2.9 (0.7)	2.6 (0.6)	3.1 (0.6)	3.0 (0.8)	2.6 (0.8)
Category 2		2.8 (0.7)	2.9 (0.7)	2.8 (0.6)	2.9 (0.7)	3.0 (0.7)
Category 3		2.7 (0.6)	2.8 (0.5)	2.7 (0.7)	2.4 (0.7)	2.9 (0.6)
Mean score HTAS – Natural (SD)	/4	2.6 (0.7)	2.6 (0.7)	2.6 (0.8)	3.0 (0.8)	2.5 (0.7)
Category 1		2.7 (0.8)	2.5 (0.6)	2.8 (0.9)	3.4 (0.6)	2.3 (0.8)
Category 2		2.7 (0.7)	2.6 (0.8)	2.6 (0.7)	3.1 (0.7)	2.6 (0.6)
Category 3		2.5 (0.7)	2.7 (0.6)	2.4 (0.7)	2.2 (0.7)	2.7 (0.7)
Mean score HTAS – Pleasure (SD)	/4	3.0 (0.5)	2.9 (0.5)	2.9 (0.5)	3.0 (0.5)	2.8 (0.5)
Category 1		2.9 (0.5)	2.9 (0.4)	2.9 (0.5)	3.1 (0.5)	2.6 (0.5)
Category 2		3.0 (0.5)	2.8 (0.6)	3.0 (0.4)	2.9 (0.5)	2.9 (0.4)
Category 3		2.9 (0.5)	2.9 (0.5)	2.8 (0.5)	3.0 (0.6)	2.9 (0.4)
Mean neophobia (SD)	/40	23.7 (6.9)	22.2 (6.0)	21.5 (6.1)	25.7 (6.4)	26.6 (6.3)
Category 1		24.2 (7.1)	22.5 (6.1)	24.0 (7.3)	25.6 (5.9)	27.2 (6.1)
Category 2		23.5 (6.7)	23.3 (6.3)	20.7 (5.4)	24.1 (6.6)	26.9 (6.1)
Category 3		23.3 (6.8)	20.8 (5.6)	20.5 (5.5)	28.4 (6.5)	25.6 (6.7)
Mean selectivity (SD)	%	10.3 (9.9)	14.4 (12.8)	8.4 (8.2)	11.9 (9.1)	9.5 (7.8)
Category 1		9.6 (9.5)	10.9 (10.3)	8.5 (9.6)	12.7 (9.4)	8.1 (7.9)
Category 2		11.1 (10.6)	19.4 (14.5)	7.4 (7.8)	12.2 (10.4)	8.7 (6.2)
Category 3		10.3 (9.4)	13.4 (12.4)	9.2 (7.8)	9.8 (5.8)	11.9 (8.7)

Category 1: participants living at home, with help for food purchasing. Category 2: participants living at home, with help for meal preparation or people with meals-on-wheels. Category 3: people living in nursing homes. SD: Standard Deviation, MMSE: Mini Mental State Examination, HTAS: Health and Taste Attitude Scale.

^a "Living in couple" regroups marriage and common-law.

3.2. Eating styles

Using hierarchical cluster analysis (eating style questionnaire; 21 items about global food preferences and habits), three eating styles were identified. Table 2 shows scores of each item used for hierarchical cluster analysis while descriptive variables for the three eating styles are summarised in Table 3.

3.2.1. Style 1 (*n* = 145)

In this cluster, elderly people did not really appreciate fruit and vegetables in any form such as soups, vegetable purées as well as pieces of fruit or vegetables in purées. They rarely seasoned their meal with spices or herbs and could easily have meals without a dessert. Participants consumed wine and beer more frequently during meals than in the two other clusters. In general, they liked ready-to-eat dishes, deli products and cooking with butter.

Cluster 1 included more men than other clusters (30%), had a higher proportion of French (34%) and English (33%) participants but without any specific representation of one of the three cate-

gories. They were in general also less interested by health and natural aspects of foods (lower HTAS scores).

3.2.2. Style 2 (*n* = 121)

People from cluster 2 enjoyed eating fresh fruits (including berries). They also liked eating fruit and vegetables in different processed forms such as fruit purees, vegetable soups and preferred soups with pieces. They preferred cooking with oil than with butter. They regularly seasoned their meals with salt, spices and herbs. It is worth recognising that they declared very rare wine or beer consumption during meal. They did not appreciate ready-to-eat dishes, deli products, as compared to participants from the two other styles. They rarely added sugar to their yoghurts, could easily have meals without a dessert and did not consider themselves that much as red meat lovers.

Participants clustered in this eating style were mainly Finnish (26%) and Polish (38%) elderly people. Regarding dependency categories, there were more participants from category 1 (help for food purchasing, 50%) and less from category 3 (living in nursing

Table 2
Scores of items used for hierarchical cluster analysis (HCA) detailed by eating style.

Items used for HCA	Type of scale	Mean (SD)			
		Overall	Style 1	Style 2	Style 3
Sweetener addition ^a	Frequency	1.8 (1.4)	1.7 (1.2)	1.8 (1.4)	2.1 (1.7)
Alcohol consumption	Frequency	1.8 (1.5)	2.4 (1.7)	1.2 (0.6)	1.8 (1.4)
Spices addition	Frequency	2.2 (1.4)	1.9 (1.2)	3.1 (1.5)	1.6 (1.2)
Salt addition	Frequency	2.3 (1.4)	2.4 (1.4)	3.0 (1.5)	1.5 (1.0)
Sweet addition ^b	Frequency	2.3 (1.7)	2.3 (1.6)	1.6 (1.2)	2.8 (1.9)
Herbs addition	Frequency	2.4 (1.5)	2.0 (1.3)	3.3 (1.3)	1.9 (1.4)
Use of sauces	Frequency	3.0 (1.5)	3.2 (1.4)	3.3 (1.4)	2.4 (1.5)
Starchy garnish consumption ^c	Frequency	4.2 (1.1)	3.9 (1.2)	4.4 (1.0)	4.4 (1.1)
Ready-to-eat dishes	Liking	2.5 (1.6)	3.4 (1.5)	1.8 (1.2)	2.1 (1.4)
Desserts	Liking	2.8 (1.7)	2.2 (1.4)	2.1 (1.4)	4.2 (1.3)
Deli products	Liking	3.1 (1.6)	3.5 (1.6)	2.5 (1.5)	3.2 (1.5)
Red meat	Liking	3.2 (1.5)	3.2 (1.5)	2.8 (1.5)	3.6 (1.4)
Fruit purees with pieces	Liking	3.4 (1.5)	3.0 (1.5)	3.8 (1.3)	3.5 (1.7)
Soup with pieces	Liking	3.4 (1.6)	3.0 (1.6)	3.9 (1.5)	3.5 (1.7)
Fruits	Liking	3.5 (1.6)	2.3 (1.4)	4.4 (1.0)	4.0 (1.3)
Vegetable puree	Liking	3.7 (1.4)	3.5 (1.4)	3.3 (1.4)	4.4 (1.2)
Steam cooked vegetables	Liking	4.0 (1.3)	3.4 (1.3)	3.9 (1.3)	4.7 (0.7)
Oil/butter cooking	Preference	2.5 (1.6)	3.4 (1.6)	2.2 (1.4)	1.9 (1.4)
Meat/Fish	Preference	3.0 (1.5)	2.8 (1.6)	3.3 (1.5)	2.9 (1.5)
Bread	Quantity	2.9 (1.5)	3.1 (1.5)	2.8 (1.4)	2.6 (1.5)
Soup	Quantity	3.3 (1.4)	2.9 (1.3)	3.0 (1.3)	3.8 (1.4)

Frequency scale basically goes from rarely/never (1) to nearly always/always (5). Liking scales basically goes from I don't like (1) to I like (5). Preference scales basically goes from 1 to 5. A score of 1 means preference for oil cooking/meat and a score of 5 means preference for butter cooking/fish (a score of 3 mean neutral, no preference). Quantity scale goes from very little (1) to a lot (5).

Significant levels were obtained by *t*-test comparisons between styles' mean and overall mean. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

^a Artificial sweeteners, different from sugar.

^b Sugar, honey or jam.

^c Potatoes, rice, pasta.

homes, 14%). They were more interested by health and natural aspects in foods (the highest HTAS scores).

3.2.3. Style 3 ($n = 126$)

In this cluster, elderly people were found to be very fond of desserts and clearly preferred cooking with oil cooking to cooking with butter. They enjoyed fruits, soups, vegetables and vegetable purees a lot. They also considered themselves as meat lovers. However, they did not really appreciate ready-to-eat dishes, as in eating style 2. They used sauces less frequently and seasoned rarely their

meals (with salt, spices and/or herbs), as compared to the participants from other two styles. They declared to eat more soup than the other participants.

Majority of the participants identified in this eating style were Spanish (47%). They were mainly from category 3 (living in nursing homes, 39%).

Due to major differences in general food likings and habits (people from style 2 have a more fruit-oriented liking while people from style 3 have a fruit and even more vegetable-oriented liking).

Table 3
Description of the three eating styles obtained by hierarchical cluster analysis.

Variables	Overall	Style 1	Style 2	Style 3
N	392	145	121	126
Sample (%)				
Male	22	30	17	18
Finland	19	17	26	16
France	26	34	12	29
Poland	17	11	38	5
Spain	20	6	8	47
UK	18	33	16	3
Category 1	35	30	50	28
Category 2	35	36	36	33
Category 3	30	34	14	39
Descriptive variables – mean (SD)				
Age	83 (7)	82 (8)	81 (7)	84 (7)
MMSE Score	26.6 (2.6)	26.4 (2.8)	27.0 (2.5)	26.5 (2.4)
Selectivity	10.4 (10.0)	10.7 (11.0)	10.6 (9.8)	9.7 (9.1)
Neophobia	23.7 (6.9)	24.5 (7.0)	23.2 (6.9)	23.3 (6.8)
HTAS – Health	2.8 (0.7)	2.5 (0.7)	3.0 (0.7)	2.9 (0.7)
HTAS – Natural	2.6 (0.7)	2.4 (0.7)	2.9 (0.6)	2.6 (0.8)
HTAS – Pleasure	3.0 (0.5)	3.0 (0.6)	3.0 (0.5)	2.9 (0.5)

Significant levels were obtained by *t*-test comparisons between styles' mean and overall mean. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$. Category 1: participants living at home, with help for food purchasing. Category 2: participants living at home, with help for meal preparation or people with meals-on-wheels. Category 3: people living in nursing homes.

Table 4

ANOVA factors with effects on the selectivity score (number of disliked fruits or vegetables on a 76-item list).

Factors	Df	$F_{(Df, 392)}$	p value	
Neophobia	1	32.747	0.000	***
HTAS – Natural product	1	9.054	0.003	***
Country	4	7.782	0.000	***
HTAS – Health interest	1	2.096	0.149	NS
Category	2	0.937	0.393	NS
HTAS – Pleasure	1	0.796	0.373	NS
Age	1	0.749	0.387	NS
Gender	1	0.571	0.45	NS

Non-significant interactions were removed from the model. Df stands for degree of freedom. ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

3.3. Selectivity towards fruit and vegetables

Results showed that many factors influence the selectivity score: food neophobia, attitudes towards foods (natural aspect) and country (see Table 4 for F and p values). Post hoc analyses showed that elderly people were more selective when they were more neophobic and more interested in natural aspects of foods. No overall dependency category effect was found ($F_{(2, 392)} = 1.168, p > 0.05$). According to post hoc analysis, Finnish participants appeared to be the most selective.

3.4. Liked and disliked fruit and vegetables

The questionnaire related to the fruit and vegetables selectivity gave quantitative information on selectivity levels of elderly people and also qualitative information on which fruit and vegetables were liked or disliked. Results showed that, in general, fruit and vegetables proposed in the list were well known. However, some items were unknown by more than 20% of the participants (chestnut, quince jelly, pomelo, chicory, artichoke, chickpea, spinach in salad, sweet potato and endive). Pomelo and endives appeared to be the most unknown fruit and vegetable (unknown by respectively 35% and 32% of participants).

