HAL open science

Conception raisonnée de biscuit à bénéfice satiété

Cindy Villemejane, I. Suciu, A. Lesdema, Julien Delarue, A. Ndiaye, A. Marsset-Baglieri, P. Aymard, M.C Marcuz, S. Vinoy, Camille Michon

To cite this version:

Cindy Villemejane, I. Suciu, A. Lesdema, Julien Delarue, A. Ndiaye, et al.. Conception raisonnée de biscuit à bénéfice satiété. Colloque Innovation Agronomique, Mar 2012, Paris, France. pp.117-126, 10.17180/r7jm-bp24 . hal-01567041

HAL Id: hal-01567041

https://agroparistech.hal.science/hal-01567041v1

Submitted on 29 May 2020

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

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

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

Innovations Agronomiques 19 (2012), 75-93

Conception raisonnée de biscuit à bénéfice satiété

Villemejane C.[1], Suciu I.[2], Lesdema A.[3], Delarue J.[1], Ndiaye A.[2], Marsset-Baglieri A.[3], Aymard P.[4], Marcuz M.C.[4], Vinoy S.[4], Michon C.[1]

[1] : UMR 1145 Ingénierie Procédés Aliments « GENIAL », AgroParisTech–INRA-Cnam,

[2] : UMR 927 I2M, Université Bordeaux 1 – CNRS – INRA

[3] : UMR 914 Physiologie de la Nutrition et du Comportement Alimentaire, INRA-AgroParisTech

[4] : Kraft Foods

Avec la participation de A. Arlotti (Kraft Foods), S. Berland (UMR1145), E. Gilbert (Kraft), B. Leblanc (ENSC Bordeaux), Ph. Roussel (Polytech'Paris UPMC), C. Fernandez(I2M)

Correspondance : camille.michon@agroparistech.fr

Résumé

La satiété, ou sensation prolongée de non faim, est influencée par des facteurs physiologiques (modulés en jouant notamment sur la composition du produit, son procédé d'obtention et son évolution au cours de la digestion) et des facteurs psychologiques (plaisir, appréciation, etc.). Dans ce contexte, il a été proposé de développer une approche multidisciplinaire et intégrative afin de déterminer, à l'aide de protocoles séparés mais complémentaires et menés sur un même prototype alimentaire, l'impact des facteurs physiologiques et psychologiques sur les sensations de faim et la prise alimentaire. Pour répondre à cet objectif, le projet combine les expertises de plusieurs équipes académiques (développement technologique de biscuits, caractérisation physico-chimique, évaluation sensorielle, évaluation de la satiété et assemblage des connaissances) avec celle d'un partenaire industriel, spécialisé dans la production de biscuits et produits céréaliers. Des biscuits secs ayant un profil nutritionnel amélioré et enrichis en protéines et en fibres, ingrédients connus pour leur caractère satiétogène, ont été réalisés. Le développement de tels prototypes a nécessité une mise au point en jouant sur la composition du produit et sur le procédé de fabrication afin d'optimiser les propriétés organoleptiques des biscuits. L'étude intégrative des facteurs physico-chimique, nutritionnel, sensoriel, hédonique, psychologique et physiologique doit apporter de l'information permettant de proposer des recommandations pour un nouvel itinéraire et une logique de conception raisonnée d'aliments à vocation satiété. Un livre de connaissance, en cours de construction, va intégrer les différents facteurs de la satiété mais également le détail des implications technologiques de l'amélioration du profil nutritionnel et de l'enrichissement en fibres et/ou en protéines du biscuit. Une représentation des connaissances adaptée au transfert des résultats de la recherche vers des industriels a été définie.

Mots clés : biscuit, satiété, nutrition, appréciation hédonique, technologie, approche intégrée, recueil de connaissances, ingénierie de connaissances, transfert de connaissances

Abstract: Tailored biscuit with optimized satiety benefit

Satiety, or delayed return of the hunger sensation, is influenced by physiological factors (modulated by the formulation/process of the food product and to its change during digestion) and by psychological factors (pleasure, degree of liking, etc…). In this context, it was proposed to develop a multidisciplinary and integrative approach in order to determine, in separate but connected protocols, the links between hunger feeling and both physiological and psychological factors on the same prototypes food. To fulfil this objective, the project combines the specific expertise of several academic teams (technological development of biscuits, physico-chemical characterization, sensory, satiety evaluation and knowledge

assembly) with that of one industrial partner, specialised in the manufacturing of biscuit and bakery products. Plain biscuits with an improved nutritional profile and enriched in protein and fibres - which have been shown to be satiating - will be carried out. The development of such prototypes will require a technological (product / process) investigation and to optimize the sensory properties of the biscuits. The study through an integrated approach of physico chemical, nutritional, sensory, hedonic, psychological and physiological factors that may influence satiety will provide information to propose recommendations for the itinerary and the logic of satiating tailored food design. A knowledge book will gather multi component mechanisms of satiety but also technological implications of improving nutritional profile and incorporating protein and fibres in biscuits. A representation of knowledge well adapted to the transfer of results of scientific research to industries has been defined.

Keywords: biscuit, satiety, nutrition, hedonic, technology, integrated approach, knowledge acquisition, knowledge engineering, knowledge transfer.

1. Des enjeux nutritionnels actuels à la démarche de conception raisonnée

Il existe aujourd'hui un consensus sur l'importance d'un style de vie sain et d'une alimentation équilibrée pour maintenir le poids corporel. Les personnes sont, par exemple, encouragées par les autorités sanitaires à exercer une plus grande activité physique et ainsi à dépenser plus d'énergie. Des actions tant sur le plan de l'information grand public que de l'enseignement dans les écoles, collèges et lycées ont été entreprises afin d'améliorer les connaissances en nutrition de la population. Un 1er programme national en nutrition et santé (PNNS) a principalement concentré ses efforts sur ces deux axes entre 2001 et 2005 (PNNS 1). Un 2ème programme (2006-2010) s'est penché sur la question de la qualité nutritionnelle de l'offre alimentaire, notamment en demandant aux industries alimentaires une implication forte pour faire progresser l'offre nutritionnelle (PNNS 2).

Au-delà de la qualité nutritionnelle des produits, le contrôle et la régulation de l'appétit sont des enjeux émergents, afin de limiter la quantité de calories ingérées. Deux mécanismes principaux sont proposés comme régulateurs de la prise alimentaire : le rassasiement (qui déclenche l'arrêt de la prise alimentaire) et la satiété (qui détermine le temps écoulé entre deux prises alimentaires). Deux types de paramètres permettent d'étudier la satiété : ceux qui se rapportent au comportement alimentaire (perception sensorielle, motivation à manger, temps écoulé avant le retour de la faim, ration consommée pendant le repas suivant) et ceux qui se rapportent à la réponse physiologique (hormones, comportement gastrique et intestinal du produit lors de la digestion, imagerie cérébrale ...). L'étude de ces différents paramètres montre que la satiété est un processus complexe influencé par de nombreux facteurs : composition nutritionnelle et caractéristiques physico-chimiques des aliments, mais aussi des facteurs individuels du consommateur (âge, sexe, état physiologique, ...), ses habitudes de consommation (temps de repas, culture, usages familiaux, ...) et les paramètres environnementaux comme la taille des portions, le contexte de consommation ...

De nombreuses études ont été réalisées au cours des dernières décennies sur l'effet rassasiant des protéines ou des fibres : par exemple, Poppitt et al (1998), Westerterp-Plantenga et al (1999), Warwick et al (2000) et Bertenshaw et al (2008) ont montré que les protéines sont plus efficaces que les glucides et les lipides pour induire la satiété. Les études épidémiologiques ont également montré que des apports protéiques importants sont corrélés avec des apports énergétiques globaux réduits (Marmonier et al 2000 ; de Castro 2000). Les signaux associés à la satiété protéino-induite proviennent de mécanismes viscéraux et métaboliques et impliquent à la fois des informations indirectes (principalement relayées par le nerf vague) et directes (concentrations plasmatiques de nutriments et d'hormones) enregistrées par le système nerveux central. Cependant, l'effet des protéines sur la satiété (par rapport à d'autres macronutriments) n'est pas toujours démontré et les mécanismes sous-jacents

ne sont pas bien compris. La quantité et la nature des fibres alimentaires semblent également jouer un rôle favorable au rassasiement et à la satiété, principalement en raison de deux mécanismes : 1) augmentation du temps de mastication et de la distension gastrique, notamment pour les fibres insolubles, 2) augmentation des temps de vidange gastrique et intestinale, ce qui retarderait l'absorption des nutriments, principalement pour des fibres solubles visqueuses (Delargy et al, 1997 ; Holt et al, 2001 ; Wood, 2007). Parmi les différentes fibres, les fibres solubles visqueuses ont montré des effets bénéfiques sur les sensations relatives à l'appétit (Turnbull et al, 1995 ; Kovacs et al, 2001). Les résultats publiés sur les fibres ne sont néanmoins pas toujours cohérents, en particulier en ce qui concerne la définition d'une dose active (Keogh et al, 2006 ; Kim et al, 2006 ; Mattes et al, 2007). Étant donné que ces études ont été effectuées sur des produits différents, Wood (2007) suggère que la prise en compte de la nature et la concentration de fibres ne suffit pas : d'autres paramètres tels que l'impact de la transformation des aliments sur les caractéristiques de la fibre (poids moléculaire, solubilité), le niveau de viscosité obtenu *in vivo* et les facteurs psychologiques (goût, appréciation, ...) doivent également être pris en compte. Étonnamment, la combinaison de fibres et de protéines n'a été que peu étudiée (Mattes, 2007 ; Lee et al, 2006). Il est donc intéressant de déterminer si cette combinaison pourrait avoir un effet synergique sur la satiété.

