Comment concevoir et proposer à la personne âgée souffrant de trouble de la salivation et de la mastication une offre alimentaire innovante combinant plaisir à manger et valeur nutritionnelle ? Stratégies et approches scientifiques.

How to propose to aging population suffering from salivation and chewing disorders innovative food products satisfying pleasure to eat and nutritional needs ? Scientific strategies and approaches.

Gilles FERON[1], Mathilde VANDENBERGHE-DESCAMPS[2], Claire SULMONT-ROSSÉ[1]

[1]Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France.

[2] UMR-Transfrontalière 1158 BioEcoAgro, Yncrea Hauts-de-France, Univ. Lille, Univ. Artois, ULCO, UPJV, Univ. Liège, INRAE, F-59000, Lille, France

Auteur de correspondance :
Gilles FERON
INRAE-CSGA
17 rue Sully
21065 Dijon Cedex France
Tel : + 33 (0)3 80 69 32 78
Courriel : gilles.feron@inrae.fr

Introduction

Le vieillissement de la population représente pour notre société un véritable défi démographique pour les années à venir, notamment dans le domaine de l'alimentation. En effet, les personnes âgées de 65 ans et plus représenteront 28,7% de la population de l'Union Européenne en 2080, contre 18,5% en 2014. Du fait de cette évolution, le taux de dépendance des personnes âgées dans l'Union Européenne sera quasiment doublé passant de 28,1% en 2014 à 51% en 2080. Le taux total de dépendance liée à l'âge devrait passer de 51,8% en 2014 à 77,9% en 2080 [1]. En France, le nombre de personnes âgées de plus de 75 ans était de 5,7 millions en 2012, il sera de 12 millions en 2060 [2]. Concernant l'alimentation, une enquête AFNOR de 2014 [3] a été menée auprès de la population senior et de leurs aidants. La majeure partie des répondants (80%) se situait dans les tranches d'âge 56-65 ans (42%) et 66-75 ans (37,6%). L'enquête a montré que, en termes d'attente, elle représentait le secteur le plus plébisité (76,8%) devant la santé (66,2%) et les services d'aide à la personne (42,6%). De plus 85% des seniors souhaitent rester à domicile. Ainsi, le développement de produits et services adaptés aux personnes âgées est un véritable défi pour notre société et notre économie. Cependant, la vieillesse correspond à une période cruciale de développement de l'individu avec des changements physiologiques, environnementaux (tabac, hygiène) et de santé (prise de médicaments) impactant de manière importante les fonctions orales, sensorielles et digestives [4]. Parmi ceux-ci, les changements d'état bucco-dentaire sont particulièrement importants. Par exemple, on estime qu'en France 30 % des personnes âgées à domicile sont totalement édentées, ce chiffre progressant à près de 60% en institutions. Ces changements physiologiques s'accompagnent d'une modification significative des choix et des habitudes alimentaires des personnes âgées (60 ans et plus) [5] participant ainsi significativement à la dénutrition avec un fort impact sur leur santé et à leur tour leur autonomie [6].

Ainsi, la construction d'une offre alimentaire adaptée et spécifique implique une approche systémique prenant en compte les attentes et les besoins du consommateur âgé mais aussi les contraintes des acteurs socio-économiques chargés d'élaborer et de proposer l'offre. Dans ce contexte, des projets de recherche d'envergure ont été menés ces dernières années en France et en Europe. On peut citer les projets d'ANR (Agence Nationale de la Recherche) Aupalesens et Renessens visant à proposer des solutions en termes de recettes et de pratiques culinaires à destination d'une population âgée dépendante et le projet Européen Optifel pour l'élaboration d'une offre autour des fruits et légumes. Récemment, le projet ANR AlimaSSenS a eu pour objectif de concevoir une offre alimentaire à destination de la population âgée autonome en prenant en compte particulièrement la question de sa santé orale. Ainsi, cet article a pour

objectif dans une première partie de faire une revue de la littérature sur les troubles bucco-dentaires et salivaires et de leurs conséquences sur l'acte alimentaire, l'alimentation et la nutrition du sujet âgé. La deuxième partie sera consacrée au projet AlimaSSenS avec une présentation de résultats marquants obtenus sur différentes matrices alimentaires.

1. Le vieillissement affecte la déstructuration des aliments en bouche et leur déglutition

De la première bouchée à la déglutition, la bouche opère diverses opérations pour transformer l'aliment de sa forme et de sa taille initiale en bol alimentaire prêt à être avalé. Mastication, déglutition et salivation sont essentiels dans la réalisation de l'acte alimentaire. En effet, l'objectif premier de l'acte alimentaire est de permettre de former un bol alimentaire déglutissable. Pour atteindre ce but, le sujet doit combiner deux mécanismes selon une trajectoire particulière (Figure 1). Le premier, la mastication, vise à modifier la structure de l'aliment via un processus de fragmentation qui conduit, pour les aliments solides, à la formation de petites particules. Le deuxième, la salivation, consiste à agglomérer les particules entre elles et à lubrifier le bol alimentaire par l'action de la salive. Dès que le sujet atteint un degré de structure et de lubrification approprié, il peut déglutir, c'est ce que l'on appelle le seuil de déglutition. Ces processus en bouche sont dépendants des propriétés de l'aliment. Ainsi une viande dure et sèche nécessitera de solliciter fortement les deux mécanismes (mastication et salivation) alors qu'une viande juteuse et fondante fera appel essentiellement à la mastication. Mais ces processus en bouche dépendent aussi beaucoup de l'individu consommant l'aliment, chacun utilisant une trajectoire de formation du bol qui lui est propre.

Le vieillissement s'accompagne souvent de troubles buccaux tels que la perte de dents [7], la diminution de la sécrétion salivaire [8] ou la diminution de la force musculaire [9]. Ces altérations de la sphère orale peuvent alors avoir un impact sur la formation de bol alimentaire et sa déglutition.

1.1. Capacités masticatoires de la personne âgée

La perte de dents est une déficience buccale courante qui survient au cours du vieillissement. Selon une enquête nationale allemande sur la santé bucco-dentaire publiée en 2014 [10], les dents les plus fréquemment perdues sont les molaires suivies des prémolaires maxillaires et des dents de devant. Les 914 jeunes adultes (35-44 ans) de l'enquête avaient 25,1 ± 4,1 dents restantes tandis que les 797 personnes âgées (65-74 ans) avaient un nombre de dents restantes qui correspond à 13,6 ± 9,8. De plus, la prévalence de l'édentement de la population âgée de l'étude était de 23,1% [11]. Alors que certaines personnes âgées décident de surmonter cela par des soins dentaires (fabrication de prothèses dentaires ou mise en place d'implants), d'autres

décident de vivre sans les dents manquantes, laissant un espace vide dans leur bouche. Que les personnes âgées aient ou non des dents de remplacement, la perte de dents affecte la dégradation des aliments. En effet, il est désormais solidement établi que les personnes âgées avec peu de dents ou porteurs de prothèses dentaires ont un comportement de morsure et de mastication différent de celui des personnes âgées dentées. Veyrune et Mioche (2000) [12] ont mis en évidence le fait que les porteurs de prothèses complètes avaient un schéma masticatoire moins adapté à la texture des aliments que leur groupe témoin. Dans l'étude réalisée par Leake et al, (1994) [13], 23% des sujets âgés (âge moyen 62,8 ans) ayant 0 à 2 paires de dents occlusives ont déclaré prendre plus de temps pour mâcher de la nourriture que les sujets âgés (âge moyen 58,1 ans) présentant 8 paires de dents occlusives. De plus, 34% de la population de l'étude portant des prothèses dentaires a déclaré avoir au moins un problème lié à la capacité de mastication. Tsuga et al., (1998) [14] a rapporté que la force de morsure maximale des sujets âgés (âge moyen 80 ans) était significativement corrélée au nombre de dents restantes et à l'état dentaire. Enfin, dans l'étude menée par Hildebrandt et al., (1997) [15], les sujets (âge moyen 70 ans) qui ont signalé des difficultés à mâcher avaient significativement moins de dents que les sujets qui n'avaient signalé aucune difficulté.

