

I. Introduction en analyses sensorielles: la mesure de la qualité des produits, comme les choix faits en conception se veulent objectifs. En plus de la diminution permanente des prix, les industriels se préoccupent du confort que peuvent apporter leurs produits, associé à leur qualité perçue. Cette dernière étant l'élément final qui va conditionner l'achat. Le domaine de l'évaluation sensorielle s'est développé rapidement dans la seconde moitié du 20^{ème} siècle, parallèlement à l'expansion (l'augmentation) des industries des aliments transformés et des produits de consommation.

L'évaluation sensorielle comprend un ensemble de techniques pour mesurer avec précision les réponses humaines aux aliments, et minimise les effets potentiellement inquiétants de l'identité de la marque et d'autres influences de l'information sur la perception (impression) du consommateur. En tant que tel, il tente d'isoler les propriétés sensorielles des aliments eux-mêmes et fournit des informations importantes et utiles aux concepteurs de produits, aux scientifiques de l'alimentation et aux gestionnaires, sur les caractéristiques sensorielles de leurs produits. L'évaluation sensorielle a été définie selon la norme **ISO 5492** comme : «*l'examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens*». L'analyse sensorielle est aussi définie comme : «*une méthode scientifique utilisée pour évoquer, mesurer, analyser et interpréter les réponses aux produits perçus à travers les sens de la vue, de l'odorat, du toucher, du goût et de l'ouïe (l'audition)*». Cette deuxième définition a été acceptée et approuvée par des comités d'évaluation sensorielle au sein de diverses organisations professionnelles telles que l'*Institute of Food Technologists* et l'*American Society for Testing and Materials*. Les principes et les pratiques de l'évaluation sensorielle impliquent chacune des quatre activités mentionnées dans cette définition.

Considérez les mots «*évoquer*», l'évaluation sensorielle se réalise selon des directives de préparation et de service des échantillons dans des conditions contrôlées afin que les facteurs d'erreurs soient minimisés. Par exemple, les personnes faisant l'objet d'un test sensoriel sont souvent placées dans des cabines d'essai individuelles, de sorte que les jugements qu'elles donnent sont les leurs et ne reflètent pas les opinions de ceux qui les entourent. Les échantillons sont étiquetés avec un nombre aléatoire pour que les gens ne forment pas de jugements basés sur des étiquettes, mais plutôt sur leurs expériences sensorielles. Un autre exemple concerne la façon dont les produits peuvent être donnés dans différents ordres à chaque participant pour aider à mesurer et à contrebalancer les effets séquentiels de voir un produit après l'autre. Des procédures standard peuvent être établies pour la température de l'échantillon, le volume et l'espacement dans le temps, au besoin pour contrôler la variation indésirable et améliorer la précision du test.

Ensuite, considérons les mots «*mesurer*», l'évaluation sensorielle est une science quantitative dans laquelle des données numériques sont collectées pour établir des relations légales et spécifiques entre les caractéristiques du produit et la perception humaine. Les méthodes sensorielles s'appuient fortement sur les techniques de recherche comportementale pour observer et quantifier les réponses humaines. Par exemple, nous pouvons évaluer la proportion de fois où les gens sont capables de criminaliser les petits changements de produits, ou la proportion d'un groupe qui exprime une

préférence pour un produit plutôt qu'un autre. Un autre exemple est que les gens génèrent des réponses numériques reflétant leur perception de l'intensité de goût ou de sensation d'un produit. Les techniques de recherche comportementale et de psychologie expérimentale offrent des lignes directrices sur la façon dont ces techniques de mesure devraient être employées et sur leurs pièges et responsabilités potentiels.

Le troisième processus d'évaluation sensorielle est *«l'analyse»*, une analyse appropriée des données est une partie critique des tests sensoriels. Les données générées par les observateurs humains sont souvent très variables. Il existe de nombreuses sources de variation dans les réponses humaines qui ne peuvent pas être complètement contrôlées dans un test sensoriel. Les exemples incluent l'humeur et la motivation des participants, leur insensibilité physiologique à la stimulation sensorielle, et leur histoire passée et familiarité avec des produits similaires. Alors que le criblage peut porter sur des facteurs différents, ils ne peuvent être que partiellement contrôlés, et les *panels* d'humains sont par nature des instruments hétérogènes pour la génération de données. Afin d'évaluer si les relations observées entre les caractéristiques du produit et les réponses sensorielles sont vraisemblablement réelles, et non simplement le résultat d'une variation incontrôlée des réponses, les méthodes statistiques sont utilisées pour analyser les données d'évaluation. Parallèlement à l'utilisation d'analyses statistiques appropriées, il convient d'utiliser un bon plan expérimental, de sorte que les variables d'intérêt soient étudiées de manière à permettre de tirer des conclusions sensées.

Le quatrième processus d'évaluation sensorielle est *«l'interprétation des résultats»*, un exercice d'évaluation sensorielle nécessite une expérience. Dans les expériences, les données et les informations statistiques ne sont utiles que lorsqu'elles sont interprétées dans leur contexte d'hypothèses, de connaissances de base et d'implications pour les décisions et les actions à prendre. Des conclusions doivent être tirées qui sont des jugements motivés basés sur des données, des analyses et des résultats. Les conclusions impliquent la prise en compte de la méthode, les limites de l'expérience, et le contexte et le cadre contextuel de l'étude.

Les spécialistes de l'évaluation sensorielle deviennent plus que de simples vecteurs de résultats expérimentaux, mais ils doivent apporter des interprétations et suggérer des pistes d'action raisonnables à la lumière des chiffres. Ils devraient être des partenaires à part entière de leurs clients, les utilisateurs finaux des résultats des tests, en guidant les recherches ultérieures. L'évaluation sensorielle professionnelle réside dans la présence de meilleures conditions pour réaliser l'interprétation appropriée des résultats des tests et les implications de la perception des produits par un groupe plus large de consommateurs, à qui les résultats peuvent être généralisés. Le spécialiste sensoriel comprend le mieux les limites de la procédure d'essai et quels sont ses risques et ses responsabilités. Un scientifique sensoriel qui est préparé pour une carrière dans la recherche doit être formé dans les quatre phases mentionnées dans la définition. Ils doivent comprendre les produits, les personnes comme instruments de mesure, les analyses statistiques et l'interprétation des données dans le contexte des objectifs de recherche.

I.1. Aspects historiques de l'analyse sensorielle : ce n'est que dans les années 1940-1950, au sein de l'armée américaine, que l'analyse sensorielle a commencé à asseoir sa position, en optimisant le degré d'acceptabilité des menus servis à ses soldats. Concernant le terme « analyse sensorielle », il semble avoir été utilisé pour la première fois en 1961 lors d'une conférence donnée au centre technique de la biscuiterie. Vite adoptée par les industriels de l'agroalimentaire, l'analyse sensorielle est aujourd'hui vue comme un outil leur permettant de développer des produits aux caractéristiques qui les distinguent de la concurrence et ayant pour but de rester longtemps sur le marché tout en répondant aux demandes et exigences gustatives des consommateurs. Les progrès des connaissances dans cette nouvelle discipline scientifique au cours des dernières trente années aussi bien dans le monde académique qu'industriel lui a ainsi permis un développement incontestable. Pour preuve, le plus important congrès international d'analyse sensorielle, The Pangborn Sensory Science Symposium qui a vu sa première édition se dérouler en Finlande en 1992, a accueilli en 2015 à Göteborg en Suède environ 900 participants d'une cinquantaine de pays et représentant autant la recherche académique qu'industrielle.

I.2. Aspects de la qualité des aliments : la qualité des aliments à des aspects subjectifs et non subjectifs. L'apparence, la texture et la saveur sont des attributs largement subjectifs, tandis que la qualité nutritionnelle et bactérienne ne l'est pas. Les deux dernières qualités peuvent être mesurées objectivement par analyse chimique, en mesurant le nombre de bactéries ou en utilisant d'autres tests spécifiques.

☞ Apparence : l'aspect d'un aliment comprend sa taille, sa forme, sa couleur, sa structure, sa transparence ou sa turbidité, son aspect terne (*pâle*) ou brillant et son degré d'intégrité ou de dommage. En sélectionnant un aliment et en jugeant sa qualité, un consommateur prend en compte ces facteurs, car il s'agit bien d'un indice de qualité. Par exemple, la couleur d'un fruit indique à quel point il est mûr, et la couleur est aussi une indication de la concentration de composé (comme dans le thé ou le café), le degré de cuisson, la fraîcheur ou l'altération. Les consommateurs s'attendent à ce que les aliments soient d'une certaine couleur, et s'ils ne le sont pas, ils sont considérés comme un défaut de qualité. La même chose est vraie pour la taille, et on peut choisir de gros œufs par-dessus les petits, ou de grosses pêches par-dessus les petites par exemple. La structure est importante dans les produits de boulangerie. Par exemple, le pain devrait avoir de nombreux petits trous répartis uniformément partout et pas un gros trou près du sommet. La turbidité (*état d'un liquide trouble*) est importante dans les boissons ; par exemple, le jus d'orange est censé être trouble parce qu'il contient de la pulpe, mais le jus de raisin blanc devrait être clair et sans sédiments, ce qui indiquerait un défaut de qualité.