Une optimisation de l'effet satiétogène physiologique est nécessaire, mais certainement pas suffisante pour la création d'un produit au succès garanti. L'un des verrous est l'acceptabilité, liée à la perception sensorielle du produit et le plaisir qui en résulte. Cette partie soulève une question fondamentale, à savoir le lien entre le plaisir, le rassasiement et la satiété. Les fabricants d'aliments testent régulièrement leurs produits auprès des consommateurs afin de mesurer leur appréciation qui peut être considérée comme une expression du plaisir ressenti lors de la dégustation. Toutefois, la validité de ces mesures a été sérieusement remise en question depuis quelques années (Köster, 2003). En particulier, les tests hédoniques ont montré une capacité réduite à prédire le comportement réel des consommateurs vis à vis d'un nouveau produit. Les méthodes utilisées pour mettre en œuvre les tests hédoniques sont probablement limitées quant à la mesure du plaisir lors de la consommation et du confort post-prandial. Or, la capacité à les évaluer de façon réaliste est un enjeu important si l'on souhaite pouvoir interpréter les résultats de ce type d'étude. Par ailleurs, les études sur la satiété menées par les nutritionnistes jusqu'à aujourd'hui sont effectuées sur des produits présentant une iso-palatibilité. Or, bien que de nombreux ouvrages traitent du lien entre appréciation, rassasiement et satiété, ce dernier n'est pas encore bien établi (de Graaf et al, 1999 ; Mela, 2006). Il est donc tout à fait pertinent de combiner les approches sensorielles et nutritionnelles.

Concevoir un nouvel aliment à vocation satiété dans un tel contexte signifie donc utiliser une approche transversale en combinant les expertises de plusieurs disciplines de recherche avec des cultures et des approches spécifiques, pour converger vers le même objectif : une meilleure compréhension des facteurs influençant la satiété et la capitalisation des résultats obtenus et des nouvelles connaissances afin de faciliter la conception d'aliments à vocation satiété. Intégrer les résultats de la recherche scientifique dans le domaine étudié et faciliter leur transfert vers des industriels, nécessite de passer par les sciences de la cognitique. La création de connaissances au cours du développement de nouveaux produits (Hoegl et Schulze, 2005) repose sur celles déjà existantes dans la littérature. La collecte de connaissances lors d'un projet permet d''identifier des concepts pertinents du domaine, de repérer le champ des connaissances et d'identifier leur structure ainsi que les relations qui lient les concepts pertinents du domaine. L'ensemble de ce travail doit aboutir au positionnement de l'ensemble des connaissances recueillies dans une même représentation. La démarche d'assemblage des connaissances est également l'un des outils de base du transfert des résultats de la recherche qui se fait via un outil informatique (Joshi et al, 2007), un livre électronique des connaissances. Les utilisateurs potentiels du livre électronique, les scientifiques et les industriels, sont pris en compte (vocabulaire dédié, concepts et savoir faire du domaine…) dans la conception et la mise en œuvre du système à

l'aide de la méthodologie de CAT (collecte, assemblage et transfert de connaissances) mise au point pour le transfert de connaissances entre les communautés d'individus (Raboutet et al, 2005).

2. Les objectifs du programme et la stratégie mise en place

Ainsi, le projet BISENS (BISscuit Enrichi et Satiété), financé par l'ANR dans le cadre de l'appel à projet ALIA 2008, a développé une approche multidisciplinaire et intégrée en vue de déterminer, dans des protocoles distincts mais reliés, les liens entre la satiété et les facteurs à la fois physiologiques et psychologiques à partir des mêmes prototypes de biscuit. Pour atteindre cet objectif, le projet combine l'expertise spécifique de plusieurs équipes universitaires avec celui d'un partenaire industriel, spécialisé dans la fabrication de biscuits et de produits de boulangerie. Le choix de biscuits nutritionnels comme produits support de l'étude était justifié par le fait qu'il s'agit de produits de bonne densité nutritionnelle mais riches en énergie, pour lesquels il est légitime de chercher à améliorer l'effet satiétogène. Les résultats du projet doivent améliorer la compréhension de la satiété et fournir une méthodologie nouvelle et efficace pour concevoir des produits alimentaires sur mesure, en particulier des produits satiétogènes, avec un temps réduit de mise sur le marché tout en assurant un taux de succès plus important, ce qui devrait conduire à une amélioration de la compétitivité de l'industrie alimentaire. L'ensemble de ces données doit enrichir le corpus de connaissances nutritionnelles à la disposition des industries voulant développer des produits à bénéfice satiété et pourra éclairer les politiques nutritionnelles publiques, en particulier la réglementation des allégations concernant la satiété et leur contrôle.

Le projet BISENS a été organisé en 4 tâches (Figure 1) :

- Formulation et caractérisation des biscuits
- Etude du lien perception sensorielle – plaisir - rassasiement
- Etude de la satiété chez l'homme
- Collecte et assemblage de connaissances. Production d'un livre des connaissances

Les contraintes de bon profil nutritionnel (faible teneur en sucre et matières grasses) et de fort enrichissement en protéines et/ou fibres a conduit les acteurs de la tâche 1 à développer des outils d'aide à la formulation afin de limiter le nombre d'essais pour la sélection des ingrédients fonctionnels et la mise au point des recettes. L'un de ces outils d'aide à la formulation est décrit dans la partie 3 de cet article. Le projet n'étant pas encore tout à fait terminé, l'exploitation et la mise en forme des différents outils pour aboutir à un modèle quantitatif d'aide à la décision ne le sont pas non plus. Un travail de hiérarchisation des facteurs est prévu dans le courant de l'année 2012. Les résultats des digestions *in vitro* font l'objet d'un article en cours de rédaction.

La formulation a été réalisée en interaction forte avec la tâche 2 qui a largement contribué à la sélection des recettes. Cette tâche a également permis la mise au point des conditions de réalisation de tests hédoniques réalisés sur une centaine de consommatrices. Les résultats du test consommateurs sont en cours d'exploitation pour permettre ensuite leur introduction dans le livre de connaissances. Les premières analyses montrent la richesse de ces tests. Quelques-uns d'entre eux sont décrits dans la partie 4 de cet article.

L'étude de la satiété chez l'homme s'est déroulée pendant tout le projet. Les deux premières années ont permis de préparer les tests réalisés en 3ème année sur les 4 prototypes sélectionnés finalement : un biscuit témoin (appelé « contrôle »), un biscuit enrichi en protéines, un biscuit enrichi en fibres et un biscuit enrichi en protéines et en fibres. La première année a permis de caractériser un échantillon représentatif de la population française présentant un IMC moyen en terme de comportement alimentaire. La deuxième année du projet a été consacrée à l'évaluation de l'effet d'un message délivré sur la perception des produits en terme de satiété. Les résultats spécifiques des deux premières années sont décrits dans la partie 5 de cet article.

L'ensemble des données, résultats et connaissances, issus des tâches 1 à 3, est recueilli par les acteurs de la tâche 4 tout au long du projet. Un outil de recueil informatisé de fiches de connaissances a été développé pour l'occasion. Il a été implémenté en accompagnement du déroulement des travaux et des besoins en formalisation du projet. La démarche de construction du livre de connaissance a conduit les acteurs du projet à beaucoup échanger et à se doter d'un glossaire commun. Pour construire le livre de connaissance, qui devra notamment favoriser une démarche d'ingénierie inverse, il fallait se doter d'une méthodologie. Elle est décrite dans la partie 6 de cet article.

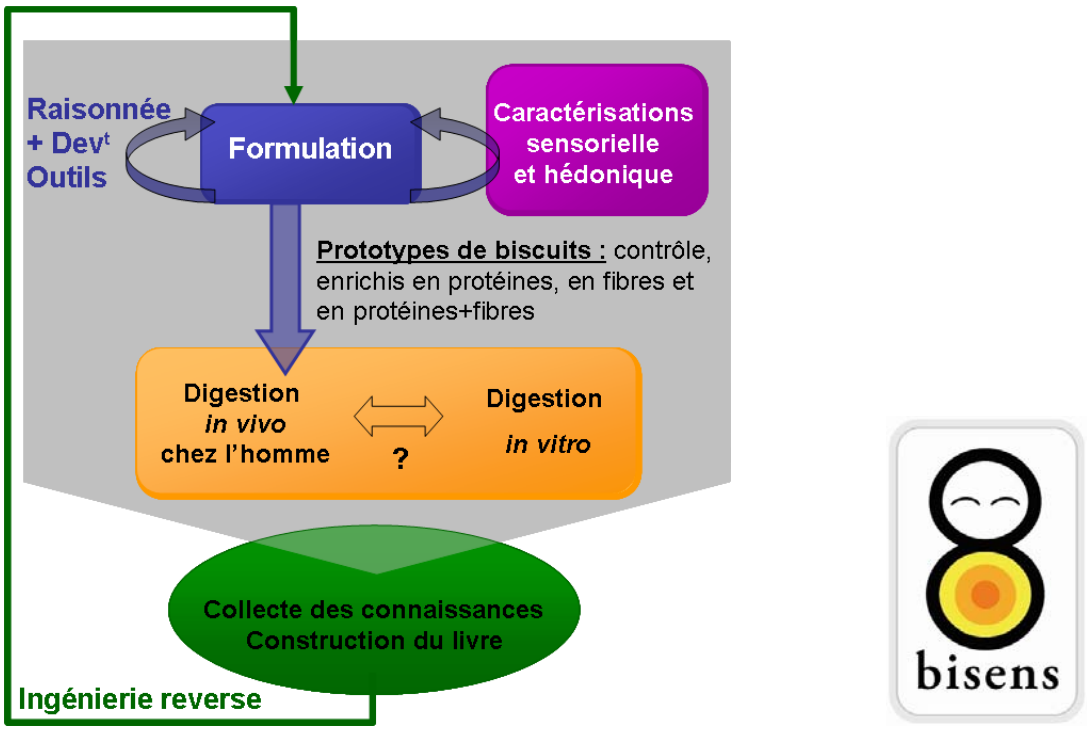
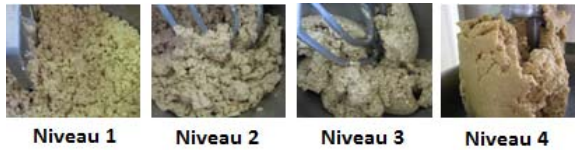
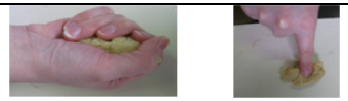


Figure 1 : Organisation du projet Bisens et lien entre les différentes tâches. Logo du projet.