3.4.1. Liked and disliked fruits

Fruits (34 items) were mainly appreciated by at least 90% of the elderly (Fig. 2). Independently from country specificities, less than 5% of the participants declared disliking peach, plum, apple, pear, strawberry, orange, clementine, raspberry, mandarin, banana, apricot, nectarine, cherry and pineapple. So those fruits were well accepted by a majority of elderly people. On the contrary, some

others fruits were less appreciated by more than 10% of the participants; which included quince jelly, chestnut, exotic fruit juice, pomelo, mango and kiwi. Per country results showed wide variations. For example, 41% and 29% of participants declared disliking chestnut in Finland and Poland, respectively. However, in Spain, France and United Kingdom, only 3%, 7% and 7% of the elderly people declared disliking chestnut, respectively. Results detailed per country and dependency category are shown in Table 5. Interesting differences can be noticed between the three categories. Chestnut was less rejected in nursing homes (8% of the participants), compared to people from category 1 and 2 (14% and 13% for respectively). On the contrary, kiwi, mango and watermelon were more frequently rejected in nursing homes than in the two other categories. Exotic fruit juice appeared to be relatively accepted by people from category 1 and 3 (11% and 12% of participants declared disliking it), but less by elderly people from category 2 (22% of participants declared disliking it).

3.4.2. Liked and disliked vegetables

Regarding vegetables (42 items), there were more people disliking vegetables than people disliking fruits (Fig. 3). Only 5% or less of the interviewed elderly people declared disliking potatoes, parsley, green peas, raw lettuce, and green cabbage. So it can be concluded that these vegetables were well accepted by the majority of interviewed elderly people. The most disliked vegetables, for at least 20% of the population, were chicory, turnip, sweet corn, lentils, artichoke, aubergine fennel and spinach in salad. As for fruits, there was an important variability within each country. For example, 46%, 47% and 55% of participants declared disliking artichoke, in the UK, Poland and Finland, respectively. However, in France and Spain, only 2% and 3% of the elderly people declared disliking artichoke. Results detailed per country and dependency category are shown in Table 6. Interesting differences can be noticed between the three categories. Leeks were less rejected by people from category 1 (6%) than by people from category 2 (18%) and 3 (14%). The same effect can be observed for turnip (category 1: 12%, category 2: 25%, category 3: 24%). However, asparagus, artichoke and aubergine were less rejected in category 3 (8%, 12% and 13% respectively) than in category 1 (17%, 26% and 28% respectively) and category 2 (16%, 25% and 28% respectively).

3.5. Liking of different vegetables cooking methods

Vegetable liking was significantly influenced by country ($F_{(4, 3240)} = 64.74, p < 0.001$), cooking methods ($F_{(7, 3240)} = 17.99, p < 0.001$) category ($F_{(2, 3240)} = 13.38, p < 0.001$), country \times cooking

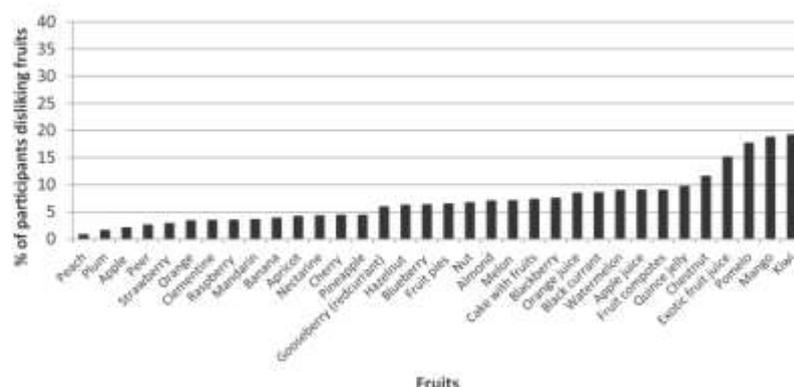


Fig. 2. Percentages of participants disliking fruits ($n = 392$).

Table 5

Percentage of participants disliking fruits, detailed per country and food dependency category. Columns entitled "consensual" represent consensual items (disliked by less than 10% of participants) in all five countries or in all three food dependency categories.

Fruits	Country					Consensual	Category			
	FI	FR	PL	SP	UK		1	2	3	Consensual
Almond	12	9	12	1	0		7	7	7	Yes
Apple	3	6	6	4	3	Yes	1	2	3	Yes
Apple juice	9	14	10	3	7		7	9	10	
Apricot	12	0	5	1	4		5	4	3	Yes
Banana	5	4	6	1	3	Yes	6	4	2	Yes
Black currant	9	7	10	35	1		8	9	9	Yes
Blackberry	8	10	4	6	7		6	6	11	
Blueberry	1	9	3	27	7		7	5	7	Yes
Cake with fruits	8	6	1	17	4		6	9	7	Yes
Cherry	17	0	3	1	1		7	4	3	Yes
Chestnut	41	7	29	3	7		14	13	8	
Clementine	4	1	3	5	4	Yes	4	1	6	Yes
Exotic fruit juice	19	22	18	8	7		11	22	12	
Fruit compotes	1	1	19	18	9		12	10	5	
Fruit pies	4	4	5	17	3		4	9	6	Yes
Gooseberry (redcurrant)	5	6	7	14	4		5	7	5	Yes
Hazelnut	14	2	12	1	4		7	7	4	Yes
Kiwi	23	23	9	28	11		15	18	26	
Mandarin	1	2	1	4	10		4	3	3	Yes
Mango	20	24	18	25	6		13	20	24	
Melon	8	0	33	1	4		9	9	3	Yes
Nectarine	8	4	3	4	3	Yes	2	6	5	Yes
Nut	16	1	13	1	4		7	7	6	Yes
Orange	5	2	1	1	7	Yes	3	3	4	Yes
Orange juice	12	11	12	4	3		9	9	8	Yes
Peach	3	0	0	0	1	Yes	1	1	1	Yes
Peer	1	2	3	1	6	Yes	3	3	2	Yes
Pineapple	7	0	0	0	4	Yes	3	4	6	Yes
Plum	3	0	3	1	1	Yes	2	1	1	Yes
Pomelo	20	9	29	34	10		19	15	19	
Quince jelly	0	8	16	9	10		10	9	10	
Raspberry	1	3	0	6	7	Yes	4	4	3	Yes
Strawberry	1	1	3	5	4	Yes	4	1	3	Yes
Watermelon	3	30	4	0	1		7	6	15	

Distributions are significantly different between countries ($\chi^2 = 673.68$, $p < 0.001$) but not between categories ($\chi^2 = 47.26$, $p > 0.05$). As Cochran's rule was not respected, p -values were estimated by Monte-Carlo simulation. Category 1: participants living at home, with help for food purchasing. Category 2: participants living at home, with help for meal preparation or people with meals-on-wheels. Category 3: people living in nursing homes.

methods ($F_{(28, 3240)} = 7.77$, $p < 0.001$) and category \times cooking methods ($F_{(14, 3240)} = 1.82$, $p < 0.05$). Mean liking scores were generally high in all countries (about 4/5 or higher), but about 3.6/5 in the UK. Regarding cooking methods, braised, plain boiled and vegetable soups were the most appreciated (mean liking scores higher than 4.1/5).

Those cooking methods could be considered as consensual for most of the elderly people in all interviewed countries (Fig. 4). Despite statistical significant differences, it is worth noting that in all three categories all the cooking methods were well appreciated (mean liking notes higher than 4/5 in general and higher than 3.8/5 for each cooking method – Fig. 5).

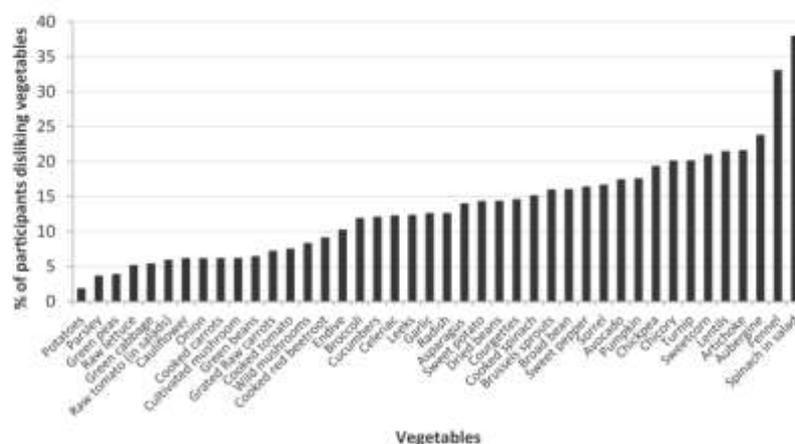


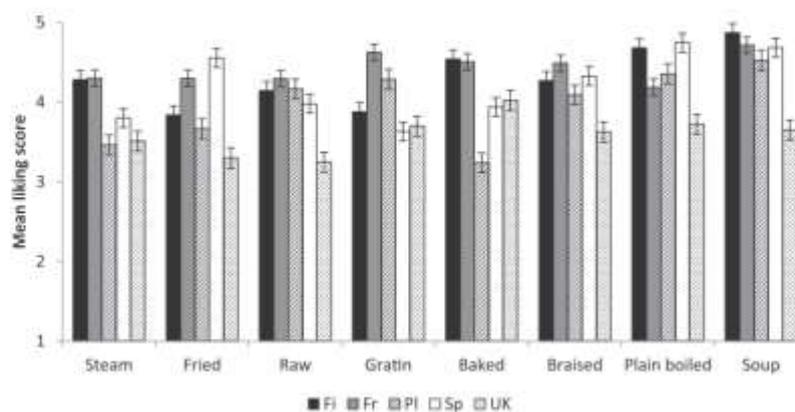
Fig. 3. Percentages of participants disliking vegetables.

Table 6

Percentage of participants disliking vegetables, detailed per country and food dependency category. Columns entitled "consensual" represent consensual items (disliked by less than 10% of participants) in all 5 countries or in all 3 food dependency categories.

Vegetables	Country					Consensual	Category				Consensual
	FI	FR	PL	SP	UK		1	2	3		
Artichoke	55	2	47	3	46		26	25	12		
Asparagus	28	1	37	4	19		17	16	8		
Aubergine	39	19	45	4	30		28	28	13		
Avocado	24	5	26	28	15		22	18	10		
Broad bean	48	26	9	4	4		11	21	15		
Broccoli	10	15	17	12	6		13	10	12		
Brussels sprouts	20	9	26	19	8		15	18	14		
Cauliflower	3	6	4	10	7		6	4	9	Yes	
Celeriac	30	8	10	6	8		8	16	13		
Chickpea	37	30	27	5	10		20	17	20		
Chicory	55	7	57	16	9		21	24	15		
Cooked carrots	4	1	12	10	6		1	6	12		
Cooked red beetroot	5	3	4	34	1		8	10	9		
Cooked spinach	20	5	29	10	18		11	20	14		
Cooked tomato	26	2	9	1	1		4	10	8		
Courgettes	20	12	22	3	18		13	16	15		
Cucumbers	1	12	4	30	11		11	11	15		
Cultivated mushroom	14	3	3	9	1		7	8	3	Yes	
Dried beans	48	4	12	9	6		12	17	14		
Endive	33	1	60	14	10		11	12	8		
Fennel	48	39	6	53	24		33	35	31		
Garlic	23	9	21	3	10		13	15	9		
Grated Raw carrots	8	5	7	12	4		5	8	9	Yes	
Green beans	25	1	3	1	3		4	9	7	Yes	
Green cabbage	7	9	1	5	3	Yes	1	6	9	Yes	
Green peas	12	1	1	3	3		1	6	4	Yes	
Leeks	14	5	25	6	14		6	18	14		
Lentils	53	8	58	14	12		17	23	24		
Onion	8	8	7	1	6	Yes	2	7	9	Yes	
Parsley	4	1	7	1	6	Yes	2	5	3	Yes	
Potatoes	1	0	3	3	3	Yes	1	1	4	Yes	
Pumpkin	16	17	21	19	15		20	21	11		
Radish	19	2	22	17	7		16	12	9		
Raw lettuce	4	1	13	6	3		4	5	7	Yes	
Raw tomato (in salads)	17	3	3	5	1		5	6	7	Yes	
Sorrel	33	16	18	4	17		14	22	13		
Spinach in salad	37	34	33	68	21		36	38	41		
Sweet pepper	16	32	12	4	12		13	18	19		
Sweet potato	16	30	38	5	4		11	14	19		
Sweetcorn	19	24	25	27	9		25	20	17		
Turnip	15	17	49	18	6		12	25	24		
Wild mushrooms	13	10	9	3	6		8	11	5		

Distributions are significantly different between countries ($\chi^2 = 1101.46$, $p < 0.001$) but not between categories ($\chi^2 = 94.06$, $p > 0.05$). Cochran's rule was respected. Category 1: participants living at home, with help for food purchasing. Category 2: participants living at home, with help for meal preparation or people with meals-on-wheels. Category 3: people living in nursing homes.