☞ Texture : la texture fait référence aux qualités d'un aliment que l'on peut sentir avec les doigts, la langue, le palais ou les dents. Les aliments ont des textures différentes, comme des craquelins croustillants ou des croustilles, du céleri croquant, des bonbons durs, des steaks tendres, des biscuits tendres aux pépites de chocolat et de la crème glacée crémeuse, pour n'en nommer que quelques-uns. La texture est aussi un indice de qualité. La texture d'un aliment peut changer à mesure qu'il est stocké,

pour diverses raisons. Si les fruits ou les légumes perdent de l'eau pendant le stockage, ils *flétrissent* (*changent*) ou perdent leur pression de turgescence et une pomme croustillante devient inacceptable. Coriace à l'extérieur. Le pain peut devenir dur et *vicié* (*assoiffé*) lors du stockage. Des produits comme la crème glacée peuvent devenir graveleux en raison de la précipitation du lactose et de la croissance des cristaux de glace si la température du congélateur est autorisée à *fluctuer* (*changer*), permettant le dégel et le ré-congélation. L'évaluation de la texture consiste à mesurer la réponse d'un aliment lorsqu'il est soumis à des forces telles que couper, cisailer, mâcher, compresser ou étirer. La texture des aliments dépend des propriétés rhéologiques de l'aliment. *La rhéologie est définie comme la science de la déformation et de l'écoulement de la matière ou, en d'autres termes, la réaction d'un aliment lorsqu'on lui applique une force.*

Qu'est-ce qu'il coule, se plie, s'étire ou se casse ? : d'un point de vue sensoriel, la texture d'un aliment est évaluée lorsqu'il est mâché. Les dents, la langue et la mâchoire exercent une force sur la nourriture, et la facilité avec laquelle elle se brise ou coule dans la bouche détermine si elle est perçue comme dure, cassante, épaisse, coulante, et ainsi de suite. Le terme «*sensation en bouche*» est un terme général utilisé pour décrire les propriétés texturales d'un aliment tel qu'il est perçu dans la bouche. La mesure subjective de la texture donne une évaluation indirecte des propriétés rhéologiques d'un aliment. Par exemple, un panel sensoriel (*un panel est un échantillon permanent et représentatif de consommateurs, professionnels ou de points de ventes volontaires qui transmettent régulièrement de manière active ou passive des données relatives à l'évaluation sensorielle*) peut évaluer la viscosité comme la consistance ou la sensation en bouche d'un aliment. Cependant, la viscosité peut être mesurée directement à l'aide d'un viscosimètre.

☞ *Saveur*: la saveur est une combinaison de goût et d'odeur et est largement subjective. Si une personne a un rhume, la nourriture semble généralement *insipide* (*lassante*). Cependant, ce ne sont pas les papilles gustatives qui sont affectées, mais l'odorat. Le goût est détecté par les papilles à la pointe, sur les côtés et à l'arrière de la langue, tandis que les arômes sont détectés par l'épithélium olfactif dans la partie supérieure de la cavité nasale. Pour qu'un aliment ait un arôme, il doit être volatil, mais les substances volatiles peuvent être détectées en très petites quantités (la vanilline peut être détectée à une concentration de 2×10^{-10} mg / litre d'air). L'arôme est un indice de qualité précieux. Un aliment sent souvent mauvais avant qu'il ne semble mauvais, et la vieille viande peut être facilement détectée par son odeur. (*Cependant, les aliments qui sont contaminés par des agents pathogènes peuvent ne pas avoir d'odeur désagréable, donc l'absence de mauvaise odeur ne garantit pas que la nourriture, comme la viande, soit saine.*) Le goût d'un aliment est une combinaison de cinq goûts majeurs : sel, doux (sucré), aigre (*qui a une saveur acide et amère provoquant un sentiment désagréable, piquent*), amer et umami (*l'"umami" prononcez "oumami". En japonais, le terme umami signifie « délicieux, savoureux ». C'est un goût plaisant, proche du sucré, il est davantage présent dans des plats salés contenant des protéines que dans des aliments sucrés. L'umami correspond au goût du mono-glutamate de sodium présent dans les additifs alimentaires*). C'est complexe et difficile à décrire complètement.

L'umami est un goût qui a récemment été ajouté aux quatre autres. C'est un goût savoureux donné par des ingrédients tels que le glutamate monosodique (MSG) et d'autres exhausteurs de goût. Le goût d'umami est significatif dans les nourritures japonaises et dans les casse-croûte comme les morceaux aromatisés de taco.

Les goûts sucrés et salés sont détectés principalement sur le bout de la langue, et ils sont détectés rapidement, alors que les goûts amers sont détectés principalement par les papilles gustatives à l'arrière de la langue. Il faut plus de temps pour percevoir un goût amer et il persiste dans la bouche ; ainsi, les aliments amers sont souvent décrits comme ayant un arrière-goût. Les goûts aigres sont principalement détectés par les papilles le long du côté de la langue. Les sucres, les alcools, les aldéhydes et certains acides aminés ont un goût sucré à divers degrés. Les acides (tels que le vinaigre, le jus de citron et les nombreux acides organiques présents dans les fruits) contribuent au goût amer, le sel aux sels, y compris le chlorure de sodium, et les alcaloïdes comme la caféine, la théobromine, la quinine et autres composés amers.

I.3. Sensibilité au goût: les gens varient dans leur sensibilité aux différents goûts. La sensibilité dépend de la durée et de temps accordée pour goûter une substance. Les goûts sucrés et salés sont détectés rapidement (en moins d'une seconde), car ils sont détectés par les papilles gustatives sur le bout de la langue ; en outre, ils sont généralement des composés *très solubles*. D'autre part, les composés amers peuvent prendre une seconde entière à être détectés car ils sont détectés à l'arrière de la langue. Le goût peut persister, produisant un arrière-goût amer. La sensibilité à un goût particulier dépend également de la concentration de la substance responsable du goût. *Le seuil concentration est défini comme la concentration requise pour l'identification d'une substance particulière.*

Le seuil concentration peut varier d'une personne à l'autre ; certaines personnes sont plus sensibles à un goût particulier que d'autres et sont donc capables de le détecter à une plus faible concentration. En dessous de seuil de concentration, une substance ne serait pas identifiée mais pourrait affecter la perception d'un autre goût. Par exemple, les niveaux de sel inférieurs au seuil augmentent la douceur perçue et diminuent l'acidité perçue, alors que les concentrations de sucre inférieures au seuil rendent le goût d'un aliment moins salé qu'il ne l'est réellement. Bien qu'il ne soit pas clair pourquoi, les exhausteurs de goût tels que MSG affectent également la sensibilité au goût en intensifiant un goût particulier dans un aliment.

La température d'un aliment affecte également sa saveur. Les aliments chauds ont généralement un goût plus fort et plus sucré que les aliments froids. Par exemple, la crème glacée fondue a un goût beaucoup plus doux que la crème glacée congelée. Il y a deux raisons pour les effets de la température sur la saveur. La volatilité des substances augmente à des températures plus élevées, et elles sentent donc plus fort. La réceptivité du bourgeon de goût est également un facteur important. Les papilles gustatives sont les plus réceptives dans la région entre (20 et 30 °C), et donc les goûts seront plus intenses dans cette gamme de température.

Les facteurs psychologiques influent également sur la sensibilité et la perception du goût. Les jugements sur la saveur sont souvent influencés par des idées préconçues basées sur l'apparence de la nourriture ou sur l'expérience précédente avec un aliment similaire. Par exemple, les aliments à saveur de fraise devraient être rouges. Cependant, si elle est colorée en vert, en raison de l'association d'aliments verts avec des arômes tels que la chaux (un composé minéral, c'est un additif alimentaire E529 ou l'oxyde de calcium, régulateur de l'acidité, agent de traitement des farines et de conditionnement des pâtes, fortement utilisé dans les industries de tortillas et de croustilles de maïs), il serait difficile d'identifier la saveur comme une fraise à moins qu'elle ne soit très forte. L'intensité de la couleur affecte également la perception de la saveur. Une couleur plus forte peut provoquer la perception d'une saveur plus forte dans un produit, même si la couleur plus forte est simplement due à l'addition de plus de colorant alimentaire. La texture peut aussi être trompeuse. Un produit plus épais peut être perçu comme goûtant plus riche ou plus fort simplement parce qu'il est plus épais et non parce que l'agent épaississant affecte la saveur de la nourriture. Parmi les autres facteurs psychologiques qui entrent en ligne lors de la dégustation des aliments, mentionnons le moment de la journée (par exemple, certains goûts sont préférés au petit-déjeuner), le bien-être général, la santé et les réactions antérieures à un aliment donné.

❖ **Mesure subjective:** l'évaluation subjective des aliments peut inclure une évaluation pouvant utiliser un ou plusieurs des différents tests qu'on détaillera après. *L'évaluation sensorielle peut être considérée comme un lien entre la recherche et le développement, en mettant l'accent sur l'aspect technique de l'alimentation, et la recherche sur le consommateur et le marketing, un accent sur le comportement des consommateurs et la psychologie.* Ils mesurent la réaction résultante de stimulation après utilisation ou consommation d'un produit par des tests analytiques et / ou affectifs. Traditionnellement, *des tests analytiques (discriminatif et descriptif) sont effectués avec des panels formés tandis que les tests affectifs sont réalisés avec des consommateurs.* Les bulletins de vote sont, une feuille de papier sur laquelle les évaluateurs reçoivent des informations sur l'échantillon et des instructions, sur lesquelles les observations sont enregistrées lors d'un test sensoriel. La description des caractéristiques sensorielles des produits fait partie intégrante de l'industrie agro-alimentaire et des boissons depuis longtemps. Les informations obtenues à partir de la description des caractéristiques sensorielles des aliments et des boissons permettent aux entreprises de prendre des décisions commerciales plus éclairées. Le profil sensoriel d'un produit peut guider l'équipe de développement sur ce qu'il faut changer pour correspondre sensoriellement au profil du consommateur.