3. Formulation raisonnée des biscuits

Les biscuits secs ont été choisis comme produit support de l'étude, car ils sont riches en énergie, leur formulation peut être modifiée dans une large mesure et ils sont stables pendant des mois. En cohérence avec le 2ème PNNS, ces biscuits devaient présenter un profil nutritionnel optimisé c'est à dire moins de 15% en matières grasses et moins de 15% en sucres. Cette première contrainte de composition apportait déjà à elle seule une difficulté réelle au plan technologique. Pour compléter le bon profil nutritionnel, des matières grasses insaturées (< 5% AG Saturés) ont été utilisées et au moins 50% de céréales dans le biscuit référence. L'ajout de protéines et de fibres en quantité importante compliquait encore la démarche de formulation.

Tableau 1 : Outil sensoriel d'aide à la formulation : échelle de notation illustrée. En rouge sont représentés les niveaux pour une pâte non façonnable (rendement < 30%), en orange les niveaux pour une pâte façonnable mais avec un rendement moyen (30% < rendement < 60%) et en vert les niveaux pour une pâte ayant une bonne aptitude au moulage (rendement > 60%).

Descripteur	Echelle de notation (niveaux)	Illustrations
Adhérence (4 niveaux)	1. Pâte qui n'adhère ni à la feuille ni aux parois de la cuve 2. Pâte qui adhère momentanément à la feuille (la pâte se coince entre les palles de la feuille et se décoince alternativement) mais qui n'adhère pas aux parois de la cuve 3. Pâte qui adhère à la feuille en formant une masse continue mais qui n'adhère pas aux parois de la cuve 4. Pâte qui adhère à la feuille et aux parois de la cuve	
Aspect de la pâte (4 niveaux)	1. Mélange qui a l'aspect de sable un peu mouillé mais dont la taille des boulettes ne dépasse pas le cm (manque de cohésion) 2. Mélange qui a l'aspect d'un crumble avec une cinétique de formation/disparition de boulette équilibrée. La taille des boulettes varie de 2 à 6cm 3. Formation de boulettes de taille importante qui ont du mal à se désolidariser. La taille des boulettes peut atteindre 10cm voire plus 4. Aucune formation/disparition de boulettes car début de formation d'une structure continue (pâte plus lisse ayant l'aspect d'une pâte à pain) qui se fixe à la feuille	
Consistance	La consistance peut être jugée en valeur supérieure ou inférieure par rapport à une référence témoin qui est une formule standard ou contrôle	
Cohésion (# friabilité) (4 niveaux)	1. Manque de cohésion : impossible de former une boulette qui se tienne 2. Formation d'une boulette de pâte qui présente des fissures en surface et se désolidarise très facilement 3. Formation d'une boulette de pâte assez homogène et qui reste assez facilement effritable 4. Formation d'une boulette de pâte lisse et homogène (semblable à une pâte à pain). La pâte présente un petit caractère extensible et est difficilement désolidarisable	
Caractère collant (3 niveaux)	0. Pâte non collante 1. Pâte légèrement collante 2. Pâte très collante	
Lipidité (3 niveaux)	0. Pâte n'exsudant pas le gras : pas de film gras brillant recouvrant la pâte ou les mains 1. Pâte exsudant légèrement le gras : pas de film gras brillant recouvrant la pâte mais aspect légèrement gras des mains 2. Pâte exsudant le gras : présence d'un film gras brillant recouvrant la pâte et aspect "huileux" des mains	

Les propriétés structurales et/ou texturales des pâtes biscuitières liées à leur niveau d'hydratation, conditionnent leur aptitude à être façonnées par moulage. L'aptitude au moulage peut être évaluée assez simplement en prenant comme critère le rendement c'est-à-dire le nombre de biscuits entiers obtenus divisé par le nombre théorique si toute la pâte est transformée en biscuit. Dans la phase de formulation, un rendement de 60% a été choisi comme limite en dessous de laquelle les pertes deviennent vraiment trop importantes.

L'enrichissement en protéines et ou en fibres, sans augmentation de sucre et de matière grasse, nécessite d'ajuster l'hydratation de ces pâtes pour les rendre façonnables. Dans les travaux antérieurs, le processus d'ajustement de l'hydratation de la pâte biscuitière est apprécié manuellement par l'opérateur, mais il n'est pas décrit de façon précise et détaillée (Burt et Thacker, 1981). A ce titre, un outil d'aide à la formulation, basé sur l'évaluation des caractéristiques sensorielles de texture des pâtes moulées, a été développé. L'outil est constitué d'une liste de descripteurs sensoriels évalués durant et après le pétrissage. Pour chaque descripteur, il existe une définition, une méthode d'évaluation et une échelle de notation (Tableau 1) constituée de plusieurs niveaux qui constituent des références. Chaque niveau de descripteur sensoriel est associé à un niveau de machinabilité de la pâte. Pour être plus précis, certains niveaux doivent être éliminés (en rouge) car la pâte n'est pas façonnable (rendement < 30%), d'autres niveaux sont à éviter (en orange) car la pâte est façonnable avec un rendement moyen (30% < rendement < 60%). Les niveaux représentés en vert constituent les valeurs cibles à atteindre, avec une pâte ayant une bonne aptitude au moulage (rendement > 60%). Cet outil permet non seulement d'ajuster l'hydratation de la pâte en respectant la (les) valeur(s) cible(s) à atteindre (niveaux représentés en vert) pour chacun des descripteurs, mais aussi de discriminer les pâtes biscuitières selon leur aptitude à être façonnée. La Figure 2 résume les caractéristiques sensorielles optimales pour un bon façonnage.

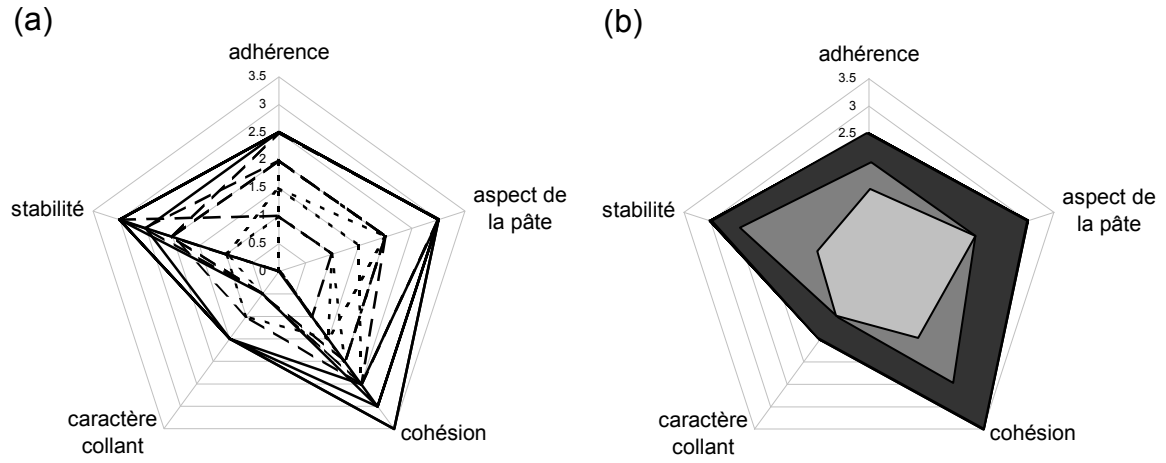


Figure 2 : Représentation graphique des profils sensoriels (différentes notes obtenues pour chaque descripteur) sur un diagramme araignée. Pour chaque pâte, le profil sensoriel est liée à la machinabilité estimée par le calcul du rendement (a) : ..... pour un rendement mauvais (<30%), ---- pour un rendement intermédiaire (30<x<60%) et ▬ ▬ pour un bon rendement (>60%). Ces résultats peuvent être résumés par zones (b): □ pour un mauvais rendement, ■ pour un rendement intermédiaire, et ■ pour un bon rendement.