**Fig. 4.** Mean liking score per cooking methods and countries.

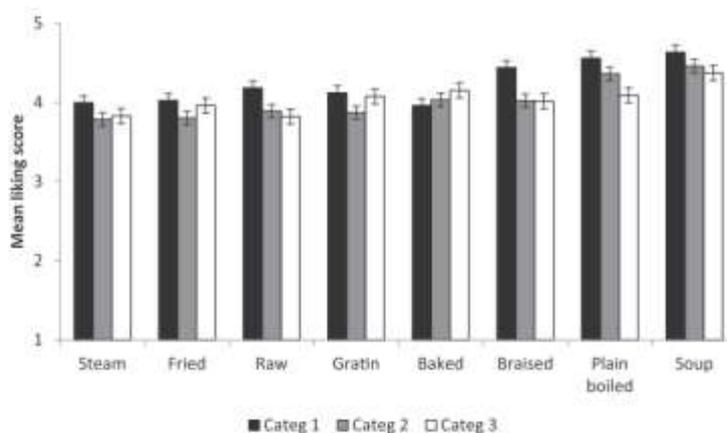


Fig. 5. Mean liking score per cooking methods and countries. Category 1: participants living at home, with help for food purchasing. Category 2: participants living at home, with help for meal preparation or people with meals-on-wheels. Category 3: people living in nursing homes.

All cooking methods appeared to be quite appreciated either in all countries or in all categories (with exceptions for UK where liking is more moderated).

4. Discussion

The present study provides data on liking of culinary-dependent elderly people, in five different European countries. Results show both: consensus between the elderly about a good level of fruit and vegetables liking and no rejection of any cooking method, and at the same time, a high variability in food styles. Previous studies have shown that fruit and vegetables were globally appreciated by elderly people and also more consumed as compared to younger adults (Baker & Wardle, 2003; Juan & Lino, 2007; Monceau et al., 2002). However, those studies did not show the variability existing in the elderly population. We identified three eating styles with specific food preferences. Most of the participants from style 2 were fruit oriented, and most participants from style 3 were vegetable oriented. On the contrary, most of the participants from style 1 were rather indifferent to fruit and vegetables (except for vegetable purees). Eating styles are in accordance with attitudes towards foods. People from eating style 2 were more interested by health and natural aspects in foods (higher HTAS scores). These attitudes towards foods are congruent with their declared liking, preferences and clearly highlight health awareness. Influence of attitudes towards foods on fruit and vegetables liking was not investigated in great detail. Though, our results did not highlight any link between neophobia and eating styles. In a recent study with 292 Finnish twins (21–25 years old), Törnwall et al. (2014) showed that preferences for fruit and vegetables were not influenced by HTAS (health interest) but by food neophobia: less neophobic participants had a higher preference for fruit and vegetables. All these results are arguing for the complementarity of the methods.

The fact to be selective in food choices, also known as "pickiness" or "fussiness", was documented mainly in children and very rarely with the elderly. As food selectivity is a relatively new research theme, very few studies have been done for elderly people and validated questionnaires have to be developed (Dovey, Staples, Gibson, & Halford, 2008). In this study, a rapid questionnaire was adapted to evaluate selectivity towards fruit and vegetables. It consisted in a specific list of different fruits and vegetables. Using this easy questionnaire and conducting a rapid interview enabled to

deliver quantitative as well as qualitative results. Results showed that the participants more selective towards fruit and vegetables were more food neophobic, more interested in natural aspects of foods and Finnish. Selectivity and food neophobia appeared to be linked; which is in agreement with the studies reviewed by Dovey et al. (2008). It also supports previous findings that elderly people preferred "traditional" preparations as first courses and liked less "unfamiliar" dishes (Laureati et al., 2006). Finnish participants appeared to be the most selective. In Northern Europe, fruit and vegetables are less available than in Southern Europe (Elmadfa et al., 2009). Thus, we can assume that geographical position can induce differences in terms of quantity, variety and/or quality. So, the first hypothesis is that a higher selectivity in Finland could be due to a larger number of unknown products in the marketplace. However, to tackle this effect, participants had the possibility to indicate if they knew the item or not. If the item was unknown, it was excluded from the selectivity score calculation. The second hypothesis is that, due to the increasing demand, some fruit and vegetables (such as exotic ones) may have recently appeared on the market shelves (from the elderly's point of view). Thus, they are relatively new and not really attractive for elderly people. This is linked to food neophobia and in accordance with our results, showing that the most selective elderly were also the most neophobic, irrespectively of the country specificities. Causes of selectivity in elderly people according to dependency need further investigation.

Combining eating styles and selectivity information provided knowledge on which fruit and vegetables were liked or disliked by participants. Knowing elderly people's expectations and preferences can help maintain pleasure while eating. Previous studies have shown that maintaining pleasure while eating is positively associated with a better nutritional status or a higher food intake (Lesourd et al., 2001; Maitre, 2014). However, it is worth noting that the questionnaire was about the disliked fruit and vegetables and not a questionnaire about what can be or is actually consumed. To get complete information about the elderly needs, nutritional and function needs have to be explored in addition to sensory expectations.

5. Conclusions

This study adapted methods to characterise the needs and expectations of elderly people when becoming more dependent

and to measure their liking and selectivity levels regarding fruit and vegetables. Results showed that the eating styles and the selectivity questionnaires constitute two discriminant tools, while the cooking methods questionnaire is less. They can help to make a “profile” of dependent elderly people regarding fruit and vegetables liking and consumption in order to better match food offers and their liking. Regarding fresh or processed fruit and vegetables, they were globally well appreciated by elderly people. We highlighted fruit and vegetables that were consensual in all five European countries and all categories of dependency; and less appreciated ones, by at least 20% of the interviewed elderly (exotic fruit juice, pomelo, mango, kiwi, chicory, turnip, sweet corn, lentils, artichoke, aubergine fennel and spinach in salad). Regarding vegetables, all cooking methods were relatively well appreciated. All these results can serve as a support for designing new products. In context of malnutrition, our results could help food industries to choose the relevant fruit/vegetable matrix for nutrient and protein fortified foods (soups for example). This is important for developing more personalised fruit-based and vegetable-based products for elderly consumers in order to design new food products tailored to their expectations and enabling adequate maintenance of nutritional intakes, appetite and pleasure while eating.

Acknowledgements

The research leading to these results has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration under grant agreement n° 311754 (for OPTIFEL). This project also received funding from Région Pays de la Loire. Authors would also like to thank all the partners and interviewers involved in this study for their implication and field work. Finally, special thanks are addressed to Mr Phillip John Bentley (The University of Leeds) for his help in English revision and to all the participants for their time and valuable answers.

Appendix A

Questionnaire to measure fruit and vegetables selectivity in elderly people.

Food	I dislike	I do not know
Leeks		
Lentils		
Cooked carrots		
Grated Raw carrots		
Green beans		
Potatoes		
Courgettes		
Sweet pepper		
Artichoke		
Eggplant		
Endive		
Broccoli		
Celeriac		
Cultivated mushroom		
Green cabbage		
Cauliflower		
Cooked spinach		
Spinach in salad		
Fennel		
Dried beans		
Raw lettuce		

Appendix A (continued)

Food	I dislike	I do not know
Sweetcorn		
Turnip		
Onion		
Sorrel		
Green peas		
Pumpkin		
Radish		
Raw tomato (in salads)		
Cooked tomato		
Cooked red beetroot		
Cucumbers		
Avocado		
Melon		
Asparagus		
Fruit compotes		
Fruit pies		
Cake with fruits		
Apricot		
Pineapple		
Banana		
Black currant		
Cherry		
Clementine		
Strawberry		
Raspberry		
Gooseberry (redcurrant)		
Kiwi		
Mango		
Blackberry		
Blueberry		
Hazelnut		
Nut		
Orange		
Peach		
Peer		
Pomelo		
Apple		
Plum		
Orange juice		
Apple juice		
Exotic fruit juice		
Almond		
Broad bean		
Brussels sprouts		
Chestnut		
Chickpea		
Chicory		
Garlic		
Mandarin		
Wild mushrooms		
Nectarine		
Parsley		
Quince jelly		
Sweet potato		
Watermelon		

References

- Baker, A. H., & Wardle, J. (2003). Sex differences in fruit and vegetable intake in older adults. *Appetite*, 40(3), 269–275.
- Bilston, H., Pryer, J. A., & Nichols, R. (1999). Variation in fruit and vegetable consumption among adults in Britain. An analysis from the dietary and

- nutritional survey of British adults. *European Journal of Clinical Nutrition*, 53(12), 946–952.
- Cederholm, T., Nouvenne, A., Ticinesi, A., Maggio, M., Lauretani, F., Ceda, G. P., et al. (2014). The role of malnutrition in older persons with mobility limitations. *Current Pharmaceutical Design*, 20(19), 3173–3177.
- Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., et al. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and Ageing*, 39(4), 412–423.
- D'Antonio, G. B., Sucher, K. P., & Coulston, A. M. (1996). Dietary intake of at-risk, free-living, elderly subjects receiving meals-on-wheels and a dietary supplement. *Journal of the American Dietetic Association*, 96(9), A79.
- Dovey, T. M., Staples, P. A., Gibson, E. L., & Halford, J. C. G. (2008). Food neophobia and "picky/fussy" eating in children: A review. *Appetite*, 50(2–3), 181–193.
- Edfors, E., & Westergren, A. (2012). Home-living elderly people's views on food and meals. *Journal of Aging Research*, 2012, 1–9.
- Elmadfa, I., Meyer, A., Nowak, V., Hasenegger, V., Putz, P., Verstraeten, R., et al. (2009). *European Nutrition and Health Report 2009*. European Nutrition and Health Report 2009 (Vol. 62). Basel: KARGER.
- EUFI. (2012). *Fruit and vegetable consumption in Europe – Do Europeans get enough?* Retrieved December 8, 2015, from <<http://www.eufic.org/article/en/page/KARCHIVE/expid/Fruit-vegetable-consumption-Europe/>>.
- Eurostat. (2011). *Structure et Vieillesse de la population*. Retrieved March 26, 2014, from <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Population_projections>.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state": A practical method for grading the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189–198.
- Gollub, E. A., & Weddle, D. O. (2004). Improvements in nutritional intake and quality of life among frail homebound older adults receiving home-delivered breakfast and lunch. *Journal of the American Dietetic Association*, 104(8), 1227–1235.
- He, F. J., Nowson, C. A., & MacGregor, G. A. (2006). Fruit and vegetable consumption and stroke: Meta-analysis of cohort studies. *The Lancet*, 367(9507), 320–326.
- Hébel, P. (2012). *Évolution de la consommation de viande en France Les nouvelles données de l'enquête CCAF 2010*, pp. 1–4.
- Juan, W. Y., & Linn, M. (2007). Fruit and vegetable consumption by older americans. *Nutrition Insights*, 34, 64–65.
- Laureati, M., Pagliarini, E., Calcinoni, O., & Bidoglio, M. (2006). Sensory acceptability of traditional food preparations by elderly people. *Food Quality and Preference*, 17(1–2), 43–52.
- Lesourd, B., Raynaud-Simon, A., & Mathey, M. F. (2001). Comment favoriser la prise alimentaire des sujets âgés. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 15, 177–188.
- Maitre, I. (2014). *Perceptions sensorielles et préférences alimentaires des seniors – Contribution au maintien du statut nutritionnel et à l'appréciation des produits*. Maitre, I., Amand, M., Cariou, V., Van Wymelbeke, V., Sulmont-Rossé, C., & Vigneau, E. (2012). Tell me what you are eating, I will tell you who you are: The different eater styles among the elderly population. 5. *European Conference on Sensory Consumer Science of Foods and Beverages. A Sense of Inspiration*. Bern, Switzerland.
- 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, 145–151.
- Monceau, C., Blanche-Barbat, E., & Echarme, J. (2002). La consommation alimentaire depuis quarante ans: De plus en plus de produits élaborés. *Insee premières*, 846, 1–4.
- Pliner, P., & Hobden, K. (1992). Development of a scale to measure the trait of food neophobia in humans. *Appetite*, 19(2), 105–120.
- Raynaud-Simon, A., & Lesourd, B. (2000). Malnutrition in the elderly: Clinical consequences. *La Presse médicale*, 29(39), 2183–2190.
- Roininen, K., Lähteenmäki, L., & Tuorila, H. (1999). Quantification of consumer attitudes to health and hedonic characteristics of foods. *Appetite*, 33(1), 71–88.
- Rousset, S., Patureau Mirand, P., Brandolini, M., Martin, J.-F., & Boirie, Y. (2003). Daily protein intakes and eating patterns in young and elderly French. *British Journal of Nutrition*, 90(06), 1107–1115.
- Ruokatieta. (2015). *FORKFUL OF FACTS - Finnish Food Industry Statistics*. Retrieved December 10, 2015 from <http://www.ruokatieta.fi/sites/default/files/Ruokafakta/Tietobaarukan_taulukot/tietohaarukka2015_englanti.pdf>.
- Sulmont-Rossé, C., Maitre, I., Amand, M., Symoneaux, R., Van Wymelbeke, V., Caumon, E., et al. (2015). Evidence for different patterns of chemosensory alterations in the elderly population: Impact of age versus dependency. *Chemical Senses*, 40(3), 153–164.
- Törnwall, O., Silventoinen, K., Härkkälä, T., Perola, M., Tuorila, H., & Kaprio, J. (2014). Identifying flavor preference subgroups: Genetic basis and related eating behavior traits. *Appetite*, 75, 1–10.
- WHO. (2007). *European Action plan for food and nutrition policy 2007–2012*. Retrieved December 13, 2015, from <http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0017/74402/E91153.pdf>.
- WHO. (2012). *10 facts on ageing and the life course*. Retrieved October 28, 2015, from <<http://www.who.int/features/factfiles/ageing/en/index.html>>.