❖ **Mesure objective:** test objectif mesure une caractéristique particulière d'un aliment plutôt que la qualité globale du produit. Dans le cas de développement d'un nouveau produit, il est nécessaire de changer le produit existant, pour qu'il soit nécessaire de voir l'acceptation du consommateur et seul le test objectif n'est pas suffisant, même si cela peut être fiable. Certains principes doivent être soulignés lors de tests pour évaluer la qualité du produit alimentaire:

- Le test objectif doit être approprié pour le produit alimentaire qu'est en train d'être testé. En d'autres termes, il doit mesurer une caractéristique d'aliment qui a un effet majeur sur sa qualité.
- Les résultats des tests objectifs doivent être corrélés avec les résultats sensoriels test de produit similaire pour s'assurer que le test est fiable indice de qualité de produit alimentaire.
- Le test le plus objectif utilisé pour évaluer la qualité empirique des aliments, ne permet pas la mesure absolue de propriété de l'aliment. Toutefois, les résultats obtenus sont toujours significatifs, tant que les appareils sont calibrés avec des matériaux qui ont des propriétés similaires aux aliments en cours d'essai.
- Le test objectif comprend tous les types d'analyse instrumentale y compris un essai en laboratoire pour déterminer la décomposition chimique, composition nutritive et composition bactérienne.
- Les tests objectifs sont reproductibles et ne sont pas sujettes à des variations. Si l'équipement est correctement entretenu et utilisé correctement, il devrait donner des résultats fiables.
- Des tests objectifs sont nécessaires pour identifier les contaminants dans les aliments et de révéler des méthodes de traitement défectueuses ainsi que des tests de détérioration et de rancissement. Les tests de contrôle de qualité objectifs, de routine des produits alimentaires, sont indispensables. Toutefois ils doivent être corrélés avec des tests sensoriels, car aucun test objectif ne peut mesurer l'acceptabilité globale d'un produit alimentaire.
- L'évaluation objective d'aliment implique l'utilisation des appareils et des techniques physiques et chimiques au lieu de variable humaine, organes sensoriels pour l'évaluation sensorielle. L'évaluation objective de la qualité des aliments sont essentielles dans l'industrie agro-alimentaire afin de surveiller régulièrement la qualité des aliments et de s'assurer que ces derniers produits, sont acceptables pour le client. Ces deux méthodes d'évaluation sont complémentaires. Le test sensoriel est coûteux et prend beaucoup de temps, car les panels doivent tester un seul produit pour que les résultats soient significatifs. Alors que, généralement un test objectif peut être effectué sur de nombreux échantillons dans une journée, alors qu'il peut prendre un jour pour effectuer un test sensoriel complet sur deux échantillons. Bien que l'évaluation sensorielle donne un jugement sur l'acceptabilité globale d'un produit, elle peut mesurer un aspect des aliments. Le seul vrai juge de l'acceptabilité d'un produit alimentaire est un consommateur.

I.4. Objectif de l'analyse sensorielle: lorsque l'on cherche à objectiver les sensations perçues lors de la consommation d'un aliment, on se trouve confronté à la vaste disparité de l'univers sensoriel individuel des humains :

— ce qui est sucré pour les uns est amer pour les autres ; ce qui évoque la fraise pour un tel, fera penser unetelle à de l'ananas, ce qui est trop fort pour une personne n'est pas perçu par une autre.

Les machines donnent des mesures précises et reproductibles de certaines valeur :

— l'acidité (pH), la sucrosité (mesure des sucres), l'intensité colorée, etc....

Mais au final, c'est ce que perçoivent le consommateur et la consommatrice qui va déterminer l'adéquation du produit avec sa présence sur nos tables.

L'analyse sensorielle ne se cantonne pas à l'alimentation. Nous travaillons depuis des années à utiliser cette technique pour analyser les nuisances olfactives qui agressent les riverains de certains sites industriels générateurs d'effluents gênants. Ces mesures permettent aussi de rendre justice à ceux des industriels qui font des efforts, même s'ils n'atteignent pas les objectifs qu'aimeraient voir leurs voisins !

I.5. Collecte des descripteurs du produit: analyser un produit consiste à le décrire en utilisant un ensemble de mots. Ces mots servant à décrire, nous les nommerons donc descripteurs. Chacun de nos sens donne lieu à un "bouquet" d'expressions orales destinées à partager nos sensations avec les convives (ceux avec qui nous vivons et nous nourrissons).

☞ **La vue:** l'observation d'un aliment nous renseigne sur:

- *Sa forme:* un fruit peut être plus ou moins gros, avoir une forme plus ou moins régulière et équilibrée.
- *Sa couleur :* les saumons fumés non pas tous la même couleur, un jambon gris ne plaît pas toujours, les vins transmettent une partie de leur méthode d'élaboration à travers leur couleur.
- *Son état :* la peau terne et légèrement flétrie d'un fruit nous renseigne sur son état de fraîcheur, en vaporisant de l'eau sur un légume, il offre un aspect brillant nettement plus agréable. Les vins peuvent apparaître limpides ou troubles et brillants ou ternes.
- *Sa consistance :* un vin doux naturel montre une densité plus épaisse qu'un vin blanc.

☞ **L'odorat :** l'odorat nous apporte de nombreux renseignements sur l'état d'un aliment et sur sa comestibilité. On pourra remarquer que naturellement, nous faisons confiance envers un produit qui émane des effluves sucrées alors que nous nous montrons méfiant envers les odeurs âcres. L'odorat est aussi un élément qui permet d'anticiper le goût. On peut regrouper les odeurs en grandes familles : végétales, florales, animales ou sauvages, boisées, etc.

☞ **Le goût :** l'analyse stricte du goût se fait principalement sur la langue (attention à ne pas confondre saveur et parfum) dès le contact physique. Les principaux goûts sont :

- *Sucré;* • *Salé;* • *Acide,* • *Amer.*

Le goût, dans un sens plus large, se compose de saveurs et de parfums que l'on regroupe sous le nom de Flaveurs. Enfin, le goût peut se traduire par une sensation: piquant, métallique, rafraîchissant, etc., qui devraient logiquement être traité dans la partie concernant le toucher.

☞ **Le toucher:** le contact physique avec un aliment nous apporte deux types d'information :

- *Information mécanique:* le contact de la peau et des doigts nous renseigne sur la consistance du produit. L'action mécanique de la bouche nous délivre des informations plus précises : l'onctuosité, le croustillant, le fondant, le moelleux ou le gluant pour certains fromages par exemple.
- *Information thermique :* par le contact nous pouvons juger de la température du produit, certains plats s'appuient sur les contrastes thermiques pour assurer leur réussite.

☞ **L'ouïe** : même si l'oreille participe peu à l'analyse sensorielle elle peut se révéler importante pour certains produits : un pain doit croustiller, un biscuit trop craquant peut être déplaisant à l'oreille lors de sa mastication.

I.6. Détermination d'un profil sensoriel: déterminer un profil sensoriel consiste à synthétiser sur une fiche l'ensemble des informations dégagées par l'analyse rigoureuse du produit. Ainsi, pour chaque produit on procédera à l'analyse selon les descripteurs (Odorat, vue, goût, etc.) tout en évaluant l'intensité d'un descripteur sur une échelle graduée. Pour qu'une analyse soit efficace, il convient d'uniformiser le vocabulaire utilisé.

I.7. Utilisation de l'analyse sensorielle:

— *Comparaison de produits:* les résultats d'une analyse peuvent nous être utiles à la comparaison de produits en vue de leur commercialisation, cela peut aussi aider à la définition d'un standard de qualité pour un produit. L'élaboration réussie d'un chariot de fromages passe par une analyse comparative des divers fromages afin de déterminer le meilleur équilibre entre la qualité recherchée et le coût. Dans le cas d'une séance à but comparatif, il convient de commencer par analyser les produits (attention à l'ordre de dégustation), puis de les comparer en mettant en avant leur différence et enfin de faire un classement.

— *Correction d'un produit:* dans ce cas d'analyse, on cherche simplement à améliorer le produit au travers de corrections gustatives ou esthétiques. Il faut d'abord procéder à une analyse puis à la recherche de points critiques. Le mieux est de pouvoir apporter des corrections immédiates afin de vérifier les corrections. La salade de fruits est trop sucrée, pas assez, manque-t-elle de couleur ?

— *Utilisation des descripteurs dans le domaine de la communication:* c'est le type d'analyse le plus souvent utilisée pour les vins au restaurant. Ici, il s'agit de trouver un argumentaire qui nous permettra de restituer fidèlement à la clientèle une image du vin ou du plat. Exemple pour un vin blanc: belle couleur jaune or, limpide. Le nez est charmeur et intense avec des parfums d'agrumes confits, de fruits secs et de vanille. La bouche est puissante, dotée d'un bel équilibre en harmonie avec les sensations olfactives. Ce type de vin conviendra parfaitement à un poisson noble en sauce (Filet de Sole Dieppoise par exemple).

I.8. Applications: depuis une trentaine d'années, d'autres domaines que l'agro-alimentaire a ouvert leurs portes à cette science nouvelle. Parmi les plus représentatifs nous pouvons citer les secteurs des cosmétiques, de l'automobile, des produits d'hygiène, de l'emballage, de la mécanique, et plus récemment les secteurs de l'ameublement, de l'alimentation pour animaux domestiques, du textile, de la publicité etc. Force est de constater que l'analyse sensorielle est là, présente chaque jour dans la vie du consommateur. L'analyse sensorielle est au cœur du développement du produit. En caractérisant au mieux le produit, l'analyse sensorielle est aujourd'hui un outil indispensable pour les équipes de R&D mais également de marketing/communication afin de mieux communiquer sur leurs produits en interne avec les équipes de production et en externe auprès des consommateurs.

II. Méthodes sensorielles:

II.1. Méthode de différence (discriminative): les méthodes sensorielles peuvent être largement segmentées en trois domaines différents: Méthodes de différence (appelé aussi méthodes discriminatives), méthodes descriptives et méthodes affectives. La perception sensorielle n'est pas une réponse standard chez l'homme, mais elle est affectée par l'âge et le sexe ainsi que les influences culturelles et de nombreux autres facteurs. Cependant, les méthodes descriptives, qui impliquent la formation des panels pour déterminer quantitativement les attributs sensoriels, en général une sélection d'échantillons, peuvent calibrer les humains pour produire une réponse plus standardisée. Les méthodes affectives utilisent l'hédonique (s'intéresser aux préférences d'un public cible) ou demandent à des évaluateurs non formés, leur opinion sur un produit ou des produits. Ceux-ci pourraient inclure : évaluer leur goût, l'apparence, l'arôme, la saveur, la texture et leur impression générale ou l'acceptabilité globale d'un produit. Les méthodes affectives typiques incluent le test classique «d'acceptation sensorielle» et «test de consommation».