Afin de vérifier l'efficacité de cet outil sensoriel, après la détermination de la teneur en eau à l'aide des descripteurs sensoriels décrits dans le Tableau 1 pour une pâte contrôle et pour une pâte enrichie en fibres, ces deux types de pâtes ont été formulées avec différentes teneurs en eau et ont été passées sur mouleuse rotative afin d'évaluer le rendement obtenu. Les carrés noirs dans la Figure 3 a et b indiquent les rendements obtenus pour les deux pâtes : (a) pâte contrôle sur mouleuse de laboratoire, (b) pâte enrichie en fibres sur mouleuse pilote. La barre rouge indique la teneur en eau déterminée

séparément à l'aide de l'outil sensoriel. Pour les deux types de pâtes, la gamme de teneur en eau pour laquelle un rendement maximal est obtenu est étroite. Dans les deux cas, l'outil sensoriel a permis de définir la teneur en eau optimum.

L'outil sensoriel permet d'ajuster la teneur en eau de la pâte, en s'affranchissant des étapes de façonnage et de cuisson. Il permet un réel gain de temps au niveau de la chaîne de production.

Un problème technique (panne de la mouleuse rotative) a été une occasion supplémentaire de prouver l'efficacité de cet outil sensoriel. Une cinquantaine de recettes ont été mises au point, en allant seulement jusqu'à l'étape de pétrissage. Dans 85% des cas, les formules étaient façonnables avec un bon rendement sans optimisation supplémentaire. Enfin, l'outil a été utilisé par des stagiaires avec une formation limitée. Il est donc facilement utilisable par tous.

La prochaine étape pour améliorer cet outil serait de le tester en entreprise par des professionnels. Il a déjà servi à poser des questions aux technologues sur leurs pratiques et leur permettre de traduire par des mots leurs savoir-faire notamment leur façon d'ajuster certaines variables de contrôle utilisées sur les mouleuses rotatives. Cet outil pourrait également être intégré dans un test biscuitier pour les pâtes moulées, avec le développement d'une caractérisation instrumentale (en particulier test rhéologique), afin de prédire plus précisément le comportement « façonnable » de ce type de pâtes.

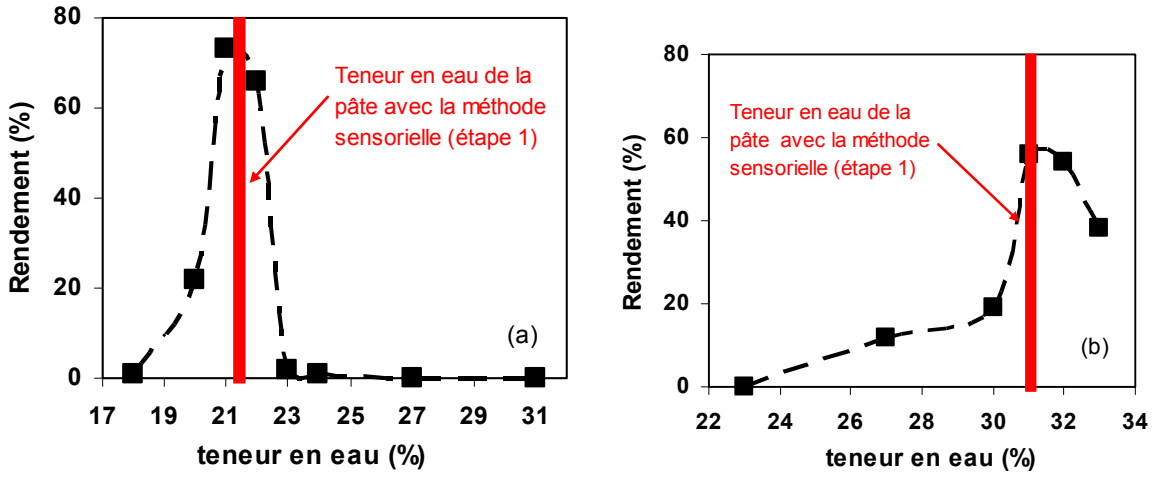


Figure 3 : Evolution du rendement en fonction de l'hydratation de la pâte à l'issue de l'étape 2, pour la pâte contrôle (a) et pour une pâte enrichie en fibres (b).
- Etape 1 : Ajustement de la teneur en eau de la pâte avec l'outil sensoriel (trait rouge)
- Etape 2 : Evaluation du rendement au façonnage pour différentes teneurs en eau de la pâte. Le rendement a été calculé en divisant la masse des pâtons obtenus par la masse de pâte préparée (moins les pertes irrémédiables dans la machine comme de la pâte dans le cylindre cannelé). Les pertes ont été évaluées sur une pâte contrôle, en soustrayant à la masse de pâte totale la masse de pâte façonnée plus les chutes.

4. Perception sensorielle, préférences et rassasiement

La tâche 2 a produit un grand nombre de résultats. Certains de ces résultats (profils sensoriels sur une quarantaine de prototypes, panel « d'experts satiété ») ont servi au déroulement du projet, permettant par exemple d'appuyer des choix de produits sur des données factuelles et assurant un lien entre les différentes phases, depuis la formulation des produits jusqu'à l'étude clinique. D'autres résultats ont une portée plus spécifique à l'objet d'étude de cette tâche : les préférences et le rassasiement. Ce sont ces résultats qui sont exposés ici.

4.1. Matériels et méthodes

Une étude consommateur en conditions contrôlées (CLT) a porté sur 10 produits de type biscuits petit-déjeuner (9 produits fabriqués en pilote, et 1 produit industriel commercialisé). 107 femmes entre 20 et 50 ans de poids normal (IMC entre 18 et 26) ont été recrutées dans la région de La Rochelle pour évaluer ces 10 produits (à raison d'un produit par séance) en 10 séances individuelles espacées d'au moins 48h.

Lors de chaque séance, un produit a été proposé à raison d'une dizaine de biscuits placés dans un dévidoir. L'appréciation des sujets a été recueillie après la première bouchée et après consommation *ad libitum*. De même, les sensations relatives à la faim ont été mesurées à l'aide d'échelles analogiques visuelles avant et après consommation (mesure du rassasiement). Les quantités de biscuits consommées ont été enregistrées par les enquêteurs ainsi que le temps de consommation.

Un profil sensoriel classique des produits a par ailleurs été réalisé par 9 panélistes experts de la société Kraft pour un ensemble de 32 descripteurs. Les données moyennes de profil ont été analysées par une Analyse Factorielle Multiple (AFM) distinguant trois modalités sensorielles (aspect, texture et flaveur). L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé à l'aide d'XLSTAT v2010, à l'exception de la cartographie des préférences (modèle quadratique, Danzart et al, 2004) calculée sous Matlab R2010.

4.2. Résultats

4.2.1. Résultats d'ensemble : préférences et comportements

Les résultats montrent des différences entre les produits non seulement significatives, mais d'amplitudes assez importantes en termes d'appréciation moyenne et de quantités consommées (Figure 4). Certains produits enrichis en ingrédients fonctionnels atteignent toutefois un niveau d'appréciation proche du produit de référence (P10). Le produit industriel se distingue assez nettement des autres produits (P1 à P9) par ses caractéristiques sensorielles (notamment de flaveur et d'aspect). Il permet néanmoins d'estimer l'écart entre les fabrications à l'échelle pilote et celle à l'échelle industrielle.

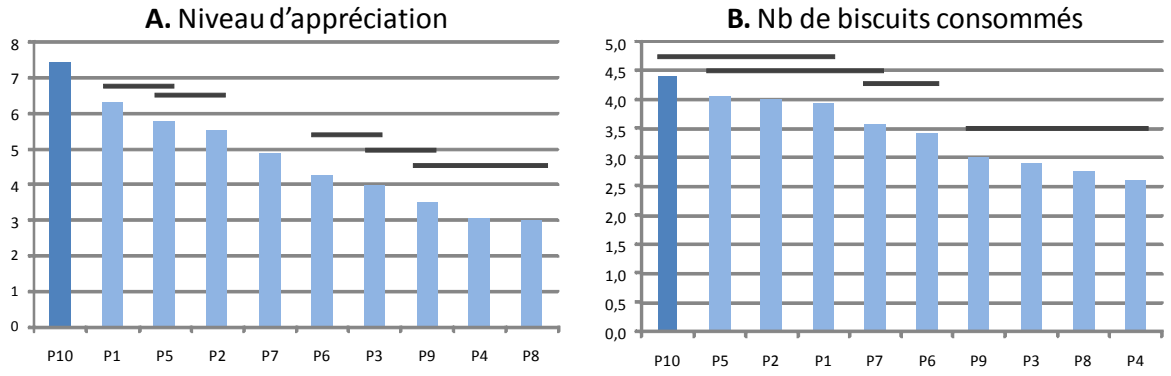
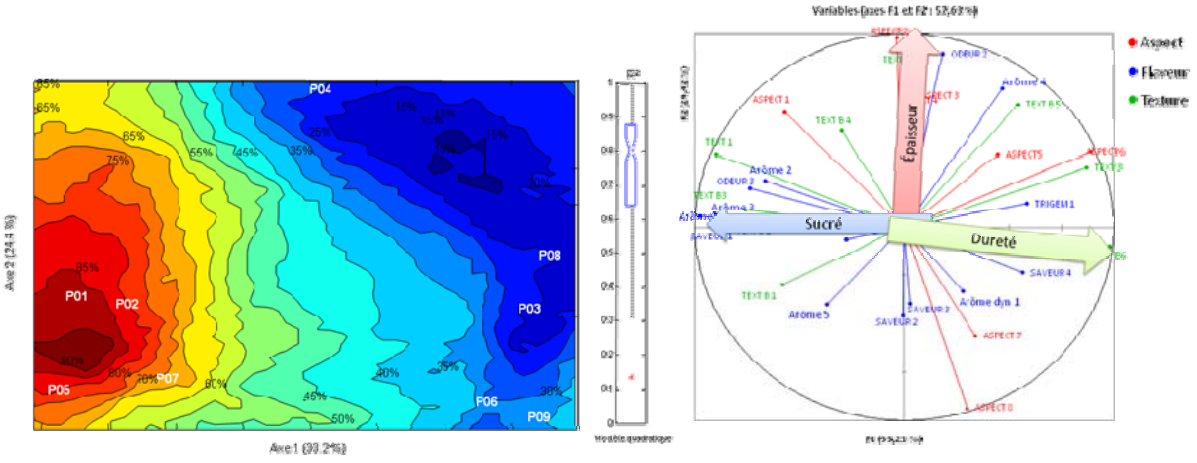


Figure 4 : Moyennes par produits des scores hédoniques (A) et du nombre de biscuits consommés (B). L'analyse de la variance montre un effet produit très significatif ($p<0,0001$) dans les deux cas. Tests de comparaison par paires SNK à 5%. P1-P9 : produits formulés dans le cadre du projet Bisens, P10 : produit industriel.