1.2. La question de la dysphagie

Avec le vieillissement, des modifications physiologiques peuvent se produire sur tous les composants de la cavité buccale impliqués dans la déglutition et donc perturber le transport du bol alimentaire de la bouche vers l'estomac. Que ces déficiences soient dues au vieillissement (presbyphagie) ou à d'autres événements liés à l'âge (dysphagie) tels que des pathologies aiguës (démence ou accident vasculaire cérébral) ou de multiples prises de médicaments par exemple, cela peut avoir des conséquences graves sur la déglutition des aliments [16]. Ces troubles de la déglutition ne sont pas sans effets sur l'état nutritionnel du sujet âgé. Ainsi, dans l'étude menée par Cabre et al., (2010) [17], 134 sujets âgés (70 ans et plus) ont été recrutés parmi lesquels 74 sujets présentaient une dysphagie. Au sein de cette population, 36,8% souffraient de dénutrition et 54,4% étaient à risque de dénutrition. De plus, Serra-Prat et al., (2012) [18] ont souligné dans leur étude de cohorte que 18,6% des volontaires âgés (70 ans et plus) souffrant de dysphagie souffraient de dénutrition ou étaient à risque de dénutrition tandis que 12,3% de la population sans dysphagie était dénutrie ou à risque. De plus, après un suivi d'un an, les auteurs ont remarqué une différence significative entre les deux groupes en termes d'état nutritionnel.

1.3. Sécrétion salivaire

La salive est un fluide physiologique qui joue un rôle crucial dans la préservation et le maintien de la santé bucco-dentaire et du confort alimentaire [19]. La salive est sécrétée par trois glandes salivaires principales (glandes sous-mandibulaires, sublinguales et parotides) et plusieurs glandes salivaires mineures situées partout dans la cavité buccale [20]. Chez les personnes âgées (65 ans et plus), il a été démontré que l'effet cumulatif du vieillissement et des changements associés, tels que la perte de dents [21, 22], la consommation de médicaments [23-26] et la maladie [27-30], peuvent affecter le flux salivaire. Mais une étude récente a également mis en évidence le fait que les personnes âgées, indépendamment des facteurs de confusion cités ci-dessus, montrent une diminution du débit salivaire [8].

Un manque de production salivaire dans la cavité buccale peut avoir un réel impact sur le comportement alimentaire et la consommation alimentaire. Premièrement, il a été démontré qu'un manque d'appétit était associé à l'hyposalivation chez les personnes âgées (68 ans et plus) hospitalisées et vivant de manière indépendante [31, 32]. Deuxièmement, certaines études ont mis en évidence un lien entre l'apport énergétique et l'hyposalivation. Iwasaki et al., (2016) [33] a constaté que la population présentant une hyposalivation avait un apport significativement plus faible en acides gras polyinsaturés n-3, potassium, vitamines E, D, B6 et folate, ce qui était conforme à la réduction observée de la consommation de légumes, poissons et crustacés. De plus, l'apport alimentaire moyen en protéines et en vitamine B12 dans le groupe hyposalivation avait tendance à être plus faible que dans le groupe sans hyposalivation ($0,05 < P < 0,10$); cependant, ces différences n'ont pas atteint une signification statistique.

Par conséquent, l'hyposalivation pourrait être un facteur de risque possible de perte d'appétit et d'apport alimentaire déséquilibré chez les personnes âgées. Dans une plus large mesure, l'hyposalivation est également liée à la santé générale de la population âgée. En effet, il a été démontré que l'hyposalivation était significativement associée à la dénutrition [21 , 22, 34 , 35]. Cependant, d'autres études n'ont pas mis en évidence une telle association [36 , 37] et des études complémentaires devraient être menées.

2. Repenser l'offre alimentaire à destination de la personne âgée :

Nous avons vu dans le chapitre précédent que quand l'état bucco-dentaire se modifie et se dégrade avec l'âge, la trajectoire de formation d'un bol alimentaire déglutissable n'est plus appropriée. Le sujet âgé essaye alors de s'adapter au mieux pour continuer à consommer les aliments qu'il apprécie. Cependant, ce n'est pas toujours possible et l'acte alimentaire peut devenir difficile voir douloureux. Dans ce cas le sujet âgé renoncera à ces aliments dont certains

sont nutritionnellement intéressants, comme par exemple les fruits et les légumes riches en fibres et micronutriments mais aussi la viande pour son apport en protéines [38].

Hildebrandt et al., (1997) [15] ont par exemple démontré que les personnes âgées (âge moyen 70 ans) avec un nombre réduit d'unités fonctionnelles (paires de dents occlusives) évitaient les aliments solides filandreux, croquants et secs. De plus, Geissler et Bates (1984) [39] ont étudié l'effet de la perte de dents et ont montré que la perte de dents était liée à une consommation réduite de viande, de fruits et légumes frais. Par conséquent, l'apport en vitamines, en fibres et en calories est réduit. Plusieurs études ont confirmé ces résultats et soulignent le fait que les personnes âgées (55 ans et plus) avec des dents naturelles ou des prothèses bien ajustées montrent un apport en nutriments plus élevé et plus varié [40]. Une altération de l'efficacité de la déglutition peut entraîner une réduction ou une modification de la consommation d'aliments et de boissons [41].

Dans ce contexte, il est crucial de développer des aliments adaptés aux capacités orales des seniors, en tenant compte de leurs besoins nutritionels et de leurs préférences sensorielles. Améliorer l'état bucco-dentaire et repenser l'offre nutritionnelle, et donc alimentaire, pour les personnes âgées font d'ailleurs partie des 14 propositions du collectif de lutte contre la dénutrition[1]. Cependant, pour ces sujets âgés, il est souvent proposé une offre alternative faite d'aliments hachés, mixés ou des purées plus ou moins texturées. Or, les aliments en textures modifiées sont souvent peu appétissants et peu savoureux. De plus, ils contribuent à altérer la représentation de la personne âgée vis-à-vis de son alimentation (les aliments servis en purée sont difficiles à reconnaître), voire l'image de la personne âgée elle-même (« infantilisation » de la personne âgée avec des purées que l'on pourrait aussi servir à des bébés). Enfin, la consommation de ce type d'aliment contribue à aggraver les troubles masticatoires : moins une personne mastique et plus ses difficultés à mastiquer s'aggravent [38].

D'un point de vue nutritionnel, les propriétés du bol alimentaire jouent un rôle important dans la disponibilité des nutriments. En effet, de par la déstructuration avancée de la matrice alimentaire solide, il a été démontré qu'une mastication correcte améliore la digestibilité et l'absorption des nutriments à la fois en agissant sur leur bio-accessibilité et en contribuant à la libération de nutriments et de micronutriments dans le tube digestif [42 , 43]. Cette étape devient plus importante si l'on considère que la déficience masticatoire mise en évidence chez les personnes âgées entraîne une déstructuration inadéquate des aliments dans la bouche, conduisant à la préparation d'un bol alimentaire moins efficient pour la digestion et

[1] https://www.luttecontreladenutrition.fr

l'assimilation des nutriments. En effet, il a été mis en évidence que les personnes âgées (60-75 ans) présentant une mastication déficiente due à une perte des dents présentaient un retard dans l'apparition des acides aminés sanguins circulant suite à l'ingestion de viande [44]. Récemment, des études *in vitro* ont montré un lien entre propriétés du bol et digestibilité des matrices alimentaires [45]. Sur le pain, il a été constaté que les bols alimentaires les plus destructurés avaient un taux d'hydrolyse de l'amidon plus élevé [46]. Sur les produits carnés, il a été observé un faible impact de la mastication lors d'une digestion gastrique standard de bols alimentaires obtenus à partir d'une mastication déficiente reproduite *in vitro*. Cependant, dans les conditions digestives représentatives du sujet âgé, un retard dans la libération des macronutriments se produit [47]. Une compréhension détaillée de la biodisponibilité des nutriments chez les personnes âgées liée à leur capacité masticatoire est donc clairement importante pour évaluer leurs besoins en nutriments et définir de manière raisonnée les formulations (composition et texturation) alimentaires appropriées. Le tableau 1 résume différentes recommandations afin d'améliorer l'offre alimentaire et la pratique culinaire chez la personne âgée.

3. Comprendre le bol alimentaire ou comment revisiter les propriétés sensorielles et nutritionnelles de l'aliment, l'exemple du projet de recherche AlimaSSenS.