Annexe 2.B : PDF du deuxième article publié

Food Quality and Preference 59 (2017) 59–67



Contents lists available at ScienceDirect

Food Quality and Preference

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

Sweet and sour discrimination abilities of elderly people compared to those of young adults in apple purée

M. Mingioni^{a,*}, E. Mehinagic^a, K. Siucińska^b, D. Konopacka^b, G. Artigas^c, R. Symoneaux^a, I. Maitre^a^a Unité de Recherche GRAPPE, Univ. Bretagne Loire, Ecole Supérieure d'Agricultures (ESA)-INRA, 55 rue Rabelais, BP 20748, 49007 Angers Cedex, France^b Research Institute of Horticulture, Konstantyni 3 Maja 1/3 Str., 96-100 Skierniewice, Poland^c Emporhotel AIE, C/ Hospitalet, 27, 2on, 1a, 17230 Palamós, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 20 June 2016

Received in revised form 3 February 2017

Accepted 4 February 2017

Available online 10 February 2017

Keywords:

Gustation

Independently-living elderly

Apple purée

Food matrix

Sucrose

Malic acid

ABSTRACT

The number of elderly people is growing in Europe. A decrease in gustatory capacities (detection, identification, discrimination) is associated with aging. In the literature, discrimination abilities have been studied mainly in aqueous model solutions, but less is known about sensitivity in real food matrices. Moreover, in foods, taste interactions can occur and modify perceptions (masking effect). This study aimed to compare the discrimination abilities of elderly people and younger adults when tasting apple purées and hypothesized that: discrimination abilities are lower in a group of elderly people (H1) and that taste interactions can modify discrimination performances (H2). A total of 105 young adults (18–40 years-old) and 130 elderly people (65+ years-old) were recruited in France and Poland. Their discrimination abilities were measured for sweet and sour tastes in apple purées. Pairs of apple purées with different sugar/acid concentrations were presented to participants and they were asked to indicate the sweetest/sourest sample. The results showed that the performances of the elderly people group were as good as those of the young adults group for sweetness ($\chi^2 = 0.036$, $p = 0.850$) and sourness ($\chi^2 = 0.271$, $p = 0.603$) discrimination. For both groups, a difference of 10 g/kg of sucrose or 0.25 g/kg of malic acid was enough to discriminate two samples ($p < 0.001$). In our experimental conditions, no significant masking effect was found. These results could help food industries to develop new fruit-based foods that match the sensory perceptions of elderly people.

© 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Europe needs to tackle the problems of an aging population and to ensure that the elderly population is well fed. Aging is associated with a decrease in sensory perceptions (Kremer, 2008; Methven, Allen, Withers, & Gosney, 2012; Sulmont-Rossé, Maitre, & Issanchou, 2010) and it is assumed that these sensory losses could be related to a loss of appetite and less pleasure in eating (Roberts & Rosenberg, 2006).

Researchers have shown an overall decline in sensory perceptions with age, mainly in detection and identification abilities. A decrease in olfactory performances with age is well established (Doty et al., 1984; Kaneda et al., 2000; Kremer, Bult, Mojet, & Kroeze, 2007; Murphy, Cain, Gilmore, & Skinner, 1991; Schiffman & Pasternak, 1979; Stevens & Dadarwala, 1993; Sulmont-Rossé et al., 2015), but masks an important inter-individual variability (Kremer et al., 2007; Stevens & Dadarwala, 1993; Sulmont-Rossé

et al., 2015). As with olfaction, aging is associated with a decrease in taste perceptions. This has been demonstrated for detection abilities in salty and sour solutions (Kaneda et al., 2000; Kremer et al., 2007; Methven et al., 2012; Mojet, Christ-Hazelhof, & Heidema, 2001) but the results are more divergent for sweet and bitter solutions (Kaneda et al., 2000; Kremer et al., 2007; Methven et al., 2012; Mojet et al., 2001) and also when tested in real foods (Schiffman, Sattely-Miller, Zimmerman, Graham, & Erickson, 1994). Perceived intensities also seem to decrease with age for the five tastes dissolved in solutions but only for sweet and salty tastes in real food (Mojet, Heidema, & Christ-Hazelhof, 2003).

Regarding the impact of age on gustatory discrimination, the results are scarcer and contradictory. On the one hand, authors have studied discrimination using model solutions. Kaneda et al. (2000) compared the discrimination performances of 20 young adults (21–40 years-old) and 20 elderly people (59–75 years-old). Using a 3-AFC procedure, participants tasted model solutions with different sugar/acid ratios and had to find the sample that differed from the two others. The results showed that, for sweet and sour

* Corresponding author.

E-mail address: mathieu.mingioni@gmail.com (M. Mingioni).<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.02.007>

0950-3293/© 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved.

mixtures, discrimination abilities were lower for elderly people. In contrast, Gilmore and Murphy (1989) showed that the discrimination abilities of 12 elderly women were preserved for sweet solutions but were lower than those of young people for bitter solutions. Elderly people needed a larger difference in bitterness between two samples to differentiate them. On the other hand, Mojet et al. (2003) studied the discrimination abilities of 21 elderly people when consuming real foods: iced tea, chocolate drink, mayonnaise, tomato soup and bouillon. Using triangle tests, participants had to pick the odd sample out of three. Interestingly, the results highlighted that "intensity discrimination seems to be remarkably resistant to the effect of aging". Given these contradictory results, the impact of aging on gustatory discrimination abilities still remains unclear and is worth being further explored.

Mojet et al. (2003) showed that the results are matrix-dependent (model solutions versus real foods). Thus, the relevance of determining gustatory discrimination abilities of taste compounds dissolved in water may be limited for predicting performances in real foods. Taste-taste interactions that occur in real foods can modify gustatory perceptions. They have been well studied in model solutions (see Keast and Breslin (2002) and Green, Lim, Osterhoff, Blacher, & Nachtigal (2010), for a complete review). It is established that mutual masking effects can occur between sweet and sour tastes. Researchers have shown that, when diluted in water, a sweet taste reduces sour perception and a sour taste reduces sweet perception (Pelletier, Lawless, & Horne, 2004; Stevens, 1996). In 2004, Mojet, Heidema, & Christ-Hazelhof studied the impact of taste-taste interactions on side tastes perceived when consuming real foods (Mojet, Heidema and Christ-Hazelhof, 2004). Five commercial products were chosen to be typical of one taste: iced tea (sweet), mayonnaise (sour), chocolate drink (bitter), tomato soup (salty) and bouillon (umami). Taste modifications were applied to each product (sweet variation for iced tea, sour variation for mayonnaise, etc.). For each product, participants rated the intensity of the five tastes. The results showed that increasing the sugar concentration in iced tea reduced the sour perception in this product. However, in mayonnaise, the sweet perception remained stable, even when the acid concentration was increased. Thus, in real foods, taste interactions appear to be not as "simple/linear" as those observed in model solutions and could impact the discrimination thresholds.

This study is part of a European project: OPTIFEL (optimised food for elderly people) which aims to develop innovative fruit- and vegetable-based products for elderly people at risk of malnutrition (for more information: www.optifel.eu). In this context, we decided to use apple purées. The objective of this study was to evaluate the gustatory discrimination abilities of elderly people for sweet and sour tastes when tasting apple purées. We hypothesized that a group of elderly people would be less effective at discriminating samples of apple purées compared to a group of young adults (H1). The second hypothesis was that, in complex food matrices, taste interactions could modify discrimination performances (masking effects). In other words, small sugar variations may be more difficult to discriminate at a high level of acid than at a low level of acid and small acid variations may be more difficult to discriminate at a high level of sugar (H2) because of masking effects.

2. Materials and methods

2.1. Products

2.1.1. Sample preparation

The basic purée was an apple purée, commercially available in France (reference: Andros "compote allégée") which initially con-

tained 152 ± 1 g of sugar per kilogram of purée (degrees Brix, measured by the refractometric method,) and 4.7 ± 0.1 g of malic acid per kg of purée (measured by the pH-metric method, titration). White caster sugar (sucrose) and powdered malic acid (DL malic acid from AppliChem – Panreac, USP-NF, PRS-Codex, food grade) were added to this basic purée.

An experimental design was built with 20 samples divided into two blocks. A first block of 10 samples was prepared to study sweet discrimination: 5 different concentrations of sucrose \times 2 fixed levels of malic acid. The two levels of malic acid (sub-block "al" for "acid low" and sub-block "ah" for "acid high") were designed to study interactions between sweet and sour tastes. A second block of 10 samples was prepared to study sour discrimination abilities: 5 different concentrations of malic acid \times 2 fixed levels of sucrose. As previously, the two levels of sucrose (sub-block "sl" for "sugar low" and sub-block "sh" for "sugar high") were designed to study taste interactions. Fig. 1 details all the samples prepared for the study.

2.1.2. Sample codification

All samples were codified in the same way: the first letter was for the tastant which varied; "S" stands for sugar variations and "A" for acid variations. The number, from 0 to 4, was for the intensity of this tastant (from weak to strong). The last two letters were for the other tastant, which did not vary between samples of the same sub-block. All the samples with their respective codes and tastant concentrations are presented in the Fig. 1.

2.1.3. Sugar and malic acid variations

In apple purées, we decided to manipulate the sugar and acid concentrations as this is realistic in a professional context. The average sugar concentration was set at 200 g/kg in accordance with the mean value found in the literature (Oqali, 2010). Low and high levels of sugar were defined symmetrically around 200 g/kg; i.e. 160 and 240 g/kg. Thus, samples covered the "fruit desserts" product range (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2007; Oqali, 2010).

No legislation regulates acid concentration in apple purées. Authors have measured titratable acidity in apple purées (expressed in malic acid equivalents) and shown that it can vary from 2.0 to 8.9 g/kg (Briones-Labarca, Venegas-Cubillos, Ortiz-Portilla, Chacana-Ojeda, & Maureira, 2011; Keenan, Brunton, Butler, Wouters, & Gormley, 2011; Keenan, Valverde, Gormley, Butler, & Brunton, 2012; Landl, Abadias, Sárraga, Viñas, & Picouet, 2010; Picouet, Landl, Abadias, Castellari, & Viñas, 2009). In four apple purées, commercially available in France, the highest measured titratable acidity was 7.26 g of malic acid per kilogram of purée. Taking account of measurements and literature data, the upper limit was rounded to 7.5 g/kg and the lower limit to 4.71 g/kg (no malic acid addition). This was within the product range without being too acidic, which would have been problematic for elderly people (possible case of heartburn; for complete review see Oliver & Jill Davies, 2008).