4.2.2. Modélisation des préférences

Les préférences pour les produits peuvent être reliées à leurs caractéristiques sensorielles. La modélisation obtenue par cartographie des préférences (Figure 5) montre qu'un nombre important de caractéristiques de flaveur et de texture influencent nettement les préférences, soit positivement (ex :

friabilité, saveur sucrée, …), soit négativement (ex : dureté…). D'autres caractéristiques encore n'ont, dans cette étude, pas d'influence sur les préférences, notamment des descripteurs d'aspects (ex : épaisseur, qualité d'impression du motif) ou certains descripteurs de texture et de flaveur (ex : légèreté, …).



(a) (b)

Figure 5 : Cartographie des préférences issue du test réalisé avec 107 consommateurs (a) et interprétée sur la base d'une analyse factorielle multiple (AFM) réalisée à partir du profil sensoriel des biscuits établi par un panel de 14 personnes entraînées. Dans le graphe (a), les couleurs chaudes (marron - rouge) traduisent les notes de préférence élevées, les couleurs froides (bleues) traduisent les notes de préférence faible. Dans le graphe (b), les types de descripteurs se distinguent par leur couleur : (--) Aspect, (--) Flaveur, (--) Texture.

4.2.3. Lien entre plaisir, comportement et rassasiement

L'analyse des résultats de l'étude consommateurs montre d'importantes différences interindividuelles, non seulement en termes de préférences, mais aussi en termes de quantités de biscuits consommées, de durées de consommation, ainsi que des sensations relatives à la faim. Dans certains cas, une typologie assez claire peut être établie (par exemple entre les sujets qui passent peu de temps à consommer les biscuits (t_{moy} = 5 min) et consomment en moyenne peu de produits (2,5 biscuits/séance) et ceux qui ont passé plus de temps (t_{moy} = 8min30) et ont consommé plus de produits (4,5 biscuits/séance). Ce constat qui est fait sur un groupe suffisamment nombreux de consommateurs, montre que l'étude des liens entre plaisir sensoriel, rassasiement et comportement de consommation ne peut être faite qu'en tenant compte des différences interindividuelles.

Nous proposons donc de traiter les données de manière originale en essayant chaque fois que cela est possible, de partir d'un niveau d'analyse individuelle avant éventuellement d'agréger les données pour une interprétation plus globale et généralisable. La Figure 66 illustre par exemple le lien entre le niveau d'appréciation (note hédonique) et la quantité de biscuits consommée, pour chaque consommateur. Ce type de représentation permet de prendre conscience de la diversité des réactions des consommateurs. L'examen attentif de ces données montre que certains comportements suivent une relation linéaire (Exemple A) alors que pour d'autres consommateurs la quantité consommée ne varie pas (Exemple B). Pour d'autres enfin, la quantité consommée varie en fonction du niveau d'appréciation, mais à partir d'un certain seuil d'appréciation seulement (Exemple C).

Figure 6 : Diagrammes individuels montrant la relation entre note hédonique (abscisse) et nombre de biscuits consommés (ordonnée) par les 107 consommateurs

4.3. Réflexions méthodologiques et perspectives

Le travail réalisé dans cette étude a permis de soulever de nombreuses questions méthodologiques. Certaines portent sur la mesure (échelles subjectives pour les mesures hédoniques, les mesures des sensations internes relatives à la faim), d'autres portent par exemple sur les différents niveaux d'analyse possibles. A ce titre, l'analyse individuelle des données ouvre des perspectives extrêmement riches. Nous envisageons d'appliquer différents modèles à ces données, en incluant notamment des variables telles que l'indice de masse corporelle ou les scores attitudinaux de restriction/désinhibition alimentaire. Ces traitements nous amèneront peut-être à identifier d'autres typologies de consommateurs.

Nous envisageons également d'étendre la technique de cartographie des préférences à la modélisation du rassasiement et de données comportementales (notamment les quantités consommées).

5. Etude de la satiété chez l'homme

La tâche 3 avait pour but d'évaluer le pouvoir satiétogène des prototypes développés par la tâche 1 et d'analyser les mécanismes en jeu dans la satiété. En effet, l'un des objectifs majeurs du projet est d'étudier chez le volontaire sain les effets seuls ou combinés des fibres et protéines sur les sensations relatives à l'appétit et la prise énergétique et de comprendre les mécanismes expliquant ces phénomènes.

Les études cliniques réalisées dans le cadre de projets s'intéressant à la satiété doivent impérativement s'affranchir au maximum des biais liés au comportement alimentaire et être sûr de ne tester que l'effet des ingrédients actifs. Il a donc été jugé indispensable dans le projet BISENS de se donner les moyens de caractériser le comportement alimentaire des sujets recrutés et, le cas échéant, de sélectionner les sujets pour la phase finale du projet sur les ingrédients actifs, en fonction de leur comportement. Dans cet objectif, deux études davantage axées sur les dimensions psychologiques liées aux sensations de

faim ont été mises réalisées. Il s'agit de l'étude « TFEQ en ligne » et de l'étude de « l'influence sur la satiété du message délivré à propos d'un aliment ».

5.1. Evaluation du comportement alimentaire

Le Three-Factor Eating questionnaire (TFEQ) de Stunkard et Messick (1985) est couramment utilisé pour évaluer le comportement alimentaire dans les études cliniques de nutrition humaine. Il mesure 3 paramètres principaux du comportement alimentaire : la restriction cognitive, la désinhibition et la faim (voir définitions dans le tableau 2).

Tableau 2 : Définition des comportements alimentaires caractérisés à l'aide d'un Three-Factor Eating questionnaire (d'après Stunkard et Messick, 1985 ; Westenhoefer et al, 1999 ; Bond et al, 2001).

Termes	Définitions	Sous-échelles
Restriction cognitive	Tendance à restreindre sa prise alimentaire de façon chronique dans le but de contrôler son poids	Restriction rigide ou flexible
Désinhibition	Tendance à la surconsommation, perte de contrôle de sa prise alimentaire dans un environnement obésogène (stimulations externes, émotion etc…)	Dimensions émotionnelle, habituelle et situationnelle
Faim	Niveau de faim ressenti	Facteurs externe et interne

D'après l'article original de Stunkard et Messick (1985), les sujets sont définis comme faiblement restreints et désinhibés pour un score inférieur à la moitié de la note maximale qui peut être obtenue aux réponses au questionnaire. La question qui se pose dans le cadre des études cliniques sur la satiété de manière générale est de savoir si les limites fixées dans cet article et définies sur une population américaine sont adaptées à une population d'adultes français âgés de 29 à 40 ans, tranche d'âge classique des volontaires recrutés dans les études cliniques de comportement alimentaire. Nous avons donc décidé en amont des études prévues dans la cadre du projet Bisens, de réaliser une étude TFEQ en ligne, dont l'objectif était d'analyser la répartition des scores obtenus au TFEQ et leur lien avec l'indice de masse corporel (IMC), le genre, et des variables socio-démographiques afin de caractériser le comportement alimentaire des adultes français âgés de 20 à 39 ans. Dans ce but, 1000 personnes, de nationalité française, âgées de 20 à 39 ans, ont complété le TFEQ en ligne. L'échantillon a été conçu à partir des références de l'INSEE, afin d'obtenir la répartition la plus représentative de la population française pour les quotas croisés : genre, âge et région. Les volontaires ont aussi renseigné leur âge, poids, taille, niveau d'études, revenu, métier et situation matrimoniale.

Les résultats sont regroupés dans les Figures 7 et 8. Les scores moyens sont de 6.30±0.13 (sem) pour la restriction cognitive, 6.03±0.10 pour la désinhibition et 4.98±0.13 pour la faim (Figure 7). Les femmes ont des scores de restriction cognitive (flexible et rigide) et de désinhibition (émotionnelle et habituelle) significativement plus élevés que les hommes ($P<0.0001$) mais il n'y a pas d'effet du genre sur la faim ni sur la désinhibition situationnelle. Concernant le lien avec l'IMC, un effet significatif de la classe d'IMC a été observé sur la restriction cognitive (rigide uniquement), la désinhibition (pour les 3 sous-échelles) et la faim (externe et interne) (Figure 8). D'après l'analyse en régression logistique, la désinhibition est la seule variable permettant de prédire significativement l'IMC ($P<0.0001$) quel que soit le genre. Chez les sujets de poids normal, elle est significativement corrélée à la faim et à la restriction ($P<0.0001$) alors que chez les sujets obèses, elle n'est corrélée qu'à la faim ($P<0.0001$).