Le projet AlimaSSenS a été financé par l'ANR pour une durée de 5 ans (2014-2019). Ce projet interdisciplinaire visait à comprendre l'impact de différents états bucco-dentaire observés chez le sujet âgé sur les processus en bouche et le plaisir à manger, ainsi que sur la digestibilité de l'aliment et la bio-accessibilité des nutriments. Au final il s'agissait de fournir une offre alimentaire adaptée aux capacités orales des personnes âgées tout en considérant leurs pratiques culinaires et d'achat. Trois types de matrices ont été étudiées : viandes, céréales et produits laitiers (Figure 2).

Le projet comprenait 3 grandes phases réparties en 4 tâches :

La première étape a consisté à mettre en place les outils et méthodologies ainsi qu'à choisir les matrices alimentaires du projet. La deuxième phase a consisté en (i) le développement des nouvelles matrices alimentaires (ii) la caractérisation de la population âgée en termes de choix et de consommation alimentaire mais aussi de pratiques culinaires à domicile et d'achat. La troisième phase a consisté en une étude d'économie expérimentale sur les aliments nouveaux, étude préalable à leur commercialisation.

Dans le cadre d'AlimaSSenS, l'approche scientifique originale fut de considérer la chaine alimentaire non pas jusqu'à l'aliment mis en bouche mais jusqu'au bol prêt à être dégluti. En particulier, les propriétés sensorielles et nutritionnelles de l'aliment ont été entièrement évaluées

via une analyse fine du bol alimentaire et de son processus de formation chez la personne âgée, ceci à un niveau systémique : salivation, composition salivaire, statut dentaire, performances masticatoires, déglutition, libération et perception des arômes et du goût (Figure 3).

L'objectif de cette approche était de trouver le meilleur équilibre entre le plaisir à consommer l'aliment et sa qualité nutritionnelle avec une volonté explicite de favoriser l'apport en protéines. Différentes stratégies et approches scientifiques ont été mises en œuvre selon les produits développés. Pour les deux matrices céréalières (une brioche et une génoise enrichies respectivement en protéines de pois ou de fèves), l'approche fut conduite *in silico* par modélisation mathématique de la formation du bol alimentaire à partir de données obtenues *in vivo* chez le sujet âgé. Le modèle mathématique élaboré à partir des deux matrices standards a servi à définir les meilleures conditions de formulation des produits enrichis pour maintenir un confort et un plaisir à manger équivalent aux produits standards [48-50]. La digestibilité de ces matrices enrichies a été aussi évaluée par une approche *in vitro* [51]. Pour le volet carné, l'objectif fut de texturer (sous forme d'effilochés) 2 matrices à base de viande de poulet ou de bœuf permettant au sujet âgé de former un bol déglutissable mais sans altérer ni la valeur hédonique ni la qualité nutritionnelle du produit. Pour ce faire, des approches *in vitro* ont été menée avec un simulateur de mastication permettant de reproduire des bols caractéristiques d'une mastication déficiente du sujet âgé [45] et un simulateur de digestion permettant d'évaluer la digestibilité de ces bols et la bioaccessibilité des acides aminés. Enfin, pour les produits laitiers, l'objectif fut essentiellement nutritionnel. Il s'agissait de mettre au point via le procédé de fabrication, 4 matrices fromagères à base de protéines de lactosérum, de composition strictement identique mais présentant des textures très différentes, de fondant à dur [52]. L'objectif était de tester la qualité nutritionnelle de protéines de lactosérum en comparaison des caséines. L'évaluation de cette qualité fut conduite d'abord *in vitro* par simulation du processus de digestion puis *in vivo* sur modèle porcin. Là aussi, il s'agissait de trouver le meilleur compromis entre une texture appréciée par le sujet âgé et la qualité nutritionnelle de l'aliment proposé. Pour évaluer le confort et le plaisir à manger des différentes matrices mises au point, l'étude fut mono-centrique avec la constitution d'un panel de 100 seniors. Ce panel était composé de personnes âgées de plus de 65 ans, équilibré en sexe. Il présentait des états dentaires (nombre de dents compris entre 0 et 32 et nombre d'unités fonctionnelles postérieures inférieur à 4 ou supérieur à 7) et de salivation (flux salivaires non stimulés compris entre 0,03 et 0,86 ml/min.) variables. Ces personnes âgées étaient autonomes, sans risque de dénutrition et vivaient à domicile. Tout ou partie de ce panel était sollicité pour les expérimentations.

Les résultats obtenus ont montré que parmi les matrices testées et pour chaque type de matrice, il avait été possible d'élaborer des produits globalement bien appréciées par le sujet âgé avec des notes de confort et de plaisir à manger élevées. Les produits céréaliers présentaient les notes les plus élevées et les produits laitiers les plus basses. Cet écart peut s'expliquer par une différence dans le degré d'élaboration (présence d'arômes ou pas) des produits avant leur évaluation sensorielle (Tableau 2).

Par ailleurs, des résultats tout à fait remarquables ont été obtenu sur le volet carné. Ils ont montré que les matrices élaborées étaient très appréciées du sujet âgé, en termes de confort et de plaisir, et ceci d'autant que l'état bucco-dentaire était dégradé (Figure 4) [53].

Par contre, il a été montré dans AlimaSSenS, que les raisons qui expliquaient cette évaluation du confort et du plaisir dépendaient de la matrice. Par exemple, pour les produits céréaliers, le confort en bouche était principalement expliqué par les propriétés du bol alimentaire et en particulier sa viscosité : plus le bol était visqueux moins le produit était jugé confortable [50]. A l'inverse, pour les produits laitiers et carnés, il n'a pas été possible de relier le confort et la facilité à consommer l'aliment aux caractéristiques du bol [54] [55].

Pour le versant nutritionnel, les expérimentations menées ont mis en avant la pertinence des approches, toutes les matrices montrant un fort potentiel sur la digestibilité, la bioaccessibilité et la disponibilité en acides aminés. Ce fut particulièrement remarquable pour les produits laitiers. Il a été en effet montré que la teneur en leucine plasmatique circulante était particulièrement augmentée suite à la consommation de fromages à base de protéines sériques comme source de protéines en comparaison des caséines (Figure 5) [56, 57].

Conclusion

Les résultats d'AlimaSSenS valident largement la démarche et l'approche de recherche focalisée autour du bol alimentaire formé. Par un processus itératif, il a ainsi été possible de concevoir des matrices à destination du sujet âgé présentant un bon équilibre entre l'aspect sensoriel et nutritionnel. Le procédé de transformation, tant industriel qu'à domicile, s'est avéré être un levier majeur pour élaborer ces matrices adaptées en termes de texture aux populations seniors. AlimaSSenS a clairement démontré, chez le sujet âgé, le poids majeur de la valeur hédonique de l'offre qui ne doit pas être dégradée au regard de sa qualité nutritionnelle. Il a été aussi pointé la grande difficulté de sensibiliser des populations seniors vivant à domicile à la consommation d'une offre spécifique alimentaire répondant à leurs besoins. Un travail important de recherche autour des leviers de communication et de diffusion de cette offre auprès de ces populations s'avère indispensable et représente un vrai challenge en France voir en

Europe. D'un point de vue scientifique, AlimaSSenS a montré l'extrême variabilité interindividuelle observée au sein de la population senior et ceci sur pratiquement tous les volets de l'étude (physiologie, appréciation sensorielle, sociologie). Un challenge est de pouvoir concilier une offre globale avec cette variabilité.

Points essentiels

- Le sujet âgé présente une détérioration de sa santé orale (salivation, mastication)
- Cette détérioration conduit à une baisse dans la qualité de son alimentation
- L'étude des processus oraux permet de concevoir des aliments adaptés et appréciés

Résumé

Le vieillissement s'accompagne fréquemment d'une baisse d'appétit et de la prise alimentaire, ce qui prédispose la personne âgée à une perte de poids et augmente le risque de dénutrition. Une des raisons physiologiques expliquant cette baisse de prise alimentaire est la forte dégradation de l'état bucco-dentaire du sujet âgé rendant l'acte alimentaire douloureux. Face à l'enjeu considérable que représente la dénutrition en matière de qualité de vie et de santé publique, il est essentiel de développer une offre alimentaire répondant aux besoins nutritionnels des personnes âgées tout en satisfaisant leurs plaisirs à manger. Dans ce contexte, l'objectif de cet article est de présenter un panorama des résultats obtenus dans le cadre du projet d'ANR AlimaSSenS dont l'objectif fut, via une approche interdisciplinaire et systémique centrée sur les processus en bouche et la formation du bol alimentaire, le développement d'aliments de bonne qualité nutritionnelle et adaptés aux capacités orales des personnes âgées.