Les méthodes discriminatives sont la forme la plus élémentaire du test sensoriel et sont des procédures relativement simples par lesquelles les échantillons sont comparés directement à d'autres échantillons et les évaluateurs doivent déterminer s'ils sont identiques ou différents. On peut également leur demander d'attribuer une note à l'échantillon ou même de commenter les raisons pour lesquelles ils pensent qu'ils sont différents. Généralement, le test de différence consiste à déterminer la différence entre deux produits (comparaison par paire), trois (triangle) ou quatre (tétrade). Ces tests peuvent être catégorisés en tests de différence globaux et en tests de différence directionnelle spécifiques aux attributs.

A. La méthode A – not A : cette méthode est la plus simple des méthodes de différence. Une série d'échantillons codés sont présentés au panel, au minimum deux constitués de l'échantillon «A», tandis que d'autres sont différents de l'échantillon «A». Il est ensuite demandé aux évaluateurs si l'échantillon qu'ils évaluent est ou non identique à «A». Les évaluateurs évaluent l'échantillon «A» et se familiarisent avec celui-ci avant le début du test.

B. Le test de comparaison par appariement et le test par paire [2–AFC (2–alternative forced choice)] : le test de comparaison par appariement est l'une des formes de test de différence les plus simples et les plus rapides qui peut être utilisée pour différencier entre deux échantillons selon la préférence de l'évaluateur. Dans ce cas, on demande à l'évaluateur lequel des deux produits est préféré. Cependant, plus généralement deux produits codés sont présentés aux évaluateurs et sont invités à les différencier en fonction des différences d'intensité entre un attribut spécifique d'intérêt comme la salinité, l'amertume, la douceur, On peut demander à l'évaluateur de déterminer quel échantillon est le plus intense pour chaque attributs et il doit donner une réponse. Dans ce cas, le test de comparaison par appariement devient un test 2–AFC. C'est un test facile et rapide utilisé lorsque l'attribut qui change est connu et il est donc souvent utilisé pour déterminer si le changement de formulation d'un

produit est détectable. Cependant, il n'est pas très puissant statiquement car il y a qu'une chance de 50% d'avoir raison, en devinant simplement la réponse.

Les échantillons codés doivent être présentés deux fois dans l'ordre inverse pour les évaluateurs, et doivent être randomisés (présentés au hasard) pour être présentés à des groupes d'évaluateurs plus importants ($n > 30$) afin d'obtenir des données plus fiables. Le test de comparaison par appariement est souvent utilisé pour détecter des différences dans les échantillons à des fins de contrôle de qualité, d'un lot à lot, essais de substitution d'ingrédient, de changement de procédé, etc. Il est également utilisé pour les panels descriptifs.

C. L'essai Duo-Trio : le test Duo-Trio est une méthode de différence rapide où trois produits codés sont donnés aux évaluateurs avec l'un de ces échantillons est identifié comme témoin. On leur demande ensuite lequel des produits est le plus proche du témoin. Ils ne sont pas interrogés sur les différences d'attributs spécifiques. Encore une fois, ce test n'est pas un test statistiquement très puissant, car la probabilité qu'un évaluateur devine la bonne réponse est de 50%. Pour cette raison, de grands groupes d'évaluateurs ($n > 32$) doivent être chargés pour augmenter la fiabilité des résultats.

Lors de l'exécution du test, l'ordre d'échantillonnage doit être aléatoire. Le test duo-trio est également utilisé pour détecter les différences dans les échantillons à des fins de contrôle de qualité.

D. Le test triangle et le test 3-AFC (3—alternative forced choice) : Joseph E. Seagram et ses fils ont été les premiers à utiliser le test du triangle en 1941 et depuis, il a été utilisé dans une variété d'applications, y compris le test de discrimination de produit et la sélection des candidats aux panels. Pour le test du triangle, les évaluateurs sont présentés avec trois échantillons codés à l'aveugle. On leur dit que deux échantillons sont identiques, mais on ne leur dit pas lesquels. Ils doivent déterminer quel échantillon est le différent et on leur ne demande pas de trouver de différences spécifiques à l'attribut. C'est aussi une méthode rapide et un peu plus puissante sur le plan statistique que le test de comparaison duo-trio et le test d'appariement puisqu'il n'y a que 33% de chances qu'un évaluateur devine la bonne réponse. Un avantage du test triangulaire est qu'il ne nécessite pas de spécifier la nature de la différence. Cependant, le test du triangle nécessite de grandes tailles d'échantillons pour être efficace.

Lors de l'exécution du test triangulaire, l'ordre d'échantillonnage doit être identiquement randomisé (hasardées) sur les trois échantillons avec un groupe d'évaluateurs relativement important ($n > 30$). Les évaluateurs peuvent également évalués trois produits codés et sont invités à les différencier en fonction de différence d'intensité entre un attribut spécifique d'intérêt tel que la salinité, l'amertume, la douceur, etc. On peut également demander à l'évaluateur quel échantillon est le plus intense pour un attribut spécifique et il doit donner une réponse. Dans ce cas, le test triangle devient un test 3-AFC. Il est à noter que les évaluateurs choisissent le bon échantillon plus souvent avec le test 3-AFC par rapport à la méthode triangle même si la probabilité de deviner la bonne réponse est un sur trois pour les deux tests.

TRIANGULAR TEST WITH SCORING

Name: _____ Samples: _____ Date: _____

Instruction:

1. Taste these samples and determine if there is any notable difference between them.
2. Score and comment on findings/observations.
3. If 'no difference' is detected, please tick the appropriate box, and record a score and comment for all three.

	<i>Symbol</i>	<i>Score</i>	<i>Comment</i>
Odd sample	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	_____ _____
Paired sample	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	_____ _____
No difference	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	_____ _____

SCORING SCALE

10 = Perfect. 9 = Very good. 8 = Good. 7 = Borderline, 6 = Reject

Duo Trio TEST WITH SCORING

Name: _____ Samples: _____ Date: _____

Instruction:

1. Taste these samples and determine if there is any notable difference between them.
2. Score and comment on findings/observations.
3. If 'no difference' is detected, please tick the appropriate box, and record a score and comment for all three.

	<i>Symbol</i>	<i>Score</i>	<i>Comment</i>
Control sample	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	_____ _____
Odd sample	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	_____ _____
No difference	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	_____ _____

SCORING SCALE

10 = Perfect. 9 = Very good. 8 = Good. 7 = Borderline, 6 = Reject

FIGURE Examples of Triangle and Duo-Trio test scoring sheets.

La raison en est que la modélisation *Thurstonian* des deux méthodes montre que le test 3-AFC est plus puissant que le triangle ou le duo-trio test. Cela signifie également que moins de personnes sont nécessaires, par rapport à un test en triangle, pour avoir le même degré de confiance dans un résultat qui est une économie importante en temps, effort et argent. Cependant, pour que le Test 3-AFC soit affectif, il est important de connaître la différence sensorielle avant de commencer le test. Ce n'est souvent pas le cas, car il peut être difficile de prédire : les effets de changement dans la formulation ou le changement de processus et la réponse du consommateur.

E. Le test de classement : dans le test de classement, les évaluateurs sont invités à classer une sélection d'échantillons codés (4 à 6) en augmentant ou en diminuant l'intensité d'un attribut sensoriel spécifique. Les échantillons sont randomisés entre les évaluateurs. Pour les tests simples où la fatigue est moins probable, plus d'échantillons peuvent être utilisés. Il est souvent utilisé dans la formation d'un panel ou pour le criblage (étalonnage) d'échantillons avant d'entamer d'autres tests.

F. Le test tetrad : la méthode de tétrade est un test de différence impliquant quatre échantillons codés qui sont présentés aux évaluateurs étant avec deux échantillons d'un produit et deux autres échantillons d'un autre produit. Les évaluateurs doivent ensuite regrouper les produits en deux groupes en fonction de leur similarité. Notez que ces instructions sont différentes de demander aux sujets d'identifier les deux échantillons les plus similaires. La probabilité de deviner la bonne réponse est similaire au test du triangle (33%). Le test de tétrade a également reçu beaucoup d'intérêt en raison de son potentiel à fournir une puissance accrue sans spécification d'un attribut. Cette plus grande puissance signifie que pour la même taille d'échantillon, une différence existante est moins susceptible d'être manquée. La méthode de tétrade peut donc réduire la probabilité d'erreurs de test sensoriel «alpha» et «beta».

Le risque alpha est le risque de donner une mauvaise réponse. Si p est le point de décision, alors si $p < \alpha$, l'hypothèse nulle est rejetée. C'est «rejeter l'hypothèse nulle», également appelée *erreur de type I*, qui se produit lorsque des différences sont trouvées entre des échantillons alors qu'il n'y en a vraiment pas. Le contraire peut également se produire, en ne rejetant pas l'hypothèse nulle et est appelé risque bêta, ou erreur de type II. Ici, aucune différence n'est trouvée entre les échantillons où les différences existent réellement. Les risques alpha et bêta peuvent être réduits en augmentant le nombre d'observations ou la quantité de données nécessaires pour prendre une décision.

Un avantage considérable du test de tetrad, est que beaucoup moins d'évaluateurs sont nécessaire par rapport aux méthodes de triangle et duo-trio. Une plus grande puissance signifie que des échantillons avec des tailles plus petites peuvent être utilisés pour atteindre la même performance que le test en triangle car les tailles d'échantillon requises par le test de tetrad sont théoriquement seulement un tiers de celles requises par le test en triangle. Cela pourrait être d'un grand avantage commercial et dans l'économie de temps, d'argent et de ressources. Cependant, le scientifique sensoriel doit déterminer par comparaison laquelle de la méthode du triangle ou de tetrad qui convient à leurs produits et processus.