2.2. Sensory profile

The twenty samples of apple purée were described by conventional sensory profiling. The panel was composed of 18 trained panellists (2 men and 16 women). Since 2010, they have been selected and trained according to the recommendations of AFNOR (1995). To analyse apple purées, panellists were asked to evaluate nine sensory attributes: three taste attributes (sweet, sour, bitter), two textural attributes (fluidity, granularity) and four aromatic attributes (overall aromatic intensity, raw fruit, cooked fruit, oxidised fruit). For each attribute, intensity was evaluated on unstructured line scales using Fizz software (Fizz Réseau by

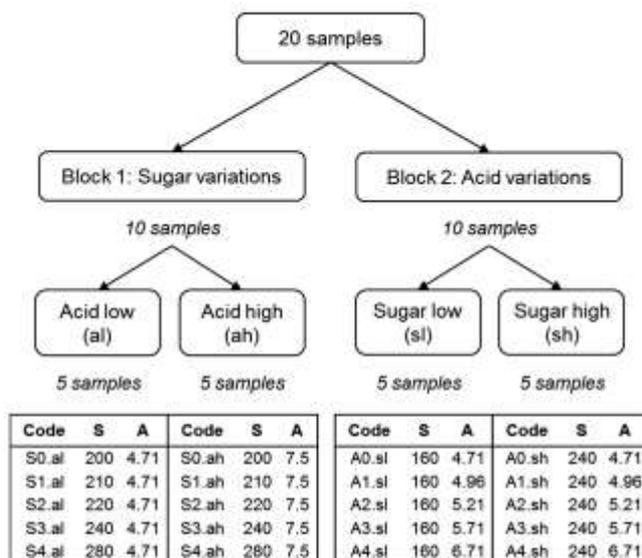


Fig. 1. Design of the 20 samples of apple purées. The "S" columns indicate Sucrose concentrations (in g/kg) and the "A" columns indicate malic Acid concentrations (in g/kg).

Biosystèmes, version 2.46). Intensity marks varied from 0 (absence of the taste) to 10 (very intense). To prevent an order effect, all samples were presented in a balanced order according to a William's Latin Square. Panellists were required to take a break of two minutes and rinse their mouth with plain water before evaluating the next sample.

2.3. Discrimination abilities

2.3.1. Participants

A total of 235 participants were recruited in two age groups. First, the "young adults" ($n = 105$, 64 in France and 41 in Poland, 39 and 25 women, respectively) were aged from 18 to 40 years-old with a mean age of 28 ± 6 years (France: 29 ± 6 years, Poland: 27 ± 6 years). The second age group was the "elderly people" ($n = 130$, 69 in France and 61 in Poland, 46 women in each country) who were aged from 65 to 83 years-old with a mean age of 71 ± 5 years (in both France and Poland) and still autonomous. Young adults were recruited by mails and autonomous elderly people were recruited by telephone. All participants had to meet the following inclusion criteria: no operation / traumatism / illness that may affect olfaction or gustation, no food allergies, no gastric problems, no problems with sugar consumption and eating apple purées at least once a year. Cognitive status of elderly participants was assessed with the Mini Mental State Examination (MMSE) questionnaire (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975).

2.3.2. Procedure

Within each sub-block (al, ah, sl, sh), four pairs were designed and named P1 to P4; P1 being the most difficult to discriminate (very little variation between the samples of the pair). Each pair consisted of: a reference sample (numbered 0) and a comparison sample (numbered from 1 to 4). For example, the four pairs presented for sweet discrimination at a low level of acid were: S0.al_S1.al (pair P1); S0.al_S2.al (pair P2); S0.al_S3.al (pair P3) and S0.al_S4.al (pair P4). Each pair was presented twice to participants.

Thus, a total of 32 pairs (4 sub-blocks \times 4 pairs \times 2 replicates) were tasted over the entire experiments (4 sessions). One whole sub-block (4 pairs \times 2 replicates) was evaluated in one session. The order of presentation of samples was balanced within each sub-block. The sub-block order was balanced over the four sessions. To start each session, the pair P4 was presented to participants as a warm-up (Angulo, Lee, & O'Mahony, 2007). This pair was the easiest to discriminate and helped people to become familiar with the method and the identification of the targeted taste (sweetness or sourness). For each pair, participants were asked to perform 2-AFC comparison paired tests. They had to taste samples and indicate the sweetest (block 1) or the sourest (block 2) sample. Participants were asked to rinse their mouth with plain water before evaluating the next pair. The number of correct answers was collected for each sub-block and varied from 0 to 8.

2.4. Statistical analysis

Statistical analysis was performed using Statgraphics Centurion XVI (version 16.1.03) and R software (version 3.1.2). All analyses were carried out by sub-block. Intensity scores of sweet and sour tastes from the sensory profile were analysed using analysis of variance (ANOVA) with subjects as random factor, samples as fixed factor and interaction between subjects and samples. When significant, the sample factor was submitted to Honestly Significant Difference (HSD) post hoc tests. To compute individual discrimination scores, all replicates were used (replicates of the same pair were not pooled). Discrimination abilities were analysed with χ^2 for the overall level (all pairs pooled) and with a binomial test (Norm NF ISO 5495:2005(F), unilateral paired test) for pair analysis (Chiu, Hewson, Yang, Linforth, & Fisk, 2015; Mueller, Koehler, & Scherf, 2015; Scherf, Pflaum, Koehler, & Hofmann, 2015). Discrimination performances were also assessed using Thurstonian modelling used through R software (sensR package). The d' (d' -prime) values were calculated by pairs for young adults and elderly people and d' comparisons were computed between the two age groups.

3. Results

3.1. Sensory profile

3.1.1. Sub-blocks with different sugar concentrations and two levels of acid: A1 and ah

ANOVA results showed that the sample effect was significant for both sweet ($F_{(9, 339)} = 21.45$, $p < 0.001$) and sour ($F_{(9, 339)} = 41.24$, $p < 0.001$) tastes. The subject effect was also significant for sweet ($F_{(16, 339)} = 15.34$, $p < 0.001$) and sour ($F_{(16, 339)} = 11.84$, $p < 0.001$) perceptions. On the contrary, in both cases, no significant effect was found for the interaction subjects \times samples (sweet: $p = 0.525$; sour: $p = 0.121$). HSD post hoc tests showed no significant difference in sweet perceptions for the closest samples from the al sub-block (S0.al and S1.al) and the ah sub-block (S0.ah and S1.ah) (Table 1 and Fig. 2). Thus, when presented in pairs, these samples were expected to be difficult to discriminate. Our results confirm a sensory sweet-sour interaction: sugar additions increased sweet and decreased sour perceptions (S4 was perceived as sweeter and less sour than S1). Samples with a high level of acid (ah) were perceived as sourer than samples with a low level of acid (al). With a high level of acid, samples were perceived as less sweet than with a low level of acid, but the difference was not significant.

Sensory profile also revealed that sugar additions was linked to aromatic modifications. Compared to the reference (S0), the sweetest samples (A4) were described to have a higher global aroma intensity, to be more "cooked fruit" and less "oxidised fruit" ($p < 0.01$ or lower). The sourest samples (A4) were described to be more "raw fruit" and more "oxidised fruit" ($p < 0.001$). These attributes were only significantly different between the references (S0 and A0) and the most intense samples (S4 and A4). No significant differences were found by trained panellists between samples presented in a monadic sequential manner with less intense samples (S1, S2 or A1, A2).

3.1.2. Sub-blocks with different acid concentrations and two levels of sugar: S1 and sh

As for the previous sub-block, ANOVA results revealed significant effects for the sample (sweet: $F_{(9, 339)} = 66.03$, $p < 0.001$; sour: $F_{(9, 339)} = 9.95$, $p < 0.001$) and for the subjects (sweet: $F_{(16, 339)} = 11.25$, $p < 0.001$; sour: $F_{(16, 339)} = 9.59$, $p < 0.001$). The subjects \times sample interaction was significant for sour ($F_{(144, 339)} = 1.83$, $p < 0.001$) but not for sweet ($F_{(144, 339)} = 1.04$, p greater than 0.05) perceptions. HSD post hoc tests showed no significant difference in sour perceptions for the closest samples from the sl sub-block (A0.sl and A1.sl) and the sh sub-block (A0.sh and A1.sh) (Table 1 and Fig. 2). The discrimination of these samples were expected to be difficult. As in paragraph 3.1.1, our results confirm a sensory sour-sweet interaction: with acid additions, sour perceptions increased and sweet perceptions decreased (A4 was perceived as sourer and less sweet than A1). Samples with a high

level of sugar (sh) were perceived as sweeter and less sour than samples with a low level of sugar (sl).

3.2. Discrimination abilities

3.2.1. Cognitive status of elderly participants

Participants with MMSE scores lower than 21/30 were not included (Laureati, Pagliarini, Calcinoni, & Bidoglio, 2006). Mean MMSE scores were higher than 28/30 in France (28.8 ± 1.2) and in Poland (28.1 ± 2.2), assuring that elderly participants were cognitively able to answer questionnaires and perform pair tests.

3.2.2. Discrimination abilities per subject

To analyse discrimination performances at an overall level, the numbers of correct answers for all pairs were pooled by sub-block. Regarding the number of correct answers, no significant differences were found between countries for sweet ($\chi^2 = 0.0299$, $p = 0.8627$) or sour ($\chi^2 = 0.1215$, $p = 0.7274$) discrimination tests. Thus, participants from both countries were regrouped for further analysis. Comparing the numbers of correct answers of elderly people to those of young adults (see Table 2), no significant differences were found for sweet ($\chi^2 = 0.0357$, $p = 0.8502$) or sour ($\chi^2 = 0.2705$, $p = 0.6030$). Taste interactions and masking effects did not seem to impact the discrimination performances of participants: correct answers for sweet discrimination did not decrease at a high level of acid, and correct answers for sour discrimination did not decrease at a high level of sugar.

3.2.3. Discrimination abilities – are all pairs significantly discriminated?

We deliberately designed four pairs with increasing difficulty to discriminate; P1 was the most difficult to discriminate with a sugar difference of 10 g/kg or a malic acid difference of 0.25 g/kg. Within each sub-block, data were analysed per pair. For both groups, the percentages of wrong answers increased when the proximity of samples increased. There were between 2% and 6% of failures for pair P4 (difference of 80 g/kg of sucrose or 2 g/kg of malic acid) and these reached more than 26% for pair P1 (difference of 10 g/kg of sucrose or 0.25 g/kg of malic acid). However, according to Norm NF ISO 5495:2005(F) on paired comparison tests, all pairs were significantly discriminated at a significance level of 0.001 (number of correct answers greater than 128 for young adults and 156 for elderly people). Exact p-values were calculated for each pair using the binomial test procedure from R (see Tables 3 and 4). Young adults group and elderly people group were able to discriminate significantly all samples ($p < 0.001$ for each pair), even those from pair P1. Small sugar variations were not more difficult to discriminate at a high level of acid and small acid variations were not more difficult to discriminate at a high level of sugar. Fig. 3 and Fig. 4 represent the percentages of success and error for each pair and each age group.

Table 1
Mean values (0–10) given by the trained sensory panel for sweet and sour perceptions in apple purées.