Mots-clefs

Vieillissement ; alimentation ; santé orale ; bol alimentaire.

Abstract

Aging is frequently accompanied by a decrease in appetite and food intake, which predisposes the elderly to weight loss and increases the risk of malnutrition. One of the physiological reasons explaining this decrease in food intake is the strong deterioration of the oral health of the elderly making the act of eating painful. Considering the challenge of malnutrition in terms of quality of life and public health, it is essential to develop a food supply that meets the nutritional needs of seniors while satisfying their enjoyment of eating. In this context, the

objective of this article is to present an overview of the results obtained within the framework of the ANR AlimaSSenS project whose objective was, via an interdisciplinary and systemic approach centered on Food Oral Processing and bolus formation, the development of food products with high nutritional quality and adapted to the oral capacities of the elderly.

Key words

Aging ; food ; oral health ; food bolus.

Remerciements

Le projet AlimaSSenS (ANR- 14-CE20-0003-01) est un projet de recherche coordonné par l'INRAE-CSGA. Il associe 10 partenaires académiques (CHU (Dijon) , laboratoire CROC (Clermont-Ferrand), INRAE-UNH (Clermont-Ferrand), EREN-U. Paris XIII, INRAE-ALISS (Ivry), INRAE-STLO (Rennes), INRAE-BIA (Nantes), INRAE-QUAPA (Clermont-Ferrand), ONIRIS-UCS (Nantes)), 1 centre technique (Aérial, Strasbourg) et 4 partenaires industriels (Lactalis (Laval), Terrena (Ancenis), Solina (Angers), Cerelab (Dijon)). Le projet a bénéficié d'une aide ANR d'un peu plus de 1600k€ pour un coût global de l'ordre de 6500 k€.

Pour en savoir plus, quelques articles du projet AlimaSSenS :

1. L. Lorieau, Y. Le Gouar, G. Henry, T. Mao, A. Ligneul, E. Hazart, D. Dupont and J. Floury, Whey-based cheese provides more postprandial plasma leucine than casein-based cheese: A pig study, *Food Chem.*, 2019, **277**, 63-69.
2. L. Lorieau, L. Le Roux, F. Gaucheron, A. Ligneul, E. Hazart, D. Dupont and J. Floury, Bioaccessibility of four calcium sources in different whey-based dairy matrices assessed by in vitro digestion, *Food Chem.*, 2018, **245**, 454-462.
3. M. Assad Bustillos, C. Tournier, G. Feron, S. Guessasma, A.-L. Reguerre and G. Della Valle, Fragmentation of two soft cereal products during oral processing in the elderly: Impact of product properties and oral health status, *Food Hydrocoll.*, 2019, **91**, 153-165.
4. M. Vandenberghe-Descamps, H. Labouré, C. Septier, G. Feron and C. Sulmont-Rossé, Oral comfort: A new concept to understand elderly people's expectations in terms of food sensory characteristics, *Food Quality and Preference*, 2018, **70**, 57-67.

5. M. Assad-Bustillos, C. Tournier, C. Septier, G. Della Valle and G. Feron, Relationships of oral comfort perception and bolus properties in the elderly with salivary flow rate and oral health status for two soft cereal foods, *Food Res. Int.*, 2019, **118**, 13-21.

6. L. Lorieau, C. Septier, A. Laguerre, L. Le Roux, E. Hazart, A. Ligneul, M.-H. Famelart, D. Dupont, J. Floury, G. Feron and H. Labouré, Bolus quality and food comfortability of model cheeses for the elderly as influenced by their texture, *Food Res. Int.*, 2018, **111**, 31-38.

7. M. Vandenberghe-Descamps, H. Labouré, A. Prot, C. Septier, C. Tournier, G. Feron and C. Sulmont-Rossé, Salivary flow decreases in healthy elderly people independently of dental status and drug intake, *J. Texture Stud.*, 2016, **47**, 353-360.

8. M. Assad-Bustillos, C. Tournier, J. Palier, C. Septier, G. Feron and G. Della Valle, Oral processing and comfort perception of soft cereal foods fortified with pulse proteins in the elderly with different oral health status, *Food and Function*, 2020, **11**, 4535-4547.

9. C. Septier, M. Vandenberghe-Descamps, M.-A. Peyron, M. Hennequin, V. Sante-Lhoutellier, G. Feron and H. Labouré, Le confort en bouche est amélioré pour les personnes âgées ayant une mauvaise dentition lors de la consommation de produits carnés adaptés, *Nutr. Clin. Metab.*, 2018, **32**, 253.

Déclaration des conflits d'intérêts : Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts.

Références bibliographiques

[1] Eurostat. Structure et vieillissement de la population 2016. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Population_structure_and_ageing/fr. Accédée le 12 juin 2020.

[2] French-government. Le projet de loi relatif à l'adaptation de la société au vieillissement [Press release]. 2015 [11]. http://www.gouvernement.fr/action/l-adaptation-de-la-societe-au-vieillissement. Accédée le 12 juin 2020.

[3] AFNOR. Enquête nationale silver économie attente de consommation des séniors et leurs aidants 2014. https://normalisation.afnor.org/wp-content/uploads/2016/06/afnor-Enquete-nationale-silver-economie-dec2014-2.pdf. Accédée le 12 juin 2020.

[4] Schwartz C, Vandenberghe-Descamps M, Sulmont-Rossé C, Tournier C, Feron G. Behavioral and physiological determinants of food choice and consumption at sensitive

periods of the life span, a focus on infants and elderly. Innov Food Sci Emerg Technol 2018;46:91-106.

[5] Popper R, Kroll BJ. Food preference and consumption among the elderly. Food Technol 2003;57:32-40.

[6] Mak TN, Caldeira S. The role of nutrition in active and healthy ageing. Luxembourg: Publications Office of the European Union 2014;26666:56.

[7] Muller F, Naharro M, Carlsson GE. What are the prevalence and incidence of tooth loss in the adult and elderly population in Europe? Clin Oral Implants Res 2007;18 Suppl 3:2-14.

[8] Vandenberghe-Descamps M, Labouré H, Prot A, Septier C, Tournier C, Feron G, et al. Salivary flow decreases in healthy elderly people independently of dental status and drug intake. J Texture Stud 2016;47:353-60.

[9] Fontijn-Tekamp FA, van der Bilt A, Abbink JH, Bosman F. Swallowing threshold and masticatory performance in dentate adults. Physiol Behav 2004;83:431-6.

[10] Jordan RA, Bodechtel C, Hertrampf K, Hoffmann T, Kocher T, Nitschke I, et al. The Fifth German Oral Health Study (Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie, DMS V) - rationale, design, and methods. BMC Oral Health 2014;14:14-161.

[11] Holtfreter B, Kocher T, Hoffmann T, Desvarieux M, Micheelis W. Prevalence of periodontal disease and treatment demands based on a German dental survey (DMS IV). J Clin Periodontol 2010;37:211-9.

[12] Veyrune JL, Mioche L. Complete denture wearers: electromyography of mastication and texture perception whilst eating meat. Eur J Oral Sci 2000;108:83-92.

[13] Leake JL, Hawkins R, Locker D. Social and functional impact of reduced posterior dental units in older adults. J Oral Rehabil 1994;21:1-10.

[14] Tsuga K, Carlsson GE, Osterberg T, Karlsson S. Self-assessed masticatory ability in relation to maximal bite force and dental state in 80-year-old subjects. J Oral Rehabil 1998;25:117-24.

[15] Hildebrandt GH, Dominguez BL, Schork MA, Loesche WJ. Functional units, chewing, swallowing, and food avoidance among the elderly. J Prosthet Dent 1997;77:588-95.

[16] Humbert IA, Robbins J. Dysphagia in the elderly. Phys Med Rehabil Clin N Am 2008;19:853-66, ix-x.

[17] Cabre M, Serra-Prat M, Palomera E, Almirall J, Pallares R, Clave P. Prevalence and prognostic implications of dysphagia in elderly patients with pneumonia. Age Ageing 2010;39:39-45.

[18] Serra-Prat M, Palomera M, Gomez C, Sar-Shalom D, Saiz A, Montoya JG, et al. Oropharyngeal dysphagia as a risk factor for malnutrition and lower respiratory tract infection in independently living older persons: a population-based prospective study. Age Ageing 2012;41:376-81.