G. Autres tests : quelques autres tests de différence qui peuvent être utilisés, en particulier dans le

domaine de l'assurance qualité, sont brièvement décrits ci-dessous et incluent les méthodes « *IN/Out* », « *Notation du degré de différence par rapport à une méthode standard* » et « *Pondération de différences par rapport au contrôle* ».

Pour la méthode '*In / Out*', les lots de production peuvent être évalués par un panel comme étant à l'intérieur ou à l'extérieur des spécifications sensorielles. La méthode peut cependant être limitée car elle ne fournit aucune information descriptive pouvant être utilisée pour modifier les problèmes.

L'écart relatif par rapport à un produit standard est utilisé pour détecter les différences dans les lots de production pour la méthode «*Notation du degré de différence par rapport à une méthode standard*». Cette méthode est également limitée, car elle ne fournit aucune information concernant la source des différences par rapport à un contrôle (standard).

Le degré de différence d'un contrôle ou d'un test standard est également souvent utilisé en interne pour les tests sensoriels de routine, toujours avec des panels qualifiés (souvent externes), en particulier pour surveiller les défauts de saveur et est largement utilisé dans l'industrie des boissons gazeuses. Les sources d'arômes peuvent être atténuées par la saveur, mais le plus souvent des problèmes de contamination croisée sont impliqués, dus à des processus de nettoyage en place inadéquats (CIP) lorsque des résidus dans l'installation (tuyauterie, cuves de confinement, réservoirs d'équilibrage, etc.) de la production précédente, peuvent contaminer le lot suivante de produit différent.

Le test de différence final '*Pondération des différences par rapport au contrôle (experts individuels)*' est similaire au *degré de différence par rapport à une méthode standard*, mais implique une procédure de jugement encore plus complexe de la part des panels. C'est parce que ce n'est pas seulement les différences qui comptent, mais aussi comment elles sont mesurées pour déterminer la qualité du produit.

II.2. Méthodes descriptives : les méthodes de profilage sensoriel (cartographie des préférences) sont apparues pour la première fois dans les années 1950 et ont évolué à partir de méthodes industrielles expertes telles que celles employées par l'industrie établie des vigneron (un agriculteur qui cultive la vigne et transforme les raisins obtenus en vin), des parfumeurs et des maîtres brasseurs. Principalement, ces premières méthodes impliquaient la détection sensorielle des problèmes sensoriels attendus et des défauts, ce qui n'était vraiment efficace que pour les produits de base. Les méthodes sensorielles utilisant des panels formés ont évolué à partir de ces méthodes simples dans les années 1950 et 1960. L'une des contributions les plus connues de cette époque était «*l'échelle hédonique en neuf points*» ou «*degré d'appréciation*», dans les années 1940, inventé par l'armée américaine

L'étape suivante de l'évolution de ce processus a été la création de programme de contrôle de la qualité dans l'industrie agro-alimentaire qui intègre plus d'éléments sensoriels. Les méthodes descriptives impliquent la formation (l'entraînement) des panels à déterminer les attributs sensoriels dans un échantillon ou plus généralement une sélection d'échantillons. Les évaluateurs sont formés pour mesurer les attributs associés à des modalités sensorielles pertinentes : d'apparence, d'arôme, de saveur, de texture, d'arrière-goût. *Le langage est descriptifs et non-hédonique, en ce sens on ne demande pas aux évaluateurs, par exemple : combien ils évaluent ou apprécient le produit testé.* La perception sensorielle n'est pas une réponse standardisée chez l'homme et elle est affectée par l'âge et le sexe comme de nombreux autres facteurs, y compris les influences culturelles. L'analyse descriptive permet aux individus sélectionnés d'être formés pour donner une réponse sensorielle quantitative plus standardisée.

Les différentes méthodes de profilage descriptif incluent profil de saveur, profil de texture, profilage à choix libre (*FCP-free choice profiling*), spectre et méthodes d'analyse descriptive quantitative (*QDA-Spectrum and quantitative descriptive analysis*). Certains d'entre eux sont largement utilisés à des fins de développement de produits et de recherche, alors que d'autres semblent être des curiosités académiques et peu utilisées. La toute première méthode descriptive était la méthode du profil de saveur (*FPM-flavour profile method*). Des sessions sont organisées pendant les discussions de groupe avec les membres du panel en tenant compte des aspects de l'arôme global et des composants de saveur détectables des aliments. La méthode de profil de texture (*TPM-The texture profile method*) a évolué à partir de *FPM* et a été développée dans les années 1960 par *General Foods*. La technique vise la description des attributs de texture seulement de la première bouchée à la mastication complète et aussi représente l'aspect temporel des attributs.

Les échelles sensorielles sont ancrées (fixés) en utilisant des références sensorielles pour la texture, mais ces références peuvent maintenant être assez difficiles à définir soit en raison de l'indisponibilité ou la reformulation. Il n'est pas surprenant que cette méthode a perdu de considération auprès des scientifiques sensoriels. *La méthode FCP peut également être utilisée, ce qui implique aux panels de développer leurs propres termes descriptifs.* Le problème avec cette méthode est la corrélation subjective des termes dérivés de différents évaluateurs peuvent, en réalité, ne pas être liés

et pour cette raison, ils n'ont pas été largement adoptés.

L'analyse descriptive est une méthode où les termes sensoriels définis sont quantifiés par des panels sensoriels. Des descriptions détaillées de la terminologie sensorielle et des lignes directrices procédurales pour l'identification et la sélection des descripteurs pour établir un profil sensoriel par une approche multidimensionnelle ont été décrits dans ISO (1992) et ISO (1994). Une liste de termes descriptifs est déterminée initialement et est appelée *lexique ou vocabulaire descriptif*, décrit les attributs sensoriels spécifiques dans l'échantillon d'un aliment ou de boisson et peut être utilisée pour évaluer les changements dans ces attributs. Ces termes descriptifs, déterminés à partir de ces lexiques de termes descriptifs, ont été développés et utilisés par un certain nombre d'auteurs pour l'évaluation sensorielle de différents produits; *Johnson et Civile (1986)* pour le bœuf, *Lyon (1987)* et *Byrne et al. (1999b)* pour le poulet, *Johnsen et al. (1998)* pour la saveur de cacahuète, *Desai et al. (2013)* pour le yaourt grec, *Van Hekken et al. (2006)* pour le fromage mexicain. Les deux méthodes descriptives plus couramment utilisées sont *la méthode QDA et les méthodes spectrales*.

☞ *La méthode spectrale* développée dans les années 1970, est une méthode de profilage descriptif qui prescrit l'utilisation d'un vocabulaire sensoriel technique strict utilisant des matériaux de référence. Cette méthode est pragmatique (réaliste) dans la mesure où elle fournit les outils qui permettent de concevoir une procédure descriptive pour une catégorie de produit donné. Sa caractéristique principale est que le panel marque les intensités perçues en se référant aux échelles d'intensité «absolue» pré-acquis. Le but est de rendre les profils résultants universellement compréhensibles. La méthode fournit à cet effet un tableau de noms d'attributs standard («lexiques»), chacun avec son ensemble de normes qui définissent une échelle. Avec *la méthode spectrale*, les échelles sont ancrées en utilisant des points de référence étendus qui peuvent inclure une gamme d'aliments qui correspondent à des échantillons de référence d'aliments, ce qui réduit apparemment la variabilité du panel. Les panels développent leur liste d'attributs en évaluant une large gamme de produits dans la même catégorie

Les produits peuvent être décrits en termes d'un seul attribut (par exemple, apparence ou arôme) ou ils peuvent s'entraîner à les évaluer tous. L'entraînement intense des panels nécessaire lors de l'utilisation de *la méthode du spectrale* est l'un des inconvénients de cette dernière. De même, pour *TPM (The texture profile method)*, certains des matériaux de référence ne sont pas disponibles en dehors de quelques zones géographiques. Les différences culturelles des panels et la difficulté à quantifier un attribut sur une gamme de produits différents sont d'autres problèmes de cette méthode.

☞ Dans *la méthode QDA (spectrum and quantitative descriptive analysis)*, les experts ayant des connaissances sur les produits peuvent évaluer un ensemble d'échantillons de produit en laboratoire pour leur donner un profil et proposer des termes qui décrivent spécifiquement le produit à tester et la dimension sensorielle à examiner pour produire une liste de termes sensoriels initiaux ou «méta». Le vocabulaire peut également être basé sur les termes suggérés ou proposés par les panels durant les discussions sous la supervision du leader du groupe. Les lexiques sensoriels peuvent également être

fournis, qui consistent à des listes de termes sensoriels décrivant les attributs d'apparence, d'arôme, de saveur, de texture, de goût et d'arrière-goût.

Ces lexiques sont disponibles pour une vaste gamme de produits alimentaires et de boissons avec d'autres exemples, y compris: saucisse sèche espagnole (*Pe'rez-Cacho et al. 2005*), Miel (*Gala'n-Soldevilla et al. 2005*), Cheddar (*Drake et al. 2005*), fromage français (*Re'tiveau et al. 2005*).

La méthode *QDA* repose largement sur l'analyse statistique pour déterminer les termes, procédures et panels appropriés à utiliser pour l'analyse d'un produit spécifique. Initialement, cette analyse statistique est utilisée dans le processus de réduction des termes sensoriels pendant la formation du panel *QDA*, nécessite l'utilisation de références de produits pour stimuler la génération de terminologie (vocabulaire). Ces références aident le panel à définir et à quantifier l'attribut qu'il évalue et à apporter une aide précieuse au processus de formation. Le responsable du panel agit en tant que modérateur (régulateur), sans influencer directement le groupe. Les membres du panel ne peuvent pas discuter les données, ou la terminologie des échantillons après chaque session de dégustation, mais peuvent se fier au responsable du panel avec discrétion pour toute information sur leur performance. Les commentaires sont fournis par l'animateur sur la base de l'analyse statistique des données de la session de dégustation. A partir de là, l'entraînement a impliqué une réduction du terme sensoriel suivie d'un profilage sensoriel.