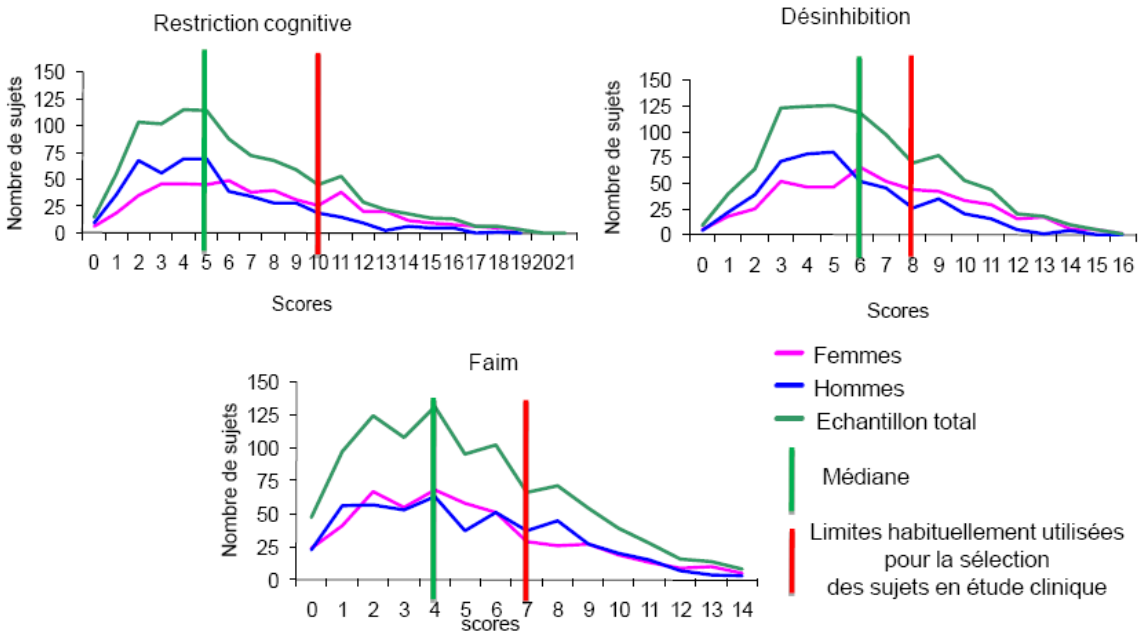


Figure 7 : Nombre de sujets en fonction des scores de restriction cognitive, désinhibition et faim pour les 1000 sujets testés en distinguant la répartition des femmes et des hommes et en les comparants au nombre total.

Nos données confirment que la désinhibition est un facteur déterminant dans l'augmentation de l'IMC. De plus, elles indiquent que la population française âgée de 20 à 39 ans a des niveaux de restriction, de désinhibition et de faim relativement faibles, comparativement aux limites suggérées par Stunkard et Messick (1988) (Figure 7). Ces derniers ont en effet recommandé de considérer les niveaux des scores de TFEQ comme moyens ou faibles pour des scores de 0 à 10 pour la restriction, de 0 à 8 pour la désinhibition et de 0 à 7 pour la faim. De plus, nos résultats soulignent aussi l'importance de l'analyse des sous-échelles dans les études de comportement alimentaire.

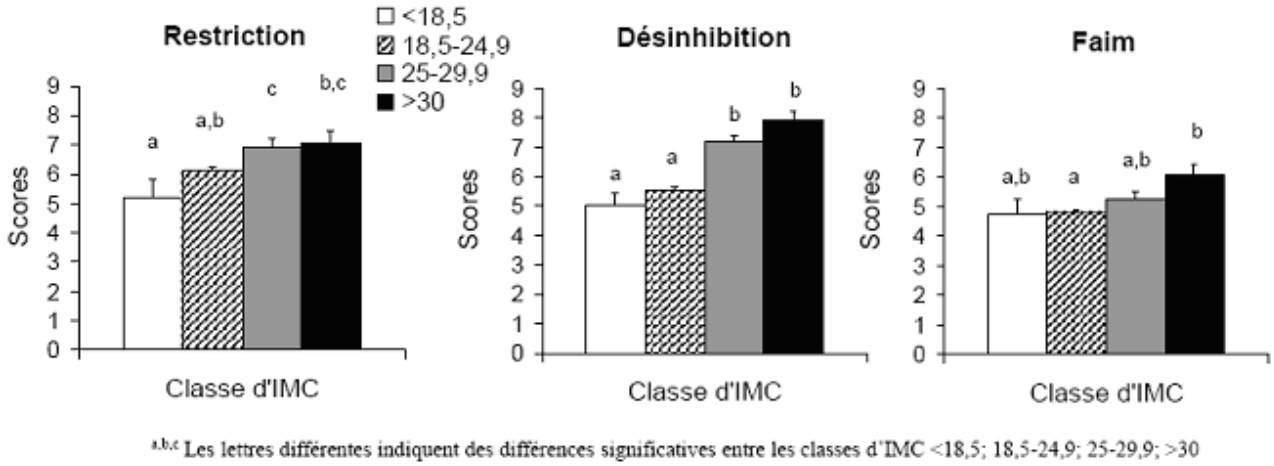


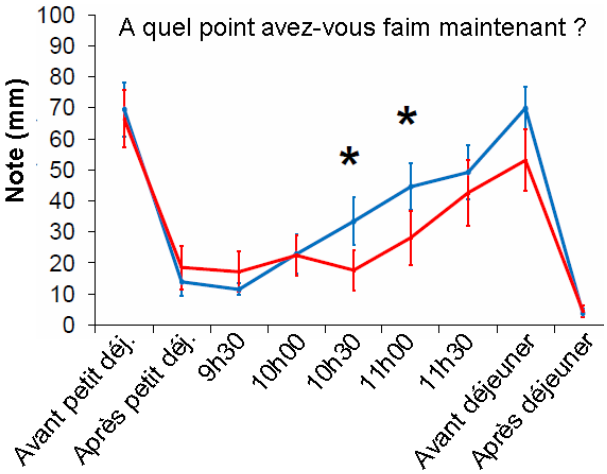
Figure 8 : Scores de restriction, désinhibition et faim en fonction des Indices de masse corporels des sujets.

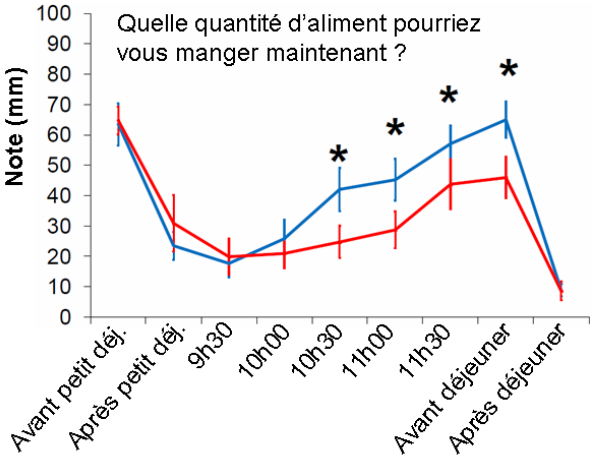
5.2. Influence sur la satiété du message délivré sur l'aliment

Le lancement de produits avec une allégation satiété a augmenté durant ces dernières années. Le lien entre le comportement alimentaire et la perception de l'étiquetage apparaît souvent comme peu clair dans la mesure où cette influence peut varier en fonction de différences individuelles. D'autres paramètres que les allégations nutritionnelles, comme la restriction cognitive et la désinhibition peuvent influencer la satiété. D'après la littérature, des données conflictuelles ont été obtenues concernant un effet potentiel des étiquetages nutritionnels sur la satiété avec parfois un effet de l'étiquetage sur la prise alimentaire et dans d'autres cas aucun effet de l'information donnée sur l'aliment sur la prise alimentaire au déjeuner suivant. Par exemple, des volontaires femmes mangent 35% de biscuits en plus quand ils sont présentés comme des biscuits sains que lorsqu'ils sont présentés comme des biscuits gourmands (Provencher et al, 2009). En revanche, une étude réalisée chez des hommes montre que lorsqu'on inverse deux étiquetages, riche *vs.* allégé en graisses, il y a un effet du contenu réel en graisses indépendamment de l'information (Yeomans et al, 2001). Les résultats semblent être conditionnés par l'état psychologique du sujet face à son alimentation. Par exemple, les sujets restreints seraient plus sensibles à des facteurs environnementaux et aux informations véhiculées sur un aliment que les non restreints (Chapelot et al, 1995 ; Federoff et al, 1997). L'objectif de cette étude était d'évaluer l'influence psychologique sur la satiété d'un message écrit délivré avant de manger le produit sur lequel porte ce message et d'analyser si les résultats varient en fonction des niveaux de restriction et de désinhibition. 81 femmes ont participé à l'étude mais les résultats ont été exploités uniquement sur les 59 femmes qui n'ont pas deviné le but de l'étude. Ces femmes sont venues au laboratoire, à jeun, à deux reprises pour tester le même biscuit à la place du petit déjeuner avec soit un étiquetage contrôle soit un étiquetage satiété associé au biscuit. 5 groupes de sujets ont été recrutés selon leurs scores croisés de restriction et de désinhibition, ce qui inclue les fortement restreintes fortement désinhibées (HRHD), les faiblement restreintes faiblement désinhibées (LRLD), les fortement restreintes faiblement désinhibées (HRLD), les faiblement restreintes fortement désinhibées (LRHD) et un groupe médian. Il n'y a pas d'effet du message satiété sur la prise énergétique au repas suivant, servi *ad libitum* 3h après la prise du petit déjeuner. Toutefois, concernant les sensations relatives à l'appétit, les femmes faiblement restreintes et fortement désinhibées (LRHD) déclarent avoir moins faim, avoir une propension à consommer inférieure et avoir un score d'appétit global plus faible après le message satiété vs contrôle.