[19] Carpenter G. The secretion, components, and properties of saliva. Annu Rev Food Sci Technol 2013;4:267-76.

[20] Christensen CM. Role of saliva in human taste perception. In: Meiselman ML, Rivlin RS, editors. Clinical Measurement of Taste and Smell. New York, United-States: Macmillan; 1986. p. 414-28.

[21] Dormenval V, Budtz-Jorgensen E, Mojon P, Bruyere A, Rapin CH. Associations between malnutrition, poor general health and oral dryness in hospitalized elderly patients. Age Ageing 1998;27:123-8.

[22] Srinivasulu G, Fareed N, Sudhir KM, Krishna Kumar RV. Relationship between stimulated salivary factors, dental caries status and nutritional condition among institutionalized elderly people. Oral Health Dent Manag 2014;13:49-53.

[23] Handelman SL, Baric JM, Saunders RH, Espeland MA. Hyposalivatory drug use, whole stimulated salivary flow, and mouth dryness in older, long-term care residents. Spec Care Dentist 1989;9:12-8.

[24] Bardow A, Nyvad B, Nauntofte B. Relationships between medication intake, complaints of dry mouth, salivary flow rate and composition, and the rate of tooth demineralization in situ. Arch Oral Biol 2001;46:413-23.

[25] Johanson CN, Osterberg T, Lernfelt B, Ekstrom J, Birkhed D. Salivary secretion and drug treatment in four 70-year-old Swedish cohorts during a period of 30 years. Gerodontology 2015;32:202-10.

[26] Thomson WM. Dry mouth and older people. Aust Dent J 2015;1:54-63.

[27] Ship JA, DeCarli C, Friedland RP, Baum BJ. Diminished submandibular salivary flow in dementia of the Alzheimer type. J Gerontol 1990;45:M61-6.

[28] Ship JA. Oral health of patients with Alzheimer's disease. J Am Dent Assoc 1992;123:53-8.

[29] Ship JA, Puckett SA. Longitudinal study on oral health in subjects with Alzheimer's disease. J Am Geriatr Soc 1994;42:57-63.

[30] Chu CH, Ng A, Chau AM, Lo EC. Oral health status of elderly chinese with dementia in Hong Kong. Oral Health Prev Dent 2015;13:51-7.

[31] Dormenval V, Mojon P, Budtz-Jorgensen E. Associations between self-assessed masticatory ability, nutritional status, prosthetic status and salivary flow rate in hospitalized elders. Oral Dis 1999;5:32-8.

[32] Samnieng P. Appetite loss and related factors in community-dwelling elderly thai. Int J Clin Prev Dent 2014;10:23-30.

[33] Iwasaki M, Yoshihara A, Ito K, Sato M, Minagawa K, Muramatsu K, et al. Hyposalivation and dietary nutrient intake among community-based older Japanese. Geriatr Gerontol Int 2016;16:500-7.

[34] Mesas AE, Andrade SM, Cabrera MA, Ribeiro de Carvalho Bueno VL. Oral health status and nutritional deficit in noninstitutionalized older adults in Londrina, Brazil. Rev Bras Epidemiol 2010;13:434-45.

[35] Samnieng P, Ueno M, Shinada K, Zaitsu T, Wright FA, Kawaguchi Y. Association of hyposalivation with oral function, nutrition and oral health in community-dwelling elderly Thai. Community Dent Health 2012;29:117-23.

[36] Soini H, Routasalo P, Lauri S, Ainamo A. Oral and nutritional status in frail elderly. Spec Care Dentist 2003;23:209-15.

[37] Poisson P, Laffond T, Campos S, Dupuis V, Bourdel-Marchasson I. Relationships between oral health, dysphagia and undernutrition in hospitalised elderly patients. Gerodontology 2016;33:161-8.

[38] Sulmont-Rossé C, Maître I, Feyen V, Vandenberghe-Descamps M, Labouré H, Feron G, et al. Quels aliments pour maintenir la prise alimentaire chez les personnes âgées et prévenir la dénutrition ? Innov agron 2018;65:99-111.

[39] Geissler CA, Bates JF. The nutritional effects of tooth loss. Am J Clin Nutr 1984;39:478-89.

[40] Tada A, Miura H. Systematic review of the association of mastication with food and nutrient intake in the independent elderly. Arch Gerontol Geriatr 2014;59:497-505.

[41] Sura L, Madhavan A, Carnaby G, Crary MA. Dysphagia in the elderly: management and nutritional considerations. Clin Interv Aging 2012;7:287-98.

[42] Ranawana V, Leow MK, Henry C. Mastication effects on the glycaemic index: impact on variability and practical implications. Eur J Clin Nutr 2014;68:137.

[43] Suzuki H, Fukushima M, Okamoto S, Takahashi O, Shimbo T, Kurose T, et al. Effects of thorough mastication on postprandial plasma glucose concentrations in nonobese Japanese subjects. Metabolism 2005;54:1593-9.

[44] Remond D, Machebeuf M, Yven C, Buffiere C, Mioche L, Mosoni L, et al. Postprandial whole-body protein metabolism after a meat meal is influenced by chewing efficiency in elderly subjects. Am J Clin Nutr 2007;85:1286-92.

[45] Peyron MA, Santé-Lhoutellier V, Dardevet D, Hennequin M, Rémond D, François O, et al. Addressing various challenges related to food bolus and nutrition with the AM2 mastication simulator. Food Hydrocoll 2019;97:105229.

[46] Gao J, Lin S, Jin X, Wang Y, Ying J, Dong Z, et al. In vitro digestion of bread: How is it influenced by the bolus characteristics? J Texture Stud 2019;050:257-68.

[47] Sayd T, Peyron M-A, Viet S, Sante-Lhoutellier V, editors. Impact of mastication on the gastric digestion of frankfurters: case of elderly. 62 International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST); 2016.

[48] Assad Bustillos M, Tournier C, Feron G, Guessasma S, Reguerre A-L, Della Valle G. Fragmentation of two soft cereal products during oral processing in the elderly: Impact of product properties and oral health status. Food Hydrocoll 2019;91:153-65.

[49] Assad-Bustillos M, Tournier C, Palier J, Septier C, Féron G, Della Valle G. Oral processing and comfort perception of soft cereal foods fortified with pulse proteins in the elderly with different oral health status. Food Funct 2020.

[50] Assad-Bustillos M, Tournier C, Septier C, Della Valle G, Feron G. Relationships of oral comfort perception and bolus properties in the elderly with salivary flow rate and oral health status for two soft cereal foods. Food Res Int 2019;118:13-21.

[51] Assad- Bustillos M, Palier J, Rabesona H, Choiset Y, Della Valle G, Feron G. Role of the bolus degree of structure on the protein digestibility during in vitro digestion of a pea protein fortified sponge- cake chewed by elderly. J Texture Stud 2019.

[52] Lorieau L, Septier C, Laguerre A, Le Roux L, Hazart E, Ligneul A, et al. Bolus quality and food comfortability of model cheeses for the elderly as influenced by their texture. Food Res Int 2018;111:31-8.

[53] Septier C, Vandenberghe-Descamps M, Peyron M-A, Hennequin M, Sante-Lhoutellier V, Feron G, et al. Le confort en bouche est amélioré pour les personnes âgées ayant une mauvaise dentition lors de la consommation de produits carnés adaptés. Nutr Clin Metab 2018;32:253.

[54] Lorieau L, Septier C, Laguerre A, Le Roux L, Hazart E, Ligneul A, et al. Bolus quality and food comfortability of model cheeses for the elderly as influenced by their texture. Food Res Int 2018;111:31-8.

[55] Labouré H, Septier C, Vandenberghe-Descamps M, Peyron M-A, Hennequin M, Santé-Loutellier V, et al. Does oral health people imparirments modify bolus formation, bolus characteristics and food comfortability of meat products? 5 international conference on Food oral processing; Nottingham2018. p. 1 p.

[56] Lorieau L, Halabi A, Ligneul A, Hazart E, Dupont D, Floury J. Impact of the dairy product structure and protein nature on the proteolysis and amino acid bioaccessiblity during in vitro digestion. Food Hydrocoll 2018;82:399-411.

[57] Lorieau L, Le Gouar Y, Henry G, Mao T, Ligneul A, Hazart E, et al. Whey-based cheese provides more postprandial plasma leucine than casein-based cheese: A pig study. Food Chem 2019;277:63-9.