→ Environnement et conditions du panel : pour une évaluation sensorielle réussie, l'environnement dans lequel l'analyse sensorielle est conduite, est d'une importance majeure. Il est crucial de retirer autant de facteurs environnementaux négatifs que possible de la zone de test afin que l'espace n'interfère pas avec la tâche réelle du jugement sensoriel. Ainsi le panel ne sera pas distrait par son environnement et son évaluation portera uniquement sur le produit qu'il teste, sans autres facteurs externes pourront les influencer. Ceci est réalisé en concevant la zone de test sensoriel de telle sorte que ces facteurs environnementaux négatifs sont éliminés ou minimisés et ainsi réalisé en se conformant aux normes et directives internationales pour la conception des installations d'essai sensoriel. *ISO (2007)* décrit les exigences requises pour installer une salle d'essai comprenant zone d'essai, une zone de préparation et un bureau, en précisant ceux qui sont essentiels ou ceux qui sont simplement souhaitables. Le manuel *ASTM (2008)* (*organisation internationale de standardisation des techniques ou méthodes d'analyses*) fournit les dernières directives pour les professionnels de l'évaluation sensorielle qui entreprennent le développement d'une nouvelle installation ou le réaménagement d'un laboratoire sensoriel existant. Les salles d'analyses sensorielles doivent être séparées des zones de préparation pour éliminer le transfert d'odeurs. La salle d'essai doit être divisée en cabines séparées avec un éclairage adéquat et la zone doit avoir une atmosphère contrôlée appropriée *ISO (2007)*.

→ Le panel: le panel sensoriel est la composante la plus importante dans les tests sensoriels et doit être dans un état physiologique optimal lors des tests. Les panels doivent s'abstenir de toute nourriture pendant au moins 1h avant d'entreprendre une évaluation sensorielle. *Mun-oz et al. (1992)* détaillent quelques directives pratiques pour la participation aux évaluations sensorielles.

Ces lignes directrices comprennent: être en bonne santé mentale et physique; connaître la carte de notation; connaître les défauts et les intensités pertinents; évaluer l'arôme en premier (pour les produits pertinents); goûter une quantité ou un volume de produit suffisant; faites attention à la séquence de saveur; rincer occasionnellement; concentrer; ne soyez pas trop critique; être décisif; obtenir des commentaires et vérifier la notation; être honnête; entraîne toi; sois professionnel; ne pas manger, boire ou fumer pendant au moins 30 minutes avant de participer; ne portez pas de parfum, de Cologne ou d'après-rasage, ni de produits cosmétiques parfumés.

→ Ordre de présentation des échantillons: afin de s'assurer que la vraie réponse sensorielle est obtenue au cours de l'évaluation, il est important que les échantillons soient préparés et présentés de manière appropriée afin de réduire les sources potentielles d'erreurs. Toutes les méthodes de préparation des échantillons doivent être normalisées pour assurer une influence minimale sur les propriétés sensorielles des échantillons testés. Ceci est relativement facile avec les boissons, avec tous les échantillons servis à la même température, mais peut être plus difficile pour les produits plus complexes. Cette complexité est très bien démontrée lorsque l'on travaille, par exemple, avec des échantillons de viande fraîche. La carcasse des mammifères contient plus de 300 muscles distincts qui diffèrent selon le rapport entre les types de fibres musculaires rouges et blanches, certains muscles étant également très hétérogènes. Les scientifiques normalisent souvent leur échantillonnage de sorte qu'une épaisseur standard provenant des mêmes parties du muscle soit comparée entre différents muscles d'autres animaux. Comme l'un des muscles les plus homogènes, *M. longissimus dorsi* (LD) est souvent choisi pour des expériences sensorielles standardisées. De plus, il est impératif que ces échantillons standardisés soient ensuite cuits de façon identique et servis ensuite à des évaluateurs à une température normalisée.

De telles études pourraient être conçues pour déterminer les effets d'une méthode de production ou d'un procédé de cuisson sur la qualité sensorielle de produit fini. Plus important encore, l'ordre de présentation des échantillons doit être aléatoire afin d'éviter le premier ordre et le transfert effets. Ceci permet de s'assurer que les effets consécutifs (résultants) de l'évaluation d'un échantillon ne se transmettent pas et ainsi n'influencent pas sur l'échantillon testé. En présentant un ordre d'échantillonnage différent pour chaque membre de panel, cette erreur est minimisée.

→ Sélection du Panel: les évaluateurs inclus dans les panels descriptifs doivent être sélectionnés avant d'être inclus dans les listes des panels fonctionnels, afin de s'assurer qu'ils répondent aux critères de sélection. En effet, ils doivent avoir une réponse sensorielle relativement normale et démontrer qu'ils sont capables de différencier entre les échantillons. Au départ, un grand nombre de personnes devraient être examinées, car ils ne répondront pas tous aux critères de sélection, et celles qui le font ne sont pas toujours disponibles pour participer aux panels pour diverses raisons. La sélection du panel peut être interne ou externe, les deux ayant leurs avantages et inconvénients. Des panels internes pourraient être recrutés parmi le personnel de l'entreprise. L'avantage de cela est de ne pas avoir à payer les évaluateurs et c'est toujours facile de les contacter. Cependant, travailler autant que panel,

signifie qu'ils doivent quitter leurs tâches quotidiennes, habituelles, ce qui peut être difficile et qui peut réduire la productivité et aussi développer le ressentiment (rancœur) avec une perte de motivation à la prochaine participation, car ils peuvent avoir plus de travail à faire pour rattraper une fois libéré de panel.

Les entreprises ayant des panels externes ne souffrent généralement pas de ces problèmes, mais ils doivent être payés et leur participation peut être plus compliquée sur le plan logistique. Cependant, ils sont impartiaux (équitables) tant que les recrutements et les protocoles de réentraînement sont tenus à jour, ils constituent une source de choix des panels sensoriels. On estime qu'il est possible de trier deux à trois fois plus d'individus que ce qui est nécessaire pour tenir compte de ceux qui ne sont pas de la catégorie. La sélection des panels se fait à l'aide d'un questionnaire ciblant certains critères, notamment: la disponibilité, la santé, la motivation, le caractère approprié et les aversions (aliments),...etc.

Les panels sélectionnés devraient être ponctuels, en bonne santé, intéressés à participer et être en mesure de communiquer leurs réponses sans être trop dominants ou trop faibles. En outre, il est important de produire une carte de produits pour chaque panel, qu'il souhaitent éviter pour des raisons de santé (pourraient manifester des réactions allergiques), ou s'il n'aime pas particulièrement un aliment ou une boisson. Il n'est pas recommandé d'inclure les femmes qui peuvent être enceintes car leurs besoins alimentaires peuvent les empêcher d'évaluer certains produits pour des raisons diététiques et de sécurité, et leur réponse sensorielle peut également être faussée. Les candidats du panel doivent passer par une procédure de sélection pour assurer qu'ils ont une réponse sensorielle appropriée. Ils devraient avoir une vision normale des couleurs et être examinés pour l'*agueusie*, qui est l'incapacité de goûter et l'*anosmie*, l'incapacité de détecter des odeurs (ISO, 1991).

Les tests de sélection pourraient inclure des tests de différence, des tests de seuil sensoriel ou des tests de classement qui sont décrits en détail dans ISO (1993). De toute évidence, ceux qui ne correspondent pas au profil correct devraient être exclus de la participation dans le panel, mais un certain niveau de marge de manœuvre devrait être envisagé avec les candidats qui pourraient avoir un potentiel car leur niveau d'acuité (lucidité) augmentera avec la pratique. C'est à la sagesse du chef du comité de sélection de décider de cela.

☞ **Étude de cas — démonstration de l'analyse quantitative descriptive. — Le processus de formation des profils descriptifs :** la recherche sur les arômes vise à développer des méthodes, améliorées sa caractérisation et la mesure de qualité générale des arômes et des attributs individuels de produits alimentaires et de boissons. Cela peut être réalisé en étudiant l'influence des changements sur la saveur dans les matériaux et les procédures alimentaires à tous les stades de la chaîne alimentaire pour protéger les normes établies sur la qualité de saveur. En résumé, il y a généralement deux types de panels sensoriels qui peuvent être utilisés dans l'évaluation sensorielle des produits alimentaires, à savoir les panels de tests «différences» et les panels de «tests d'attributs descriptifs».

L'analyse descriptive a été utilisée pour quantifier les attributs sensoriels des aliments et des boissons dans l'industrie. La méthode présente un certain nombre d'avantages par rapport aux tests de différence car elle est quantitative et peut être utilisée pour décrire les différences entre les produits et les principaux facteurs sensoriels (qu'ils soient positifs ou négatifs, identifiés dans les produits ou en combinaison avec des tests objectifs consommateurs et une analyse de multi-variance). Cependant, cette méthode peut être coûteuse et prends beaucoup de temps en raison de la nécessité d'entraînement et de donner un profile à chaque individu de panel sur de longues périodes de temps; ça peut être des jours ou même des semaines. Ce n'est non plus une méthode qu'on peut facilement utilisée pour l'analyse de routine.