Sample	Sweet	Sour	Sample	Sweet	Sour
S0.al	5.7	3.4	A0.sl	3.4	4
S1.al	6.3	3.6	A1.sl	3.8	4.4
S2.al	6.4	3.2	A2.sl	3.4	5.1
S3.al	8	2.4	A3.sl	3.3	5.8
S4.al	8.5	2.6	A4.sl	2.7	6.7
S0.ah	5.2	7.1	A0.sh	7.8	2.6
S1.ah	5.9	7.1	A1.sh	7.6	3.4
S2.ah	6.1	7	A2.sh	7.9	4
S3.ah	7.5	6.4	A3.sh	7.7	4.2
S4.ah	8.3	6.1	A4.sh	7.4	5.3

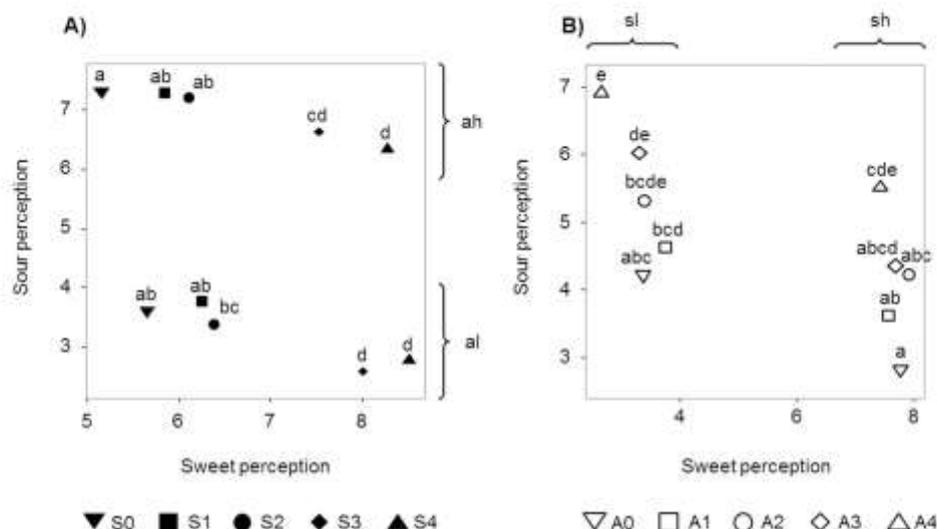


Fig. 2. Sensory profile results for sweet and sour tastes (real perceived intensities). Letters represent HSD homogeneous groups on sweet perception (A) or on sour perception (B). Symbols represent apple purée samples.

Table 2

Percentages of correct answers, given by age group for discrimination of sweet and sour tastes at a low and high level of acid and sugar in apple purée.

		Elderly people	Young adults
A)	al	84.7	85.0
	ah	83.4	85.0
B)	sl	84.1	83.1
	sh	82.1	84.4

A: sweet discrimination at a low level of acid (al) and a high level of acid (ah).
 B: sour discrimination at a low level of sugar (sl) and a high level of sugar (sh).

4. Discussion

The present study investigated discrimination abilities in a real food matrix: apple purée. Our findings provide complementary results about the preservation of discrimination abilities of elderly people in real products. We showed that the group of elderly people was as effective as the group of young adults in differentiating apple purée samples, based on sugar or acid differences of at least 10 g/kg or 0.25 g/kg, respectively. In previous studies on model solutions, researchers showed that the discrimination abilities of

elderly people were preserved for sweet but not for bitter perceptions (Gilmore & Murphy, 1989) and, more recently, preserved for the five tastes (Mojet et al., 2003). In 2003, Mojet et al. drew the same conclusions for real food matrices (iced tea, chocolate drink, mayonnaise, tomato soup and bouillon). The lowest variations discriminated were 11.09 g/l for sucrose and 0.069 g/l (acetic acid) or 0.005 g/l (citric acid). In 1989, CoSeteng, McLellan, & Downing compared the perceived sourness of different acids and showed that, at the same concentration, malic acid was perceived as less sour than acetic acid but sourer than citric acid (CoSeteng, McLellan and Downing, 1989). Moreover, overall taste concentrations were different between experiments. While we used samples with 200–210 g/kg of sucrose or 4.71–4.96 g/kg of malic acid, Mojet et al. used samples with 42.9–53.9 g/kg of sucrose, 0.27–0.34 g/kg of acetic acid or 0.019–0.024 g/kg of citric acid. Our results thus complement those of Mojet et al. in real products with the addition of malic acid and by exploring a lower variation of sucrose.

Real foods involve taste interactions. Our experimental design also allowed us to study the impact of malic acid concentrations on sweet discrimination and the impact of sucrose concentrations on sour discrimination. Even though the sensory profile confirmed

Table 3

Number of correct answers, associated level of significance and d' values, for sweet discrimination at a low level of acid (al) and a high level of acid (ah) in apple purées

	Pairs	Young adults (n = 210)		Elderly people (n = 260)		d' comparison p-value
		n of correct answers	d'	n of correct answers	d'	
al	P1	142	0.65	180	0.71	0.71
	P2	172	1.29	205	1.13	0.41
	P3	195	2.07	244	2.18	0.67
	P4	205	2.80	252	2.64	0.64
ah	P1	148	0.76	181	0.73	0.84
	P2	171	1.26	207	1.17	0.62
	P3	193	1.98	235	1.84	0.56
	P4	202	2.51	244	2.18	0.24

--- $p < 0.0001$.

Table 4
Number of correct answers, associated level of significance and d' values, for sour discrimination at a low level of sucrose (sl) and a high level of sucrose (sh) in apple purées.

	Pairs	Young adults (n = 210)		Elderly people (n = 260)		d' comparison p-value
		n of correct answers	d'	n of correct answers	d'	
sl	P1	135	0.52	192	0.90	0.025
	P2	168	1.19	200	1.04	0.42
	P3	193	1.08	236	1.88	0.66
	P4	202	2.51	247	2.33	0.53
sh	P1	137	0.55	180	0.73	0.36
	P2	165	1.12	196	0.97	0.41
	P3	202	2.51	228	1.64	0.001
	P4	205	2.80	250	2.50	0.36

--- p < 0.0001.

--- p < 0.001.

· p < 0.05.

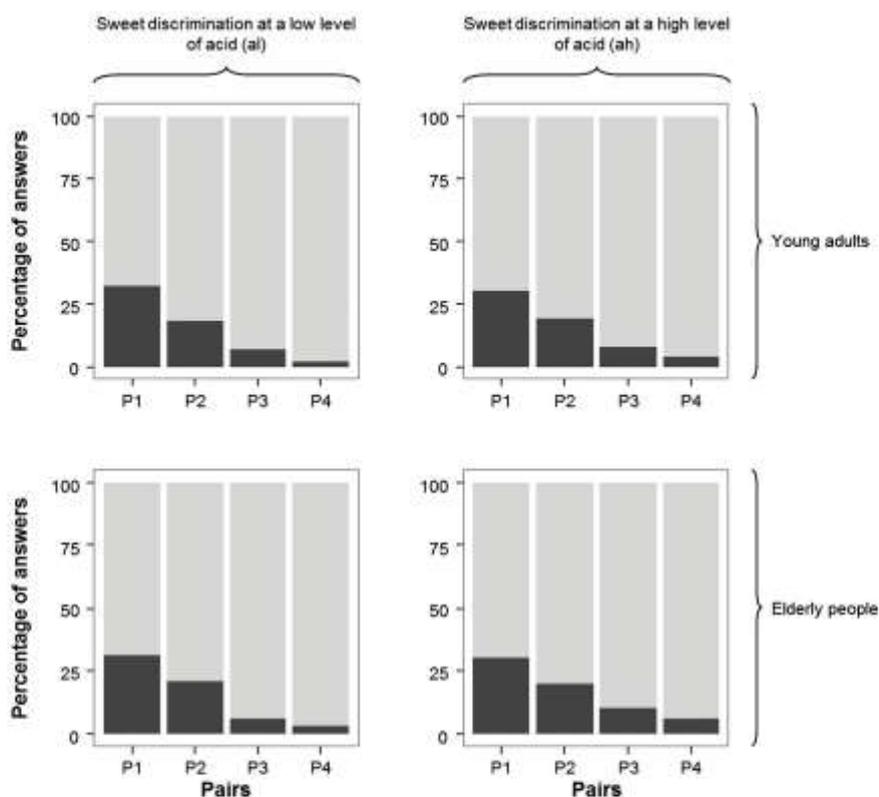


Fig. 3. Percentage of answers (question: what is the sweetest sample?) given by pair and age group for sweet discrimination. Black bars represent wrong answers while grey ones represent correct answers. Pairs for al condition were composed of a reference sample S0.al and a comparison sample (from S1.al for pair P1 to S4.al for pair P4). Pairs for ah condition were composed of a reference sample S0.ah and a comparison sample (from S1.ah for pair P1 to S4.ah for pair P4).

a sensory sweet-sour interaction, no effect of these interactions was found on discrimination abilities in our conditions. A difference of 10 g/kg of sucrose was significantly discriminated by the elderly people group at either a low level (4.71 g/kg) or a high level (6.71 g/kg) of malic acid. Similarly, the elderly people group was able to discriminate significantly samples with a malic acid variation of 0.25 g/kg, at either a low level (160 g/kg) or a high level

(240 g/kg) of sucrose. In 2000, Kaneda et al. compared the discrimination abilities of 20 elderly people and 20 young adults using sweet-sour model solutions. Participants evaluated mixtures in which both compounds (sucrose and tartaric acid) varied between samples. Their results showed that the elderly people group was able to discriminate samples with variations of 34.57 g/kg of sucrose and 0.11 g/kg of tartaric acid but not with variations of

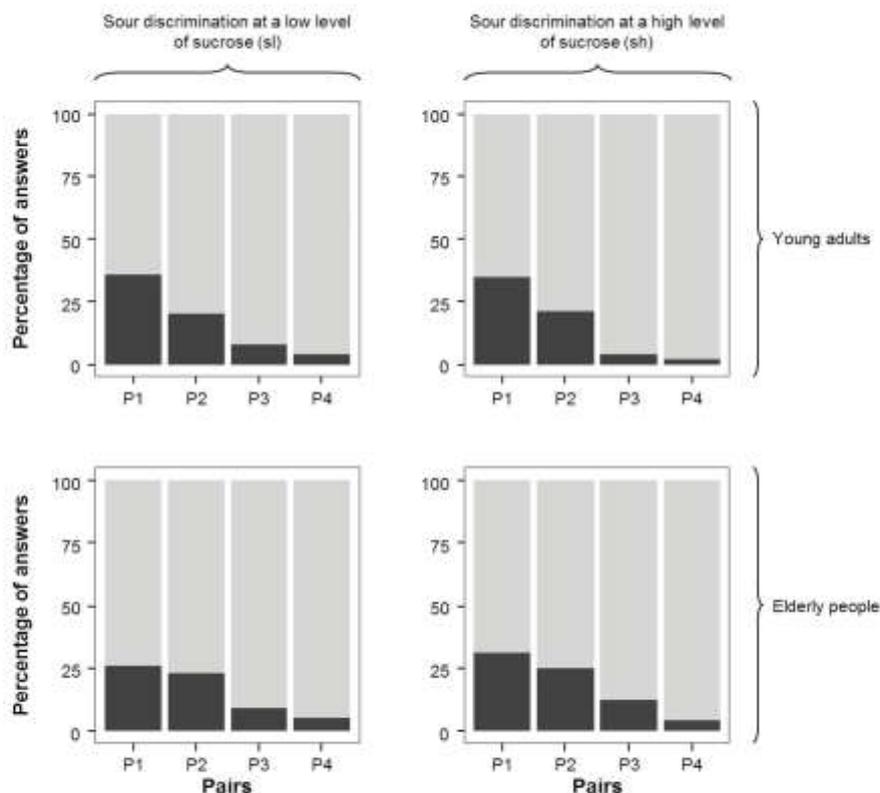


Fig. 4. Percentage of answers (question: what is the sourest sample?) given by pair and age group for sour discrimination. Black bars represent wrong answers while grey ones represent correct answers. Pairs for sl condition were composed of a reference sample A0.sl and a comparison sample (from A1.sl for pair P1 to A4.sl for pair P4). Pairs for sh condition were composed of a reference sample A0.sh and a comparison sample (from A1.sh for pair P1 to A4.sh for pair P4).

16.77 g/kg of sucrose and 0.057 g/kg of tartaric acid. As both tastes varied at the same time, no conclusion can be drawn for only sucrose or acid. In our study, we used specific tests to measure sweet and sour discrimination performances independently (only one taste varied between samples) and to conclude on each taste independently.

It is noted that other sensory clues, apart from sweet and sour variations, may have helped participants to discriminate apple purées. For example, the sensory profile revealed that sugar and/or acid additions were linked to aromatic modifications. These sensory modifications may have helped participants to discriminate samples. However, these attributes were only significant between the references and the most intense samples. No significant difference was found by trained panellists, in monadic sequential, with less intense samples (S1, S2 or A1, A2). However, in comparison tests, these slight sensory modifications in aroma may have been wide enough to help participants to differentiate apple purées, in addition with sweet or sour variations.