[58] Hutchings JB, Lillford PJ. The perception of food texture - The philosophy of the breakdown path. J Texture Stud 1988;19:103-15.

Légendes des figures :

Figure 1 : Modèle de dégradation de l'aliment en bouche tel que proposé par Hutchings & Lillford , 1988. Avant que l'aliment puisse être dégluti, son degré de structure doit avoir été réduit en deçà des plans A B C D, et son niveau de lubrification doit avoir croisé les plans E F G H. D'après Hutchings and Lillford (1998) [58]

Figure 2 : Présentation des différentes tâches du projet AlimaSSenS.

Figure 3: Approche scientifique mise en œuvre dans le cadre du projet AlimaSSenS.

Figure 4 : Évaluation du confort en bouche et de l'appréciation de deux matrices carnées à base de bœuf ou de poulet chez le sujet âgé en fonction de son état bucco-dentaire. Il est montré que la texturation de la matrice a permis de conserver une valeur de confort et d'appréciation au moins équivalent quel que soit l'état bucco-dentaire. Pour la matrice à base de bœuf, elle a même été préférée par les sujets avec une santé orale dégradée. Seuils de significativité : $p<0,1$: §, $<0,05$: *. D'après Septier *et al*, 2018 [53].

Figure 5 : Concentration de la leucine dans le plasma mesurée sur une période de digestion de 405 min suivant l'ingestion de fromage à base de lactosérum et de mozzarella chez un modèle porcin. Le fromage à base de protéines sériques a montré une concentration circulante supérieure de l'acide aminé, en particulier entre 120 et 330 min après l'ingestion de repas par rapport au fromage à base de caséines. Seuils de significativité : $p<0,01$: **, $<0,001$: ***. D'après Lorieau et al, 2018, 2019. [56, 57]

Tableau 1: Quelques recommandations pour le développement de produits et de pratiques culinaires adaptées à la population âgé, adapté d'après Schwartz et al. (2018) [4].

Objectif	**Recommandation**
Stimuler et maintenir l'activité masticatoire	Concevoir des aliments usuels à texture douce faciles à mastiquer et à avaler
	Éviter les aliments en purée pour maintenir l'activité masticatoire chez les personnes sans dysphagie
	Contrôler la dégradation de l'aliment, son hydratation et sa cohésion par la salive grâce à des recommandations : - de cuisson (basse température par exemple) - de formulation (niveau de matière grasse par exemple)
	Proposer des aliments moins formulés et moins transformés, plus naturels en termes de goût mais conformes aux recommandations nutritionnelles
Augmenter et maintenir le Plaisir sensoriel	Développer un approvisionnement alimentaire varié, correctement assaisonné et limiter le goût sucré dans le cas de mélanges de légumes.
	Développer des aliments en purée attrayants qui permettent de maintenir l'organisation habituelle des repas
	Formuler des aliments en tenant compte des attentes et besoins des consommateurs en lien avec leur sensibilité aux arômes et saveurs
Promouvoir l'autonomie alimentaire	Veiller à ce que les contenants soient faciles à ouvrir et à manipuler par les personnes âgées
	Concevoir des kits de recettes simples faits de plats traditionnels à destination des personnes âgées ayant de faibles connaissances culinaires
	Développer des portions adaptées aux capacités d'ingestion tout en garantissant le respect des recommandations nutritionnelles
	Développer des outils faciles à utiliser pour favoriser la pratique culinaire à domicile

Tableau 2 : note moyenne de confort et de facilité à manger obtenues pour les différentes matrices alimentaires développées dans le cadre du projet AlimaSSens. Les produits sont évalués sur une échelle de 1 à 5 (IC : intervalle de confiance). n correspond aux nombres de sujets ayant évalué les produits.

Produits	**Note de confort en bouche/5±IC**	**Facile à manger**
Produits céréaliers (n=60)		
Brioche standard	4,2±0,47	4,5±0,46
Brioche enrichie	3,5±0,65	3,85±0,67
Génoise standard	4±0,56	4,55±0,36
Génoise enrichies	4,2±0,6	4,35±0,58
Produits carnés (n=84)		
Matrice de poulet	3,87±0,84	4,22±0,66
Matrice de bœuf	3,45±1,02	4,02±0,82
Produits laitiers (n=72)		
Fromage fondant	3,1±0,64	4,5±0,62
Fromage mousseux	2±0,85	3,4±0,91
Fromage mou	3,1±0,67	4,5±0,54
Fromage dur	2,4±0,81	3,8±0,76

Figure 1

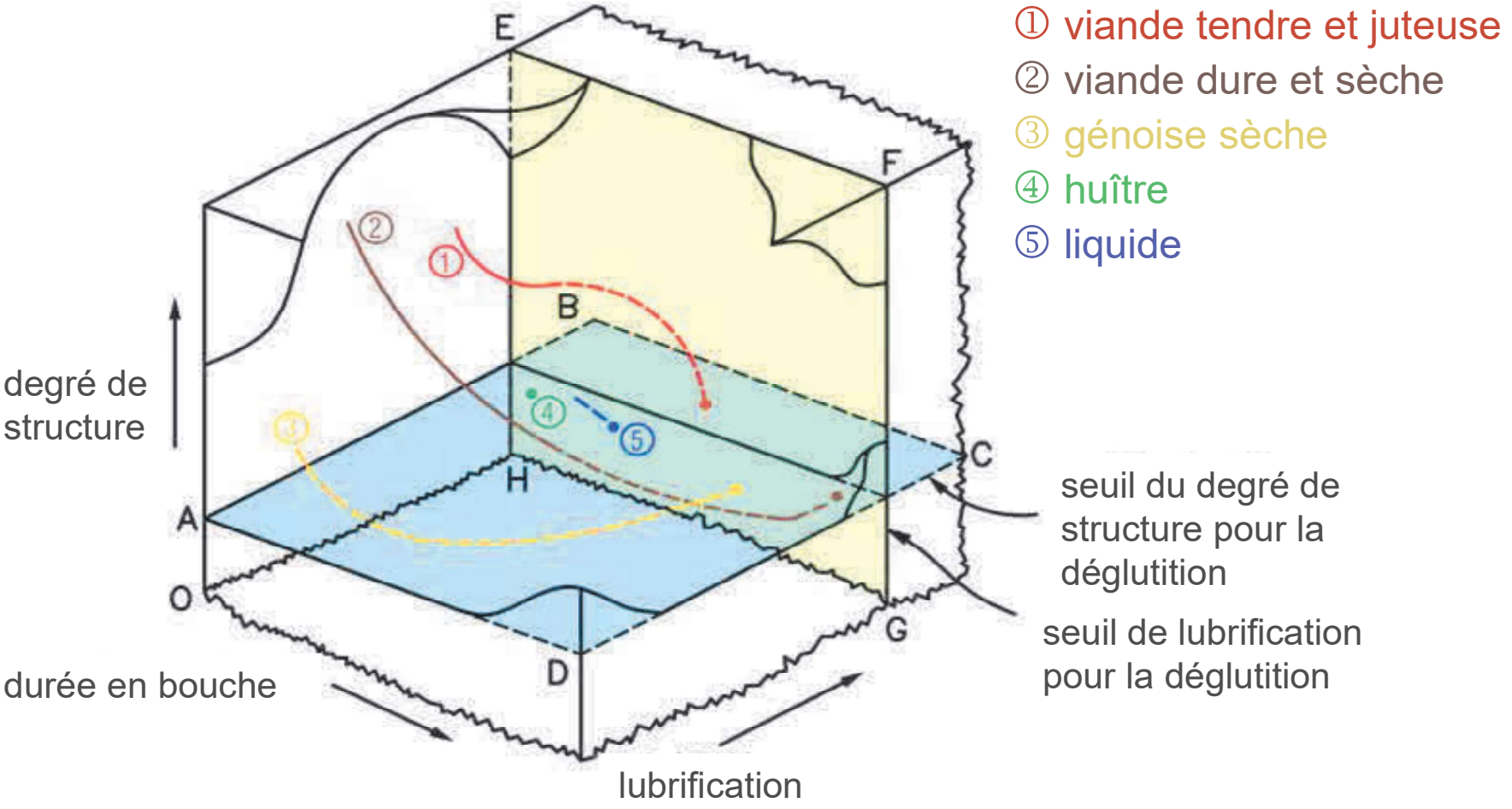

E
F
B
C
H
A
O
G
D
①
②
③
④
⑤
degré de structure
durée en bouche
lubrification
① viande tendre et juteuse
② viande dure et sèche
③ génoise sèche
④ huître
⑤ liquide
seuil du degré de structure pour la déglutition
seuil de lubrification pour la déglutition