L'exemple suivant démontre une réduction du terme d'entraînement sensoriel, procédé pour un produit alimentaire complexe, en l'occurrence *un arôme réchauffé—warmed-over flavour (WOF)* dans la viande. Afin de fournir une vue d'ensemble complète de la méthode, *WOF* sera d'abord décrite en détail suivi par le protocole *QDA* pour son élucidation complète. Cet exemple a été choisi car il est relativement complexe et fournit une bonne démonstration de la formation et du processus de réduction du terme sensoriel. Tims et Watts (1958) ont été parmi les premiers à reconnaître *WOF* comme un défi organoleptique aux produits de viande. Au cours des dernières décennies, il y a eu un développement rapide des établissements de restauration rapide et une utilisation généralisée des plats surgelés précuits. Cependant, le stockage de la viande précuite pendant une courte période entraîne le développement d'une saveur et d'une odeur caractéristiques, «vieilles, viciées (altérées), rances (vieilles) et poisseuses (gluantes)», provoquées par l'oxydation catalytique des acides gras insaturés. Cette saveur désagréable devient plus perceptible lorsque la viande cuite réfrigérée est réchauffée. On dit que la viande a *WOF*. C'est un phénomène qui se produit rapidement, le contraire de rancissement oxydatif à développement lent qui résulte du stockage à long terme de viande crue congelée ou du stockage d'huiles végétales à température ambiante. Le catalyseur d'oxydation prédominant est le fer provenant de la myoglobine et de l'hémoglobine, qui devient plus disponible suite à la dénaturation thermique du fragment protéique de ces complexes.

Le fer et le fer porphyrine (les porphyrines sont des molécules à structures cycliques impliquées dans le transport du dioxygène et pouvant jouer le rôle de cofacteur lié à certaines enzymes. elles entrent dans la composition de l'hémoglobine, dans le globule rouge et tiennent donc une place importante dans le métabolisme respiratoire.), peut également devenir

plus disponible en tant que catalyseurs d'oxydation pendant la perturbation physique des cellules et des membranes cellulaires. Traditionnellement, l'oxydation des lipides a été attribuée à des catalyseurs de l'hème tels que l'hémoglobine, la myoglobine et les cytochromes (les cytochromes sont des coenzymes intermédiaires de la chaîne respiratoire. Ils ont comme caractéristique commune d'être constitués d'une porphyrine complexée avec un atome de fer ou de cuivre. C'est ce dernier qui confère au coenzyme ses propriétés oxydo-réductrices en changeant de valence.). C'était une hypothèse logique, car les fortes concentrations de myoglobine et d'autres composés d'hème sont des candidats probables en tant que pro-oxydants dans les tissus musculaires.

Cependant, *Sato et Hegarty (1971)* ont conclu que le fer non-hémique plutôt que le fer hémique était le catalyseur actif responsable de l'oxydation rapide de la viande cuite. Il a été signalé que les composés de l'hème avaient peu d'influence sur le développement de substances non réactives ou de substances réactives à l'acide thiobarbiturique dans la viande (*l'oxydation des lipides a été déterminée par l'acide thiobarbiturique, substances réactives (TBARS) en utilisant la méthode d'extraction de (Botsoglou et al., 1994)*). Des changements rapides d'oxydation peuvent également se produire dans la viande crue traitée par les technologies actuelles. Bien que la viande crue soit généralement considérée comme moins sensible à la WOF que la viande chauffée, après broyage et exposition à l'air, elle dégage rapidement des odeurs semblables à celles des viandes oxydées cuites. Ce phénomène est également appelé WOF.

Un certain nombre de profils sensoriels ont été réalisés à ce jour sur WOF dans divers produits carnés. *Byrne et al. (2001a)* ont étudié les effets du stress avant l'abattage sur le développement de WOF dans la viande de porc. Ils ont constaté que le stress avant l'abattage, semblait en général, se manifester comme une dimension sensorielle distincte de WOF dans les échantillons de viande, mais il y avait des indications que l'augmentation du stress avant l'abattage peut avoir réduit le développement perçu de WOF. *Byrne et al. (2002a)* ont évalué les effets de la température de cuisson sur le développement du WOF chez le poulet. Des produits de réaction de Maillard (*c'est une réaction chimique que l'on peut observer lors de la cuisson d'un aliment ; elle correspond à l'action des sucres sur les protéines, et contribue notamment au goût des viandes rôties*) apparaissent avec une cuisson à des températures élevées, qui sont connus pour leur effet antioxydant. Cependant, *Byrne et al. (2002a)* ont montré que la température augmentait la formation de composés dérivés de Maillard, mais n'ont pas montré d'effet important sur la prévention de WOF dans les galettes de poulet cuites.

Byrne et al. (2002b) ont étudié les effets du gène RN (*Le gène du Rendement Napole ((RN) est un gène porcine qui provoque un abaissement anormal du pH ultime et de la capacité de rétention d'eau (CRE) de la viande de porc. Beaucoup d'auteurs l'appellent aussi le gène de la " viande acide " à cause du faible pH ultime qu'il provoque. La baisse de qualité de la viande de porc causée par le gène RN entraîne des pertes économiques pour l'industrie porcine*) sur le développement de WOF chez le porc. Une teneur plus élevée en glycogène dans le muscle entraîne un pH final post-mortem inférieur chez les porteurs RN comme gène dominant. *Byrne et al. (2001a)* ont conclu que WOF, la température de cuisson et le génotype dans les échantillons de viande présentés étaient des phénomènes indépendants et que l'arôme aigre / frais était un descripteur significatif pour décrire la viande des porteurs RN. Ils ont déterminé les effets sensoriels de la supplémentation en fer sur le développement de WOF dans des galettes de viande de porc faites à partir de *M. longissimus*

dorsi et de *M. psoas major* (c'est un muscle qui part de la hanche, traverse l'abdomen et s'attache profondément sur les cinq vertèbres lombaires. Ce muscle a une prédisposition particulière à devenir tendu puisque son fascia est en continuité avec celui du rein et également en continuité avec le diaphragme), respectivement. Ils ont conclu que *M. psoas major* était plus sensible au développement de WOF tel que déterminé par profilage sensoriel par rapport à *M. longissimus dorsi* (est un muscle long et fin, il forme la partie moyenne de la gouttière para-vertébrale) et ça pour tous les traitements. L'analyse descriptive est une méthode où les termes sensoriels définis sont quantifiés par les panels sensoriels pendant l'entraînement. Une fois qu'une liste initiale de termes a été décidée, l'étape suivante consiste à réduire ces termes au moyen du processus de formation et de réduction des délais. Pour qu'un terme soit inclus lors du profilage suivant, il doit correspondre à quatre critères :

- (1) Les termes sensoriels sélectionnés doivent être pertinents pour les échantillons,
- (2) Différencier entre les échantillons,
- (3) Avoir une clarté cognitive (c'est un terme scientifique qui sert à désigner l'ensemble des processus mentaux qui se rapportent à la fonction de connaissance et mettent en jeu la mémoire, le langage, le raisonnement, l'apprentissage, l'intelligence, la résolution de problème, la prise de décision, la perception ou l'attention.),
- (4) être non redondant (répétition inutile d'un mot, ou expression de la même idée par deux formulations différentes).

Divers moyens peuvent être employés dans ce processus de réduction de terme et ont inclus l'analyse en composantes principales (ACP) (c'est la statistique multivariée, qui consiste à transformer des variables liées entre elles (dites « corrélées » en statistique) en nouvelles variables décorrélées les unes des autres. Ces nouvelles variables sont nommées « composantes principales », ou axes principaux. Elle permet au praticien de réduire le nombre de variables et de rendre l'information moins redondante) en conjonction avec des suggestions de l'évaluateur. Le *free choice profiling* (FCP) peut également être utilisé en impliquant les panels avec leurs propres termes descriptifs. Le problème avec cette méthode est la corrélation subjective des termes dérivés par différents évaluateurs.

Generalised Procrustes analysis (GPA) (c'est une méthode d'analyse statistique qui peut être utilisée pour comparer les formes, ou les résultats d'enquêtes, ou d'entretiens des panels. elle a été développée pour analyser les résultats du *free choice profiling*. GPA est un moyen pour donner du sens aux données de FCP) a également été utilisée dans la réduction des termes, elle est connue sous le nom de *descripteur d'influence* (*descriptor leverage*). Ces deux méthodes sont similaires dans la mesure où elles impliquent une correction de niveau et de gamme d'évaluateurs, mais la méthode du *descriptor leverage* n'inclut pas l'aspect rotationnel de GPA.

La méthode du *descriptor leverage* est rapide et sans ambiguïté et a été étudiée par O'Sullivan et al. (2002) pour déterminer s'il fournissait l'amélioration discriminative dans le processus de réduction de termes. Ces auteurs ont conclu que l'utilisation de l'effet de levier des descripteurs (*descriptor leverage*) fournissait plus d'informations concernant l'élimination des termes sensoriels en opposition aux suggestions d'ACP et des évaluateurs seul. *Descriptor leverage* a montré la représentativité des termes sensoriels pour toutes les composantes principales pertinentes d'un modèle et a fourni un degré de confiance plus élevé en ce qui concerne la réduction du terme sensoriel.

O'Sullivan *et al.* (2002) suggèrent qu'une combinaison de l'effet de levier des descripteurs, d'interprétation graphique des modèles bilinéaires (le domaine natif des formes bilinéaires est celui de l'algèbre linéaire. La notion de forme bilinéaire est définie sur les espaces vectoriels et se généralise sur les modules, structures de base de l'algèbre linéaire) et des suggestions de l'évaluateur pourrait être une stratégie utile dans les futures études de développement du vocabulaire. Un aperçu schématique de la méthodologie de développement du vocabulaire au cours de cinq sessions de formation est présenté ci-dessous, après la formation, le profilage sensoriel peut être entrepris.