The procedure used to measure discrimination abilities can also be discussed. We decided to use 2-AFC paired comparison tests, which could seem too "easy" (one chance in two of finding the correct answer). Recently, some authors have challenged the methodologies used with elderly people and have recommended replacing

triangle or tetrad tests by duo-trio or paired comparison tests. These are more adapted to the frailty, limited attention and limited working memory of the elderly (Issanchou, 2015; Maitre, Symoneaux, & Sulmont-Rossé, 2015). Moreover, comparing the power of different discrimination tests (2-AFC, 3-AFC, 10-AFC and specified tetrad) as a function of sample size, authors concluded that "the methods perform very similarly" (Ennis & Jesionka, 2011). In their experiments, Kaneda et al. (2000) and Mojet et al. (2003) used triangle tests. More experiments are needed to conclude which methodology is the most accurate and best fits the abilities of this specific population.

Another question is: were the differences between samples too wide and the samples too easy to differentiate to highlight differences between the performances of elderly and young people? Samples from pair P1 were designed to be very close in terms of sweet and sour perceptions. Trained panellists did not give significantly different sweet and sour notes for the two samples from this pair. As the sensory profile is a sequential monadic evaluation, it is less efficient for discriminating samples than difference tests but these results support the hypothesis that the samples from pair P1 were very close to each other. The sensory profile results also showed that increasing sugar concentration tends to decrease sour perception, at either a low or a high level of acid. Increasing malic

acid concentration tends to decrease sweet perception, but only at a low level of sugar. These results support conclusions in the literature showing that sweet and sour tastes have mutual masking effects (Pelletier et al., 2004; Stevens, 1996) which are concentration-dependent (for a complete review, see Keast and Breslin (2002). Regarding pair P1, d' values were low (0.52 for the lowest). Despite no significant difference for pair P1, d' values for young adults were found to be lower than d' values for elderly participants (except for sour discrimination at a low level of sugar). Thus, even with small sugar or acid variations, discrimination performances were at least equivalent between young adults and elderly participants. Moreover, this study is part of a European project (OPTIFEL) which aims to develop fruit- and vegetable-based products for elderly people. The smallest sugar or acid variations thus matched with "realistic" variations that could occur in food industries (10 g/kg of sugar or 0.25 g/kg of malic acid). In previous bibliography, d' values are often compared between difference tests (Ennis & Jesionka, 2011; McClure & Lawless, 2010; Van Hout, Hautus, & Lee, 2011). However, little is known about d' comparisons between different samples. In 2011, Van Hout et al. compared two commercial margarine products. The authors ran a preliminary study to be sure that the two products were "sufficiently confusable in overall sensory properties to be appropriate for the study". Results showed that, at the first two sessions, the d' value was 0.58 (2-AFC procedure). With regards to product specificity, these results give an insight into d' values that could be found between two commercial products. It could be interesting to test smaller variations between samples in order to identify the differentiation threshold for each compound. However, such small sugar or acid variations (lower than 10 g/kg or 0.25 g/kg) would not be realistic to achieve in terms of industrial production and not of direct relevance for the food industry.

5. Conclusion

The present study provides original findings about the ability of elderly people to discriminate sweetness and sourness in real foods. Discrimination performances for sweet and sour tastes seem to be relatively stable with age. Elderly people were still able to differentiate sweetness and sourness concentrations in products. Moreover, in our experimental conditions, no masking effects were found between sweet and sour tastes. These results give flexibility and opportunities to the food industry in developing fruit-based products.

Acknowledgement

The research leading to these results received funding from the European Union Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration under grant agreement n° 311754 (for OPTIFEL). This project also received funding from the Pays de la Loire Region. Authors would like to thank C. Patron for training the expert panellists and conducting the sensory profiles. All the partners and interviewers involved in this study are also acknowledged for their involvement and field work. Finally, special thanks are addressed to Carol Robins for her help in English revision and to all the participants for their time and valuable answers.

References

AFNOR (1995). V 09-021. Analyse sensorielle - Recherche et sélection de descripteurs pour l'élaboration d'un profil sensoriel par approche multidimensionnelle. In AFNOR (Ed.), *Contrôle de la qualité des produits alimentaires - Analyse sensorielle* (5th ed., pp. 276–310). Paris.

Angold, O., Lee, H.-S., & O'Mahony, M. (2007). Sensory difference tests: Overdispersion and warm-up. *Food Quality and Preference*, 18(2), 190–195.

Brimnes-Laharcia, V., Venegas-Cubillos, G., Ortiz-Puñilla, S., Charana-Ojeda, M., & Maureira, H. (2011). Effects of high hydrostatic pressure (HHP) on bioaccessibility, as well as antioxidant activity, mineral and starch contents in Granny Smith apple. *Food Chemistry*, 128(2), 520–529.

Chiu, N., Hewson, L., Yang, N., Linforth, R., & Fisk, I. (2015). Controlling salt and aroma perception through the inclusion of air fillers. *LWT - Food Science and Technology*, 63(1), 65–70.

Coetzee, M. V., McLellan, M. R., & Downing, D. L. (1989). Influence of titratable acidity and pH on intensity of sourness of citric, malic, tartaric, lactic and acetic acids solutions and on the overall acceptability of imitation apple juice. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 22(1), 46–51.

Doty, R. L., Shaman, P., Applebaum, S. L., Gilberson, R., Sikorski, L., & Rosenberg, I. (1984). Smell identification ability: Changes with age. *Science (New York, N.Y.)*, 226(4681), 1441–1443.

Ennis, J. M., & Jesionka, V. (2011). The power of sensory discrimination methods revisited. *Journal of Sensory Studies*, 26(5), 371–382.

Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state": A practical method for grading the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189–198.

Gilmore, M. M., & Murphy, C. (1989). Aging is associated with increased Weber ratios for caffeine, but not for sucrose. *Perception & Psychophysics*, 46(6), 555–559.

Green, B. G., Lim, J., Osterhoff, F., Blacher, K., & Nachtigal, D. (2010). Taste mixture interactions: suppression, additivity, and the predominance of sweetness. *Physiology & Behavior*, 101(5), 731–737.

Isanchou, S. (2015). Sensory & consumer studies with special populations: children and elderly. *Current Opinion in Food Science*, 3, 53–58.

Kaneda, H., Maeshima, 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*, 25(3), 311–317.

Keast, R. S. J., & Breslin, P. A. S. (2002). An overview of binary taste-taste interactions. *Food Quality and Preference*, 14(2), 111–124.

Keenan, D. F., Branton, N. P., Butler, F., Wothers, R., & Gormley, R. (2011). Evaluation of thermal and high hydrostatic pressure processed apple pectins enriched with probiotic inclusions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(3), 261–268.

Keenan, D. F., Valverde, J., Gormley, R., Butler, F., & Branton, N. P. (2012). Selecting apple cultivars for use in ready-to-eat desserts based on multivariate analysis of physico-chemical properties. *LWT - Food Science and Technology*, 46(2), 306–315.

Kremer, S. (2008). *Food perception and food liking with age*. Thesis: Wageningen University.

Kremer, S., Bult, J. H. F., Mojet, J., & Kroese, J. H. A. (2007). Food perception with age and its relationship to pleasantness. *Chemical Senses*, 32(6), 591–602.

Lanell, A., Abadías, M., Sárraga, C., Viñas, L., & Picouet, P. A. (2010). Effect of high pressure processing on the quality of acidified Granny Smith apple-puree product. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(4), 557–564.

Laurson, M., Pagliarini, E., & Calcioni, D. (2006). *Bidaglio M. Sensory acceptability of traditional food preparations by elderly people. Food Quality and Preference*, 17(1–2), 43–52.

Maitre, L., Symoniac, R., & Sulmont-Rosse, C. (2015). Sensory testing in new product development: working with older people. In J. Delarue, J. Ben Lajou, & M. Rogeau (Eds.), *Rapid Sensory Profiling Techniques* (pp. 485–508). Woodhead publishing (Elsevier).

Methven, L., Allen, V. J., Withers, C. A., & Gostey, M. A. (2012). Aging and taste. *Proceedings of the Nutrition Society*, 71(04), 556–565.

McClure, S., & Lawless, H. T. (2010). Comparison of the triangle and a self-defined two alternative forced choice test. *Food Quality and Preference*, 21(5), 547–552.

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. (2007). *Rapport du groupe de travail PNNS sur les glucides - Etapes 1 et 2 du mandat*.

Mojet, J., Christ-Hazelhof, E., & Heidema, J. (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., Heidema, J., & Christ-Hazelhof, E. (2003). Taste perception with age: Generic or specific losses in supra-threshold intensities of five taste qualities? *Chemical Senses*, 28(5), 397–413.

Mojet, J., Heidema, J., & Christ-Hazelhof, E. (2004). Effect of concentration on taste-taste interactions in foods for elderly and young subjects. *Chemical Senses*, 29(8), 671–681.

Mueller, E., Koehler, P., & Schorf, K. A. (2016). Applicability of salt reduction strategies in pizza crust. *Food Chemistry*, 192, 1116–1123.

Murphy, C., Cain, W. S., Gilmore, M. M., & Skinner, R. (1991). Sensory and semantic factors in recognition memory for odors and graphic stimuli: Elderly versus young persons. *The American Journal of Psychology*, 104(2), 161–192.

Oliver, K. L., & Jill Davies, G. (2008). Heartburn: Influence of diet and lifestyle. *Nutrition & Food Science*, 38(6), 548–554.

Oqali (2010). *Observatoire de la qualité de l'alimentation - Etude sectorielle des composés*. Retrieved from <https://www.oqali.fr/Publications-Oqali/Enades-sectorielles>.

Pelletier, C. A., Lawless, H. T., & Horne, J. (2004). Sweet-sour mixture suppression in older and young adults. *Food Quality and Preference*, 15(2), 105–116.

Picouet, P. A., Lanell, A., Abadías, M., Castellari, M., & Viñas, L. (2009). Minimal processing of a Granny Smith apple puree by microwave heating. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(4), 545–550.

Roberts, S. B., & Rosenberg, I. (2006). Nutrition and aging: Changes in the regulation of energy metabolism with aging. *Physiological Reviews*, 86(2), 651–667.

- Scherf, K. A., Plaum, T., Roebler, F., & Hofmann, T. (2015). Salt taste perception in hydromineral systems is affected by sodium ion release and mechanosensory-gustatory cross-modal interactions. *Food Hydrocolloids*, 52, 486–494.
- Schiffman, S. S., & Pasternak, M. (1979). Decreased discrimination of food odors in the elderly. *Journal of Gerontology*, 34(1), 73–79.
- Schiffman, S. S., Sattely-Miller, E. A., Zimmerman, I. A., Graham, B. G., & Erickson, R. P. (1994). Taste perception of monosodium glutamate (MSG) in foods in young and elderly subjects. *Physiology & Behavior*, 56(2), 265–275.
- Stevens, J. G. (1996). Detection of tastes in mixture with other tastes: Issues of masking and aging. *Chemical Senses*, 21(2), 211–221.
- Stevens, J. G., & Dadarwala, A. D. (1993). Variability of olfactory threshold and its role in assessment of aging. *Perception & Psychophysics*, 54(3), 296–302.
- Sulmont-Rossé, C., Maitre, L., Amand, M., Symoneaux, R., Van Wymelbeke, V., Caumon, E., & Elipsis Issanchou, S. (2015). Evidence for different patterns of chemosensory alterations in the elderly population: Impact of age versus dependency. *Chemical Senses*, 40(3), 153–164.
- Sulmont-Rossé, C., Maitre, L., & Issanchou, S. (2010). Age, perception chimiosensorielle et préférences alimentaires. *Gérontologie et société*, 134(3), 87.
- Van Hout, D., Hautus, M. J., & Lee, H.-S. (2011). Investigation of test performance over repeated sessions using signal detection theory: Comparison of three nonattribute-specified difference tests 2-ABCR, A-Not A and 2-AFC. *Journal of Sensory Studies*, 26(5), 311–321.