Indépendamment du message, la propension à consommer des femmes fortement désinhibées est supérieure à celle des femmes faiblement désinhibées quand elles sont dans un état de satiété. Ces résultats montrent que l'association d'une faible restriction et d'une forte désinhibition induit « moins de frein cognitif» et une sensibilité supérieure aux facteurs environnementaux. Elle souligne notamment l'importance de considérer les niveaux de désinhibition dans les études sur les sensations d'appétit surtout dans les conditions de vie standard.

En conclusion, ces résultats ont été pris en compte pour la construction du protocole de la dernière année visant à tester les effets des protéines, des fibres et des protéines + fibres dans un biscuit. Le recrutement des femmes a été réalisé sur la base des résultats de leur questionnaire TFEQ.





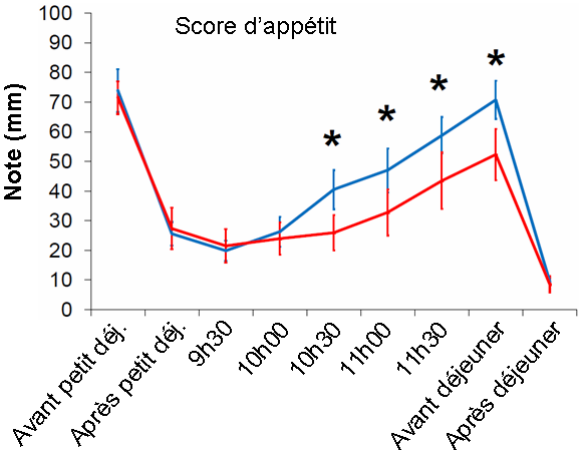


Figure 9 : Effet du message sur l'évolution des scores de faim, de propensions à manger, et d'appétit global après un message « biscuit contrôle » (--) et après un message « biscuit satiété » (--).

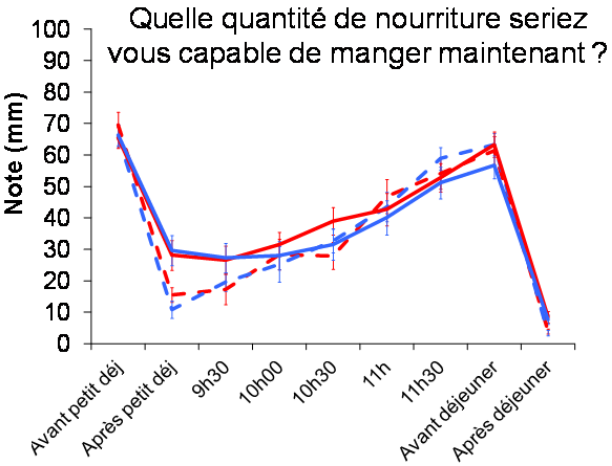


Figure 10 : Evolution de la propension à manger au cours du temps.
Femmes fortement désinhibées : message contrôle (–), message satiété (–),
Femmes faiblement désinhibées : message contrôle (- -), message satiété (- -).

6. Construction du livre de connaissances

6.1. Collecte des connaissances

La procédure de collecte auprès de tous les acteurs du projet comprend une série d'ateliers et entretiens libres et semi dirigés. Ces entretiens s'appuient sur une démarche méthodologique, proposée par les acteurs de la tâche 4 (Suciu et al, 2012), basée sur deux hypothèses. La première porte sur une vision fonctionnelle qui définit la connaissance scientifique comme un ensemble composé de sept corpus de connaissances : données initiales, problème, hypothèses, tests, résultats, interprétation et conclusion. La seconde hypothèse spécifie que pour collecter et structurer la

connaissance scientifique, tous ces sept corpus doivent être examinés. Le protocole de collecte proposé comporte trois phases : 1) collecter et structurer les connaissances scientifiques à partir des ressources initiales disponibles (publications, documents de travail), 2) identifier les connaissances nécessaires manquantes et mettre en place des entretiens avec les experts (i.e. les membres des tâches 1, 2 et 3) pour les acquérir et 3) vérifier les conditions nécessaires pour que la collecte des connaissances soit jugée complète.

Le matériel utilisé pour la collecte rassemble les sources de connaissances d'un côté et les outils de collecte (recueil et modélisation) de l'autre. Les sources de connaissances sont les documents disponibles (i.e. publications scientifiques, présentations, littérature grise, documents de travail) et les ressources humaines (entretiens avec les experts). Les modèles de connaissances sont des diagrammes procès, relations de dépendance, arbres conceptuels, cartes de processus, tableaux de propriétés, matrices de relations, règles de dépendance (Milton 2007), mais également des objets de modélisation plus évolués, telles les fiches de connaissances, conçues par les acteurs de la tâche 4. Ces dernières se présentent sous la forme de fiches électroniques au format prédéfini. Elles contiennent des informations pictographiques, textuelles et structurelles (mots-clés, liens sémantiques, références bibliographiques). Un système de gestion d'une base de fiches a été développé. Les acteurs du projet peuvent ainsi remplir les fiches via Internet et discuter leur contenu dans un espace collaboratif prévu à cet effet. Plus de 450 fiches sont à présent créées. Les connaissances recueillies ont été modélisées sous forme d'un glossaire de concepts, de cartes conceptuelles, de relations d'influence, d'arbres de propriétés, et de fiches de connaissances. Les modèles donnent des vues ponctuelles de la connaissance collectée et donc fournissent des images localisées de la base de connaissances recueillie. Chaque connaissance modélisée a été présentée à son détenteur pour vérification puis confirmation. Les connaissances collectées sont ensuite soumises pour une confirmation collective par équipe, puis à l'ensemble des équipes du projet pour une confirmation croisée.

La démarche proposée pour le recueil des connaissances scientifiques fournit un support méthodologique dédié à l'ingénieur de connaissance (cogniticien). Il aide ce dernier à collecter et structurer la connaissance scientifique afin de créer une base de connaissances bien organisées.

6.2. Transfert des connaissances scientifiques relatives à la conception des biscuits à bénéfice satiété vers les industriels

Nos travaux se situent dans le champ du transfert des connaissances de l'université vers l'industrie. Nous nous intéressons ici aux enjeux scientifiques, économiques et technologiques liés à l'exploitabilité des connaissances scientifiques par les industriels. Plus particulièrement, nous nous attachons aux trois facteurs principaux qui facilitent la transmission, l'assimilation et l'utilisation des connaissances : i) l'explicitation des connaissances implicites et tacites afin qu'elles puissent être utiles et utilisables par les professionnels, ii) l'identification des connaissances relatives aux points et étapes clés du processus de fabrication et iii) le choix d'une représentation des connaissances guidée par le processus de fabrication de biscuits. L'objectif final de nos travaux consiste à construire un livre électronique de connaissances dédié au transfert, valide et adapté au domaine des connaissances des industriels.

Les graphiques proposés dans la figure 11 sont issus des discussions menées entre les tâches 4 et 1. Ils permettent d'illustrer certaines des connaissances acquises au cours de l'étape de formulation raisonnée. La figure de gauche positionne les différentes étapes de la transformation des ingrédients en pâte puis en pâton en pointant l'étape de pétrissage comme étant clé en termes de qualité de pâte obtenue pour permettre son façonnage. La Figure de droite présente un modèle de connaissance construit pour les paramètres sensoriels importants pour décrire la texture de la pâte. La Figure 11 illustre ainsi le travail réalisé par la tâche 4 pour collecter puis mettre en forme les connaissances à partir de l'exemple donné dans la partie 3 de cet article (Tableau 1 et Figure 2). Les qualités des

connaissances cherchées relèvent de leur utilité (pertinence, fiabilité), disponibilité (explicitation) et exploitabilité.

Le livre de connaissances est encore en cours de construction puisque l'ensemble des données n'est pas encore complètement disponible. Les derniers résultats de l'étude chez l'homme sont attendus pour le courant du mois de mars 2012. Des traitements des données par des outils d'analyse multidimensionnelle devront être ensuite réalisés et les connaissances issues de l'interprétation de ces résultats seront également intégrées dans le livre de connaissances.