Figure 2

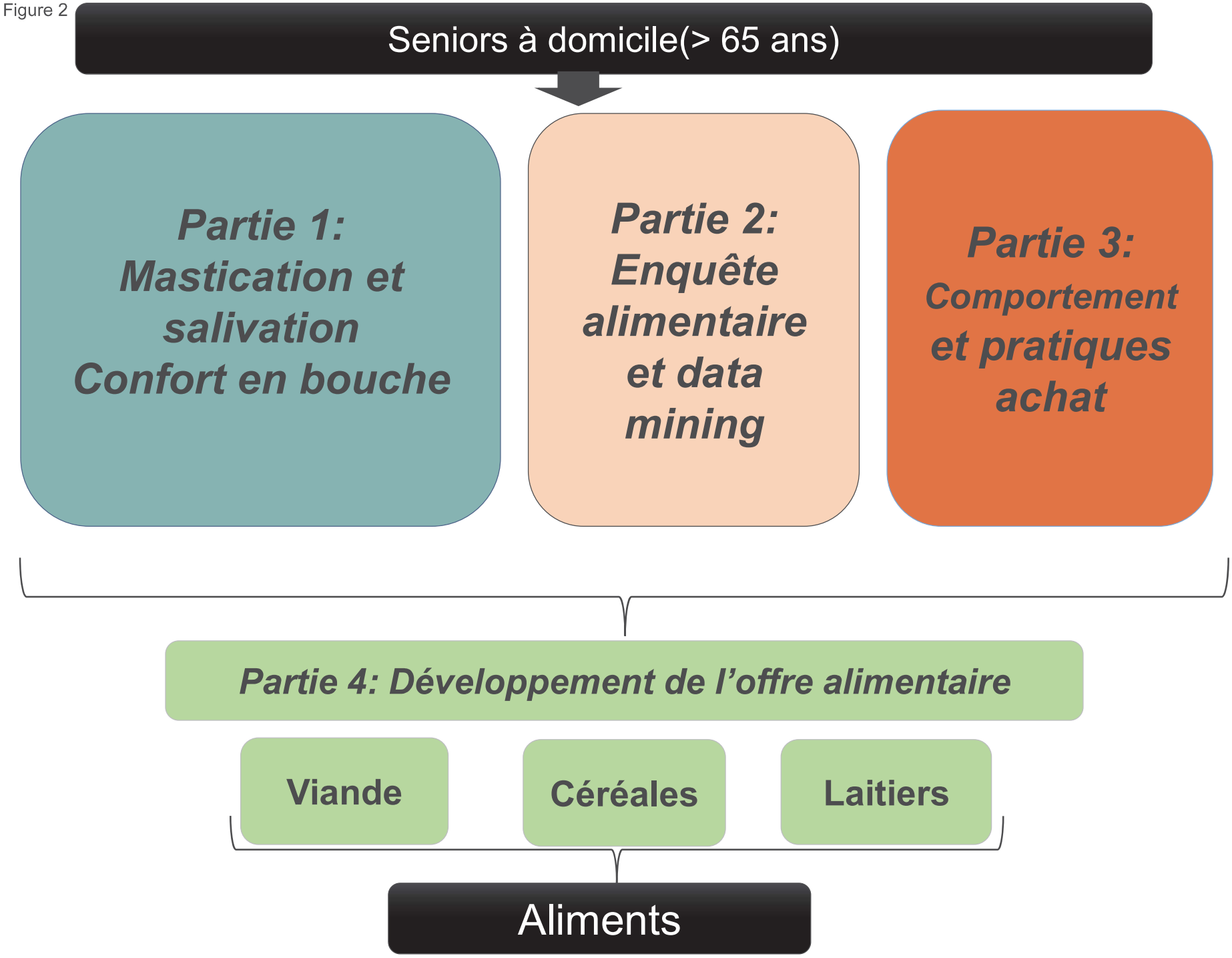

Seniors à domicile(> 65 ans)
Partie 1: Mastication et salivation Confort en bouche
Partie 2: Enquête alimentaire et data mining
Partie 3: Comportement et pratiques achat
Partie 4: Développement de l'offre alimentaire
Viande
Céréales
Laitiers
Aliments

Figure 3

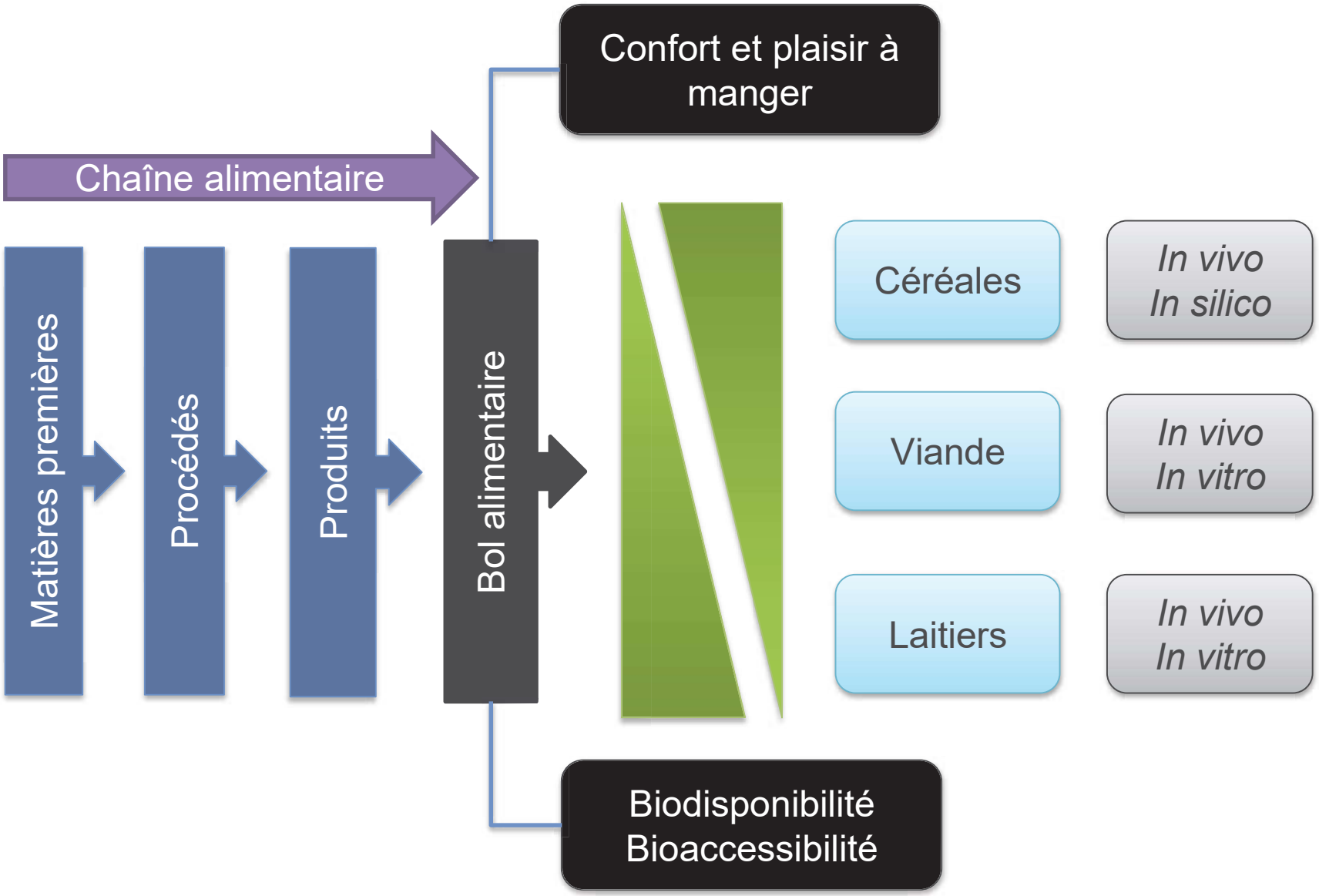

Confort et plaisir à manger
Chaîne alimentaire
Matières premières
Procédés
Produits
Bol alimentaire
Céréales
Viande
Laitiers
In vivo
In silico
In vivo
In vitro
In vivo
In vitro
Biodisponibilité
Bioaccessibilité