Annexe 3 : Analyses des verbatim

ANNEXE 3.a : Fréquences de citation des verbatim pour les purées de carottes enrichies en protéines et résultats du test de χ^2 par cases d'après Symoneaux et al. (2012)

p-value associée au test du χ^2 : *p*=0,000

Un Q/D au début du verbatim indique que le verbatim a été cité respectivement comme qualité/défaut

Verbatim	Référence	5% (cuit)	7,5% (cuit)	7,5% (frais)	Total
Q_goût	22	15 (+) *	6 (-) *	9	52
Q_texture	15	9	6	5	35
Q_couleur	17	4	4	7	32
Q_carotte	17 (+) ***	3	1 (-) *	2	23
Q_goût marqué	1	2	1	4 (+) *	8
Q_épais	0 (-) *	3	3	2	8
Q_appétissant	6 (+) **	1	0	0	7
Q_goût légumes	3	0	1	2	6
Q_fluide	5 (+) *	0	1	0	6
Q_assaisonnement	1	1	4 (+) *	0	6
Q_aspect	5 (+) *	1	0	0	6
Q_onctueux	3	1	0	1	5
Q_naturel	3	0	2	0	5
Q_EHA	2	1	0	2	5
Q_salé	1	0	1	2	4
Q_odeur	2	1	0	1	4
Q_acceptable	2	1	1	0	4
Q_sucré	3 (+) *	0	0	0	3
Q_pas farineux	3 (+) *	0	0	0	3
Q_mélange	0	3 (+) ***	0	0	3
Q_léger	3 (+) *	0	0	0	3
Q_appétissant (couleur)	3 (+) *	0	0	0	3
Q_velouté	1	0	0	1	2
Q_pas pateux	1	1	0	0	2
Q_long en bouche	1	0	1	0	2
Q_lisse	2	0	0	0	2
Q_achetable	0	2 (+) **	0	0	2
Q_topinambour	0	0	0	1 (+) *	1
Q_potiron	1	0	0	0	1
Q_potimaron	1	0	0	0	1
Q_pois (cassés, chiches)	0	0	0	1 (+) *	1

Q_patate douce	0	0	1	0	1
Q_pas sucré	0	0	0	1 (+) *	1
Q_pas mixé	1	0	0	0	1
Q_pas amer	1	0	0	0	1
Q_mouliné	1	0	0	0	1
Q_liquide	1	0	0	0	1
Q_grumeleux	0	0	0	1 (+) *	1
Q_définissable	0	0	0	1 (+) *	1
Q_celeri	0	0	0	1 (+) *	1
D_fade	24	7	14	9	54
D_indéfinissable	5 (-) ***	6	19 (+) **	10	40
D_farineux	1 (-) **	1	7	7 (+) *	16
D_liquide	12 (+) ***	2	1	0	15
D_épais_pateux	0 (-) **	4	7	4	15
D_couleur	3	2	2	6 (+) *	13
D_texture	2	0	5 (+) *	2	9
D_manque de sel	5	1	2	0	8
D_goût	1	2	3	2	8
D_manque EHA	3	2	1	0	6
D_bizarre	0	0	5 (+) **	1	6
D_pas appétissant (couleur)	0	1	4 (+) **	0	5
D_mixé	1	0	3	1	5
D_manque assaisonnement	4	0	1	0	5
D_goût neutre	1	1	1	2	5
D_amer	0	1	2	2	5
D_salé	1	2	0	1	4
D_pas appétissant	0	0	1	3 (+) **	4
D_granuleux	0	1	2	1	4
D_sucré	2	1	0	0	3
D_rapeux	0	0	1	2 (+) *	3
D_pour bébé	1	1	1	0	3
D_odeur neutre	1	0	2	0	3
D_collant	0	0	2	1	3
D_carotte	2	0	1	0	3
D_arriere goût	0	0	3 (+) **	0	3
D_acre	0	0	1	2 (+) *	3
D_potiron	2	0	0	0	2
D_potage	1	0	1	0	2
D_pois (cassés, chiches)	0	1	1	0	2
D_pas naturel	2	0	0	0	2
D_pas habituel	0	0	2 (+) *	0	2
D_pas goût légumes	1	0	1	0	2
D_long en bouche	0	1	0	1	2
D_industriel	0	0	2 (+) *	0	2
D_goût céréale	0	0	2 (+) *	0	2
D_EHA	0	1	1	0	2
D_curcuma	1	0	0	1	2
D_aspect	0	0	2 (+) *	0	2
D_salsifi	0	0	1	0	1
D_odeur	0	0	1	0	1
D_médicament	0	0	1	0	1
D_léger	1	0	0	0	1
D_goût marqué	0	0	1	0	1
D_ecoeurant	0	0	1	0	1
D_doux	0	1 (+) *	0	0	1
D_cuisiné	0	1 (+) *	0	0	1
D_apre	0	0	0	1 (+) *	1
Total	205	89	141	103	538

ANNEXE 3.b : Fréquences de citation des verbatim pour smoothies enrichis en vitamines et minéraux et résultats du test de khi² par cases d'après Symoneaux et al. (2012)

p-value associée au test du khi² : p=0,019

Un Q/D au début du verbatim indique que le verbatim a été cité respectivement comme qualité/défaut

Verbatim	Pomme-Myrtille	Pomme-Myrtille + VM	Pomme-Rose	Pomme-Rose + VM	Total
Q_couleur	4	15 (+) **	2 (-) *	9	30
Q_goût	2	6	5	7	20
Q_texture	1	9 (+) *	2	6	18
Q_peu sucré	6	5	3	4	18
Q_abricot	0 (-) *	1	6	8 (+) *	15
Q_sucré	3	3	3	5	14
Q_fruits rouges	5	7 (+) *	1	1	14
Q_goût fruit	3	4	2	1	10
Q_fluide	2	2	3	2	9
Q_acide	3	4	0	1	8
Q_onctueux	0	3	3	1	7
Q_goût marqué	2	4	0	1	7
Q_épais	2	2	1	2	7
Q_odeur	2	1	1	2	6
Q_équilibré	3	0	1	1	5
Q_velouté	0	0	3 (+) *	1	4
Q_mangue	0	0	2	2	4
Q_acceptable	2	0	1	1	4
Q_pas acide	0	2	0	1	3
Q_mélange	2	0	0	1	3
Q_fruits exotiques	0	0	2	1	3
Q_agrume	0	0	1	2	3
Q_raisin	0	2 (+) *	0	0	2
Q_rafraichissant	0	0	0	2 (+) *	2
Q_long en bouche	0	1	0	1	2
Q_doux	0	1	0	1	2
Q_conventionnel	0	0	0	2 (+) *	2
Q_aspect	0	2 (+) *	0	0	2
Q_pomme	0	1	0	0	1
Q_peche	0	0	0	1	1
Q_pas arriere goût	0	0	0	1	1
Q_pas amer	0	0	0	1	1
Q_par défaut	0	0	0	1	1
Q_original	0	0	1	0	1
Q_naturel	0	1	0	0	1
Q_lisse	0	0	0	1	1
Q_lien couleur goût	0	0	0	1	1
Q_léger	1	0	0	0	1
Q_comme sirop	0	0	1	0	1
Q_comme coulis	1	0	0	0	1
Q_cerise	0	1	0	0	1
Q_banane	0	0	0	1	1
Q_appétissant (couleur)	0	1	0	0	1
Q_achetable	0	1	0	0	1
D_indéfinissable	9	7	10	7	33
D_fade	9	7	9	8	33
D_épais_pateux	5	6	9	7	27
D_manque de sucre	5	4	3	2	14
D_goût	4	1	6	2	13
D_couleur	2	4	4	3	13
D_amer	4	1	6	2	13
D_pas goût fruit	2	2	2	2	8
D_acide	2	2	0	3	7
D_pas habitué smoothie	3	0	1	1	5
D_attente goût couleur	2	1	1	1	5

D_acre	2	0	1	2	5
D_pas appétissant (couleur)	0	0	0	4 (+) ***	4
D_mélange	2	2	0	0	4
D_arriere goût	0	0	4 (+) ***	0	4
D_aqueux	0	2	0	2	4
D_sucré	2	0	1	0	3
D_rapeux	0	0	2	1	3
D_pas long en bouche	1	2	0	0	3
D_pas désaltérant	2	0	1	0	3
D_attente fruits rouges	3 (+) **	0	0	0	3
D_texture	1	0	0	1	2
D_pas appétissant	1	1	0	0	2
D_odeur neutre	1	0	1	0	2
D_médicament	1	0	0	1	2
D_mangue	0	0	2 (+) *	0	2
D_liquide	1	1	0	0	2
D_goût noyau	1	0	1	0	2
D_ecoeurant	0	1	1	0	2
D_betterave	1	1	0	0	2
D_raisin	1	0	0	0	1
D_pas odeur fruit	0	0	1	0	1
D_pas équilibré	0	1	0	0	1
D_pas achetable	0	0	1	0	1
D_original	0	0	1	0	1
D_odeur	1	0	0	0	1
D_mixé	1	0	0	0	1
D_manque acidité	0	1	0	0	1
D_ingrédients	0	0	0	1	1
D_industriel	1	0	0	0	1
D_goût fumé	0	0	1	0	1
D_gluant	0	1	0	0	1
D_fruits exotiques	0	0	1	0	1
D_fruit dénaturé	0	0	1	0	1
D_fruit abimé	1	0	0	0	1
D_conventionnel	0	1	0	0	1
D_concept smoothie	1	0	0	0	1
D_attente orange	0	0	1	0	1
D_astringeant	0	0	1	0	1
D_aspect	0	1	0	0	1
D_apre	0	0	1	0	1
Total	116	129	118	123	486

Thèse de Doctorat

Mathieu MINGIONI

L'alimentation des personnes âgées

Etude sensorielle des fruits et légumes enrichis

Elderly people's diet

Sensory study of enriched fruit and vegetables

Résumé

Face à une population vieillissante et à la prévalence du risque de dénutrition, cette thèse s'est intéressée à comprendre comment développer des produits nutritionnellement et sensoriellement adaptés à l'alimentation des personnes âgées en s'appuyant sur les outils sensoriels.

Grâce à une enquête comparative multidisciplinaire réalisée dans 5 pays européens, nous avons mis en évidence trois grands profils d'habitudes et de préférences alimentaires chez des personnes âgées dépendantes pour leur alimentation (n=405). Malgré ces différences, nous fournissons une liste de fruits et légumes consensuels dans les pays étudiés.

Chez 130 personnes âgées de plus de 65 ans, nous confirmons la variabilité des performances sensorielles. Nous apportons des résultats originaux quant à la discrimination gustative encore très peu étudiée. Elle resterait stable avant 80 ans mais semblerait diminuer ensuite. Enfin, aucun lien n'a été trouvé entre perceptions sensorielles et appréciation de différentes purées de pommes. Dans un contexte d'innovation, nos résultats précisent un cahier des charges en recommandant des plages de variations possibles pour les concentrations de sucre et d'acide utilisées en purées de pommes.

Enfin, avec un panel expert et 344 personnes âgées, nous montrons qu'un enrichissement vitaminique ne modifie pas la perception de smoothies ; alors qu'une supplémentation en protéines (pois et blé) dégrade des purées de carottes sur le plan sensoriel et hédonique.

Nos résultats illustrent l'importance des outils sensoriels dans un processus de développement produit ainsi que leur intégration dans une démarche d'innovation

Mots clés : personnes âgées, dépendance, fruit, légume, outils sensoriels, développement produit, innovation, discrimination gustative, protéine

Abstract

In a context of aging population and rising prevalence of malnutrition, the aim of this PhD thesis was to understand how to develop innovative food products that are nutritionally and sensorially adapted to elderly people's diet using sensory tools.

A comparative multidisciplinary survey was performed in 5 European countries. We highlighted three main patterns of food habits and preferences in elderly people with culinary dependency (n=405). Despite those differences, we deliver a list of consensual fruit and vegetables (in the studied countries).

With 130 elderly people aged over 65 years old, we confirm the variability of sensory performances. We report original findings about gustatory discrimination abilities in which very few is known. Gustatory discrimination ability seems to remain stable before 80 years old but may decrease after. No link was found between sensory perceptions and appreciation for different apple purees. In a context of innovation, our results precise specifications by providing recommendations about possible ranges for sugar and acid concentrations to be used in apple purees.

Finally, using a sensory expert panel and 344 elderly people, we show that smoothies were not affected by the addition of vitamins. However, a protein supplementation (pea and wheat) significantly decreases sensory characteristics and hedonic evaluation of carrot purees.

Our results highlight the importance of sensory tools in a product development approach. It is important to include them all along the process of innovation.

Keywords: elderly people, dependency, fruit, vegetable, sensory tools, product development, innovation, gustatory discrimination, protein