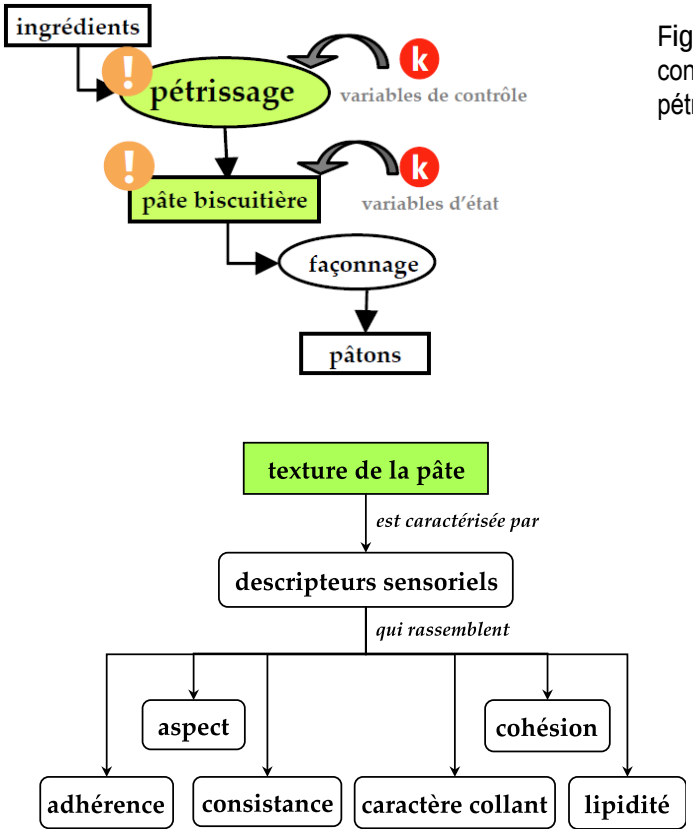


Figure 11 : Modélisation des connaissances sur la conception des biscuits satiété (exemple : pétrissage / pâte)

Conclusion

Ce projet BISENS n'est pas complètement achevé. Le suspense reste entier quant à l'effet sur la satiété des biscuits formulés et aux effets synergiques potentiels de protéines et des fibres. Un premier bilan peut néanmoins être proposé ici sur les forces et les faiblesses d'un tel projet pluridisciplinaire. Faire travailler des équipes de cultures très différentes représente à la fois une richesse et une difficulté. Chacun arrive avec ses méthodes, son vocabulaire, ses connaissances. Pour réussir un tel projet, au-delà de l'excellence scientifique disciplinaire, le groupe formé par les quatre partenaires du projet enrichi de quelques spécialistes, a su se placer d'entrée dans une dynamique d'échange et de dialogue. La tâche 4 de recueil de connaissances en accompagnant le projet de bout en bout et en demandant à chaque instant d'expliciter, verbaliser, définir,… a renforcé cette dynamique.

L'autre clé de la réussite de ce type de projet est la possibilité donnée à chaque scientifique de progresser significativement dans sa discipline. Cet article montre ainsi comment, dans chaque tâche, des questions difficiles ont été posées et des verrous levés. Le verrou technologique lié au profil nutritionnel optimisé et à une composition en protéine et /ou fibre enrichie a été levé. Grâce à une approche raisonnée basée notamment sur la mise en place d'un outil sensoriel d'aide à la formulation une gamme de biscuits diversifiée en termes de propriétés sensorielles a été mise au point. L'objectif

d'un enrichissement fort en protéine et/ou fibre a été atteint avec près de 40% en ingrédients fonctionnels pour les recettes les plus « riches ». Les aspects sensoriels ont été pris en compte tout au long du projet. Les conditions de mise en œuvre des tests sur la satiété et le rassasiement ont été revisitées et des questions relatives au plaisir ressenti lors de la consommation ont été intégrées. Grâce à une étude sur les comportements alimentaires d'un échantillon représentatif de la population française, une classification en cinq groupes a pu être proposée avec des bornes revues par rapport à celles issues des études américaines. Une évaluation préalable des comportements alimentaires des sujets recrutés lors des tests de rassasiements et de plaisir à consommer mais également des tests cliniques sur la satiété a été intégrée. Tous ces travaux ont permis de faire évoluer le test final chez l'homme.

Références bibliographiques

Bertenshaw E.J., Lluch A., Yeomans M.R., 2008. Satiating effects of protein but no carbohydrate consumed in a between-meal beverage context. Physiol Behav 93, 427-436.

Bond M.J., McDowell A.J., Wilkinson J.Y., 2001. The measurement of dietary restraint, disinhibition and hunger: an examination of the factor structure of the Three Factor Eating Questionnaire (TFEQ). Int J Obes Relat Metab Disord 25, 900-906.

Burt D.J., Thacker D., 1981. Use of emulsifiers in short dough biscuits. Food Trade Review 51, 344-347.

De Castro J.M., 2000. Eating behaviour: lessons from the real world of humans. Nutrition 16, 800-813.

Chapelot D., Pasquet P., Apfelbaum M., Fricker J., 1985. Cognitive factors in the dietary response of restrained and unrestrained eaters to manipulation of the fat content of a dish. Appetite 25, 155-175.

Danzart M., Sieffermann J.-M., Delarue J., 2004. New developments in preference mapping techniques: finding out a [UTF-8?]consumersâ€™ optimal product, its sensory profile and the key sensory attributes. In The 7th Sensometrics Conference, July 27-30, Davis, CA.

Delargy H.J., O'Sullivan K.R., Fletcher R.J., Blundell J.E., 1997. Effects of amount and type of dietary fibre (soluble and insoluble) on short-term control of appetite. Int J Food Sci Nutr 48, 67-77.

de Graaf C., de Jong L.S., Lambers A.C., 1999. Palatability affects satiation but not satiety. Physiol Behav 66, 681-688.

Fedoroff I.C., Polivy J., Herman C.P., 1997. The effect of pre-exposure to food cues on the eating behavior of restrained and unrestrained eaters. Appetite 28, 33-47.

Hoegl M., Schulze A., 2005. How to support knowledge creation in new product development: An investigation of knowledge management methods. European Management Journal 23, 263-273.

Holt S.H., Brand-Miller J.C., Stitt P.A., 2001. The effects of equal-energy portions of different breads on blood glucose levels, feeling of fullness and subsequent food intake. J Am Diet Assoc 101, 767-773.

Joshi K.D., Sarker S., Sarker S., 2007. Knowledge transfer within information systems development teams: Examining the role of knowledge source attributes. Decision Support Systems 43, 322-335.

Keogh J.B., Lau C.W., Noakes M., Bowen J., Clifton P.M., 2006. Effects of meals with high soluble fibre, high amylose barley variant on glucose, insulin, satiety and thermic effect of food in healthy lean women. Eur J Clin Nutr. Dec 13

Kim H., Behall K.M., Vinyard B., Conway J.M., 2006. Short term satiety and glycemic response after consumption of whole grains with various amounts of beta-glucans. Cereal Foods World, 51, 1.

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

Kovacs E.M., Westerterp-Plantenga M.S., Saris W.H., Goossens I., Geurten P., Brouns F., 2001. The effect of addition of modified guar gum to a low-energy semisolid meal on appetite and body weight loss. Int J Obes Relat Metab Disord 25, 307-315.

Lee Y.P., Mori T.A., Sipsas S., Barden A., Puddey I.B., Burke V., Hall R.S., Hodgson J.M., 2006. Lupin-enriched bread increases satiety and reduces energy intake acutely. Am J Clin Nutr 84, 975-980.

Marmonier C., Chapelot D., Louis-Sylvestre J., 2000. Effects of macronutrient content and energy density of snacks consumed in a satiety state on the onset of the next meal. Appetite 34, 161-168.

Mattes R.D., 2007. Effects of a combination fibre system on appetite and energy intake in overweight humans. Physiol Behav 90, 705-711. Epub 2007 Jan 3.

Mela D., 2006. Eating for pleasure or just wanting to eat? Reconsidering sensory hedonic responses as a driver of obesity. Appetite 47, 10-17.

Milton N.R., 2007. Knowledge acquisition in practice. A step-by-step guide. Springer, pp. 69-110.

PNNS 1, 2001: Premier programme national nutrition santé 2001-2005. Ministère de la santé et des solidarités. 39p.

PNNS 2, 2006. Deuxième programme national nutrition santé 2006-2010. Ministère de la santé et des solidarités 51p.

Poppitt S.D., Mccormack D., Buffenstein R., 1998. Short-term effects of macronutrients preloads on appetite and energy intake in lean women. Physiol Behav 64, 279-285.

Provencher V., Polivy J., Herman C.P., 2009. Perceived healthiness of food. If it's healthy, you can eat more! Appetite 52, 340-344.

Raboutet C., Zemmou M., LeBlanc B., Della Valle G., Ndiaye A., 2005. Connaissances scientifiques et préoccupations industrielles Projet CANAL-Salve : Notions d'assemblage de connaissances et de gestion de connaissances. Actes des XIèmes Journées de Projectique, Bidart – France. 17p.

Stunkard A.J., Messick S., 1985. The three-factor eating questionnaire to measure dietary restraint, disinhibition and hunger. J Psychosom Res 29, 71-83.

Suciu I., Le Blanc B., Raboutet C., Fernandez C., Ndiaye A., 2012. How to Acquire Scientific Knowledge for University to Industry Knowledge Transfer, Proceedings of eKNOW'2012, IARIA, The Fourth International Conference on Information, Process and Knowledge Management, pp. 24-27.

Turnbull W.H., Thomas H.G., 1995. The effect of a Plantago ovata seed containing preparation on appetite variables, nutrient and energy intake. Int J Obes Relat Metab Disord 19, 338-342.

Warwick Z.S., McGuire C.M., Bowen K.J., Synowski S.J., 2000. Behavioural components of high-fat diet hyperphagia: meal size and postprandial satiety. Am J Physiol Regul Integr Comp Physol 278, R196-200.

Westenhoefer J., Stunkard A.J., Pudel V., 1999. Validation of the flexible and rigid control dimensions of dietary restraint. Int J Eat Disord 26, 53-64.

Westerterp-Plantenga M.S., Rolland V., Wilson S.A.J., Westerterp K.R., 1999. Satiety related to 24h diet-induced thermogenesis during high protein/carbohydrate vs. high fat diets measured in a respiration chamber. Eur J Clin Nutr 53, 495-502.

Wood P.J., 2007. Cereal β-glucans in diet and health. J. Cereal Sci. 46, 230-238

Yeomans M.R., Lartamo S., Procter E.L., Lee M.D., Gray R.W., 2001. The actual, but not labelled, fat content of a soup preload alters short-term appetite in healthy men. Physiol Behav 73, 533-540.