Figure 4

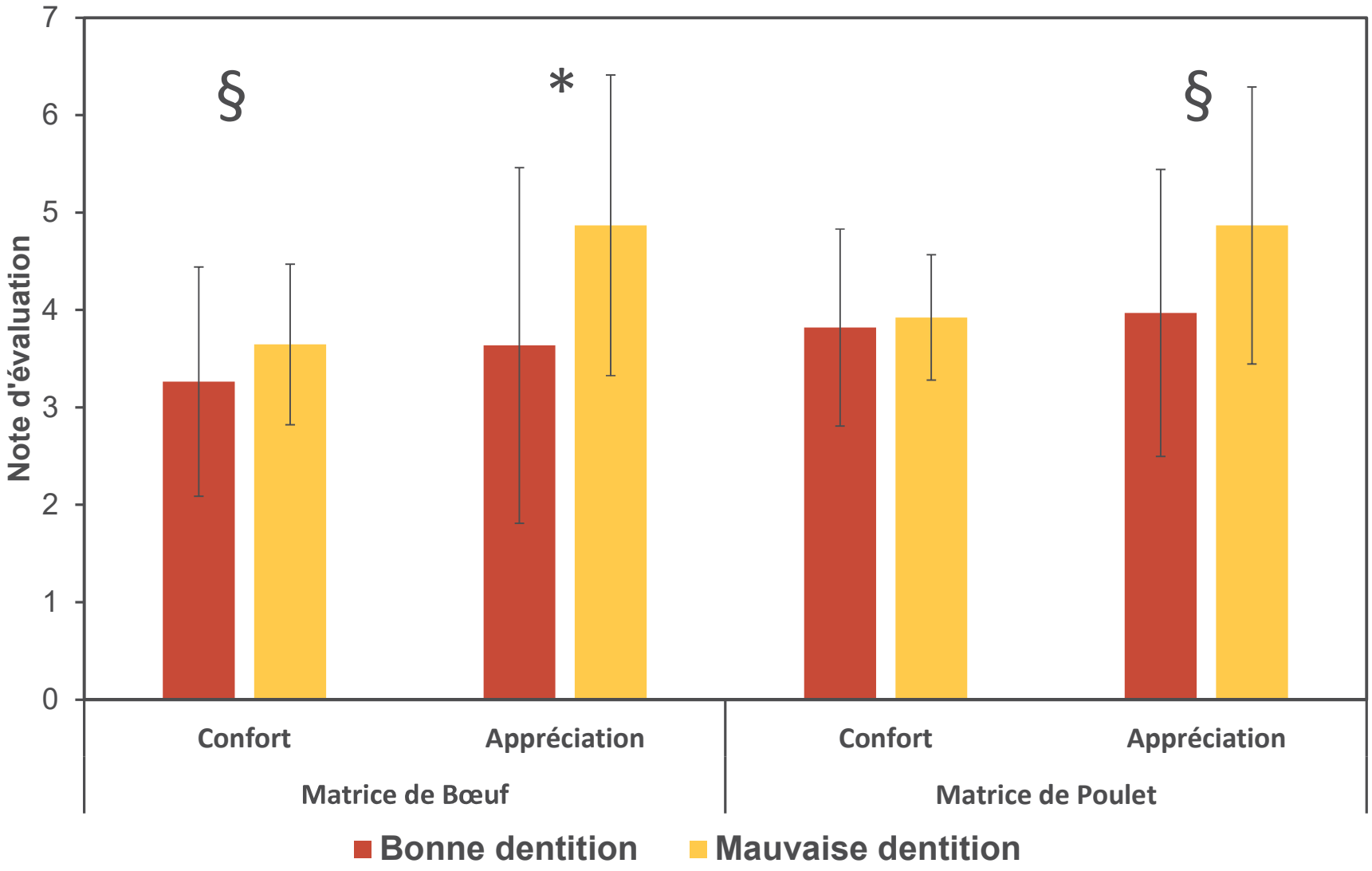
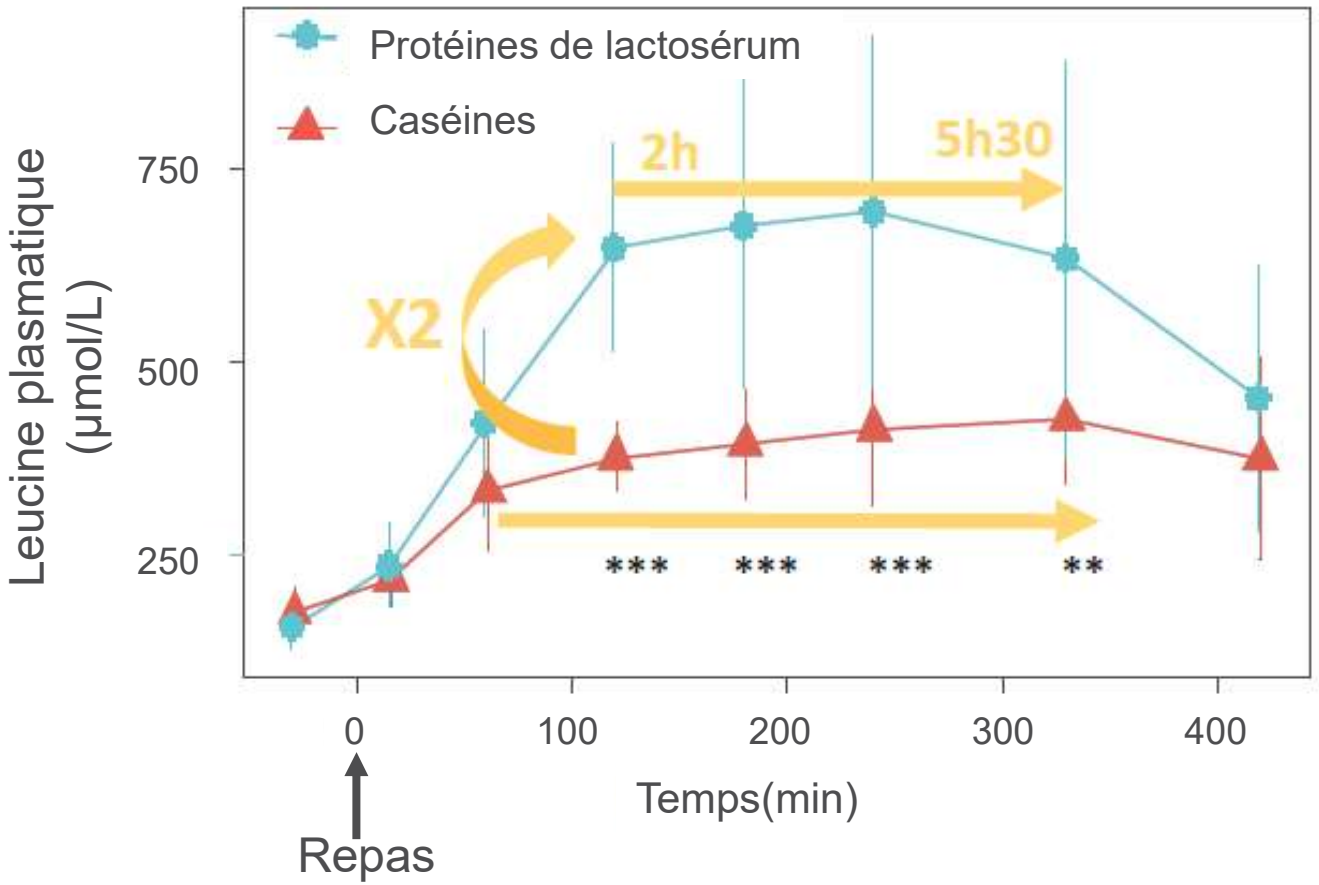

Note d'évaluation
7
6
5
4
3
2
1
0
§
*
§
Confort
Appréciation
Confort
Appréciation
Matrice de Bœuf
Matrice de Poulet
Bonne dentition
Mauvaise dentition

Figure 5


Protéines de lactosérum
Caséines
2h
5h30
X2
***
***
***
**
Leucine plasmatique (µmol/L)
750
500
250
0
100
200
300
400
Temps(min)
Repas