Sensory Terms	Session 1 36 terms	Session 2 36 terms	Session 3 29 terms	Session 4 27 terms	Session 5 22 terms	Final List 21 terms
Cardboard-F						
Cardboard-O						√
Linseed-F						
Linseed-O						√
Rubber-F						
Rubber-O						√
Green-O						√
Rancid-F						√
Vegetable Oil-F						√
Fish-F						√
Lactic-AT						
Lactic-O						
Lactic-F						√
Fatty-Mouthcoating-AT						
Fatty-O						√
Sweet-T						√
Sour-T						√
Salt-T						√
Bitter-T						√
MSG-T (Monosodium Glutamate)					<i>MSG-T/ Bouillon-O</i>	√
Bloody-F						
Metallic-F					<i>Metallic-F/ Bloody-F</i>	√
Metallic-AT						
Tinny-F						√
Livery-F						√
Nut-F						
Nut-O						√
Meat-F						
Fresh Cooked Pork-O						
Fresh Cooked Pork-F						√
Bouillon-AT						
Bouillon-O						
Roasted-F						
Piggy-O						
Piggy-F						√
Astringent-AT						√

FIGURE .1 A schematic overview of the vocabulary development methodology over five training sessions. Blanks, removed sensory terms; italics, merged sensory terms; √, sensory terms in final list; Italic, merged terms; -AT, Aftertaste; -F, Flavour; -O, Odour; -T, Taste. From O'Sullivan, M.G., Byrne D.V., Martens, M., 2002. Data analytical methodologies in the development of a vocabulary for evaluation of meat quality, *Journal of Sensory Studies* 17, 539–558.

***Cardboard** : carton (la viande est emballée dans des boîte en carton).

***Linseed** : grain de lin comme régime alimentaire des porcs pour améliorer la stabilité des acides gras dans la viande.

***Rubber** : emballage plastique de viande de porc. ***Green-O** : leaves (feuilles) produce a specific odor, the so called 'green odor' which is composed of carbon-6 alcohols and aldehydes. ***Rancid** : aspect foncé de la viande.

***Lactic** : traitement de viande de porc pour améliorer la stabilité de la viande de porc lors de la conservation

*fatty – mouthcoating : gras – bouche.. *seewt, sour bitter : doux, acide, amer

***Nut odor** : odeur de noix. *livery : fois de porc. . ***Tinny** : acier onixytable

☞ **Développement du vocabulaire initial** : dans l'étude de cas présentée, une évaluation préliminaire des échantillons expérimentaux par le leader du panel et par des experts ayant des connaissances sur les produits, consistait à développer la liste initiale des termes sensoriels. Les échantillons utilisés couvraient la variation sensorielle dans les traitements expérimentaux. Encore une fois, comme mentionné ci-dessus, les termes sensoriels sélectionnés devaient remplir les critères :

- (1) doivent être pertinents pour les échantillons ;
- (2) discriminé entre les échantillons ;
- (3) avoir une clarté cognitive ;
- (4) être non redondant.

A partir de cela, une liste initiale de 36 termes sensoriels composés d'odeurs, d'arômes, de goûts de

The Final List of 21 Descriptive Terms Developed for Further Sensory Profiling

Sensory Term	Definition (With Appropriate Reference)
Odour	
Odour Reference	
1. Cardboard-O	Wet cardboard
2. Linseed oil-O	Warmed linseed oil/linseed oil-based paint
3. Rubber/Sulphur-O	Warmed rubber/the white of a boiled egg
4. Nut-O	Crushed fresh hazel nuts
5. Green-O	Fresh green French beans
6. Fatty-O	Pig back fat (fresh, nonoxidised)
Taste	
Taste Reference	
7. Sweet-T	Sucrose 1 g/L aqueous solution
8. Salt-T	Sodium Chloride 0.5 g/L aqueous solution
9. Sour-T	Citric acid monohydrate 0.3 g/L aqueous solution
10. Bitter-T	Quinine chloride 0.05 g/L aqueous solution
11. MSG/Umami-T	Monosodium glutamate 0.5 g/L aqueous solution
Flavour	
Flavour Reference	
12. Metallic-F/Bloody-F	Ferrous sulphate 0.1 g/L aqueous solution
13. Fresh cooked pork-F	Oven-cooked pork without browning
14. Rancid-F	Oxidised vegetable oil
15. Lactic acid/fresh sour-F	Natural yoghurt
16. Vegetable oil-F	Fresh vegetable oil
17. Piggy/Animal-F	Skatole 0.06 µg/mL refined vegetable oil
18. Fish-F	Fish stock in boiling water
19. Tinny-F	Stainless steel strip
20. Livery-F	Cooked beef liver
Aftertaste	
Aftertaste Reference	
21. Metallic/Bloody-AT	Ferrous sulphate 0.1 g/L aqueous solution

Suffix to sensory terms indicates method of assessment by panellists; -AT, Aftertaste; -F, Flavour; -O, Odour; -T, Taste.

From O'Sullivan, M.G., Byrne D.V., Martens, M., 2002. Data analytical methodologies in the development of a vocabulary for evaluation of meat quality, *Journal of Sensory Studies* 17, 539–558.

base et d'arrière-goûts a été établie (ci-dessous).

Un panel sensoriel de huit membres (quatre mâles / quatre femelles âgés de 24 à 62 ans) a été recruté parmi le public et les étudiants du *Royal Veterinary et Université agricole, Frederiksberg, Danemark*. Les critères de sélection de panel étaient la disponibilité et la motivation à participer à toutes les expériences. L'entraînement sensoriel a été réalisé dans les cabines du laboratoire sensoriel de l'université, conforme aux normes *ASTM (2008) et ISO (1988)*. Tous les panels ont été présélectionnés pour pouvoir distinguer les odeurs et les goûts (*ISO, 1991, 1992, 1993*).

Avant la première séance d'entraînement, la méthodologie sensorielle a été expliquée aux participants et la séance d'entraînement a été utilisée comme exercice de familiarisation. Tout au long de l'expérience, l'analyse a été réalisée avec des évaluateurs n'ayant aucune connaissance sur l'histoire de l'échantillon. La formation a pris environ 1h par jour pendant 5 jours. Le premier jour, la procédure d'évaluation sensorielle a été décrite aux participants. Au cours des jours suivants, les échantillons ont été codés et présentés au groupe où on leur a demandé d'évaluer l'odeur, la saveur, le goût et l'arrière-goût des échantillons en utilisant les termes sensoriels décrits dans le tableau précédent.

Des échelles non structurées de 15 cm ancrées à gauche par le terme «aucun» et à droite par le terme «extrême» ont été utilisées pour tous les descripteurs sensoriels. Les réponses des panels ont été enregistrées en mesurant la distance en mm (1-150) du côté gauche de l'échelle. Des matériaux de référence ont été fournis durant tous les jours de formation sensorielle et ont été sélectionnés comme représentatifs de chaque terme sensoriel selon des sources documentaires, en consultation avec des experts ayant des connaissances sur les produits et en utilisant des lexiques de termes descriptifs, 21 termes finaux et substances de référence qui lui correspondes, ont été choisis.

Les participants ont été invités à se familiariser avec chaque référence avant d'évaluer les échantillons d'apprentissage et ont été invités à se référer à chaque référence sensorielle avant la notation et à se référer à une référence particulière s'ils rencontraient des difficultés pour évaluer le terme sensoriel correspondant. Des feuilles de regroupement des termes ont été fournies aux panels durant toute la formation pour leur permettre de proposer des termes redondants (similaires) et aussi pour suggérer de nouveaux termes sensoriels non présentés dans la liste des termes fournis.

☞ **Analyse de données pendant le développement du vocabulaire:** à la fin de chaque session (jour) de la période d'entraînement, les termes sensoriels redondants ou non fiables ont été éliminés ou fusionnés afin de sélectionner une liste réduite de termes à utiliser lors de la prochaine session. Le but était d'obtenir, à la fin de la période de formation, une liste de termes descripteurs réduite où chaque terme restant était pertinent pour le produit, non redondant, discriminant pour l'échantillon et cognitivement clair pour les évaluateurs. La réduction du profil se faisait chaque jour de formation sur la base des discussions de groupe, des recommandations sur le regroupement des termes, et de l'interprétation de l'ACP effectué sur les données d'entraînement (basé sur des variables non pondérées centrées sur la moyenne, évaluées par une validation croisée complète).

Afin d'assurer la description des types de variations qui peuvent être absentes dans les échantillons

d'apprentissage, les termes jugés négligeables ont également été conservés dans le profil. Après 5 jours de formation et de réduction du profil, la liste initiale de 36 termes sensoriels pour l'odeur, la saveur, le goût et l'arrière-goût a été réduite à 21 termes sensoriels. Après la fin du projet, les données ont été réévaluées de manière plus approfondie afin de déterminer l'utilité potentielle de méthodes de modélisation bilinéaire plus avancées.

☞ **Protocole d'examen d'efficacité du développement vocabulaire :** l'effet de la formation sur les panels et de la réduction du profil a été évalué par (l'analyse de la variance) ANOVA-régression des moindres carrés partiels (APLSR) [NOVA-partial least squares régression (APLSR)] sur panel données moyennes des jours d'entraînement individuels. Pour chacun des jours de formation 2 et 5, le profil du panel a été calculé sur les 8 participants, résultant en deux tableaux avec 6 échantillons X 36 ou 22 termes, respectivement. Chaque table était à son tour définie en tant que variables Y et régressait sur six variables X d'indicateur (valeurs 0 ou 1) représentant les six échantillons (c'est-à-dire la matrice d'identité pour les traitements).

Cette façon d'utiliser APLSR est très similaire à une ACP des variables sensorielles, mais a l'avantage de laisser les échantillons aussi être représentés comme des variables. Avec des échantillons si peu nombreux et si divers, il est difficile de déterminer le nombre optimal de PC (composante principale) à interpréter. Les deux premiers composants PLS (PCs), présentés ici, décrivent la plupart des variations sensorielles. La variance sensorielle expliquée dans le PLSR pour les données moyennes du panel sur le deuxième jour d'entraînement était de PC 1 = 43.7% et PC 2 = 25.0% et pour le 5eme jour d'entraînement était PC 1 = 49,0% et PC 2 = 19,0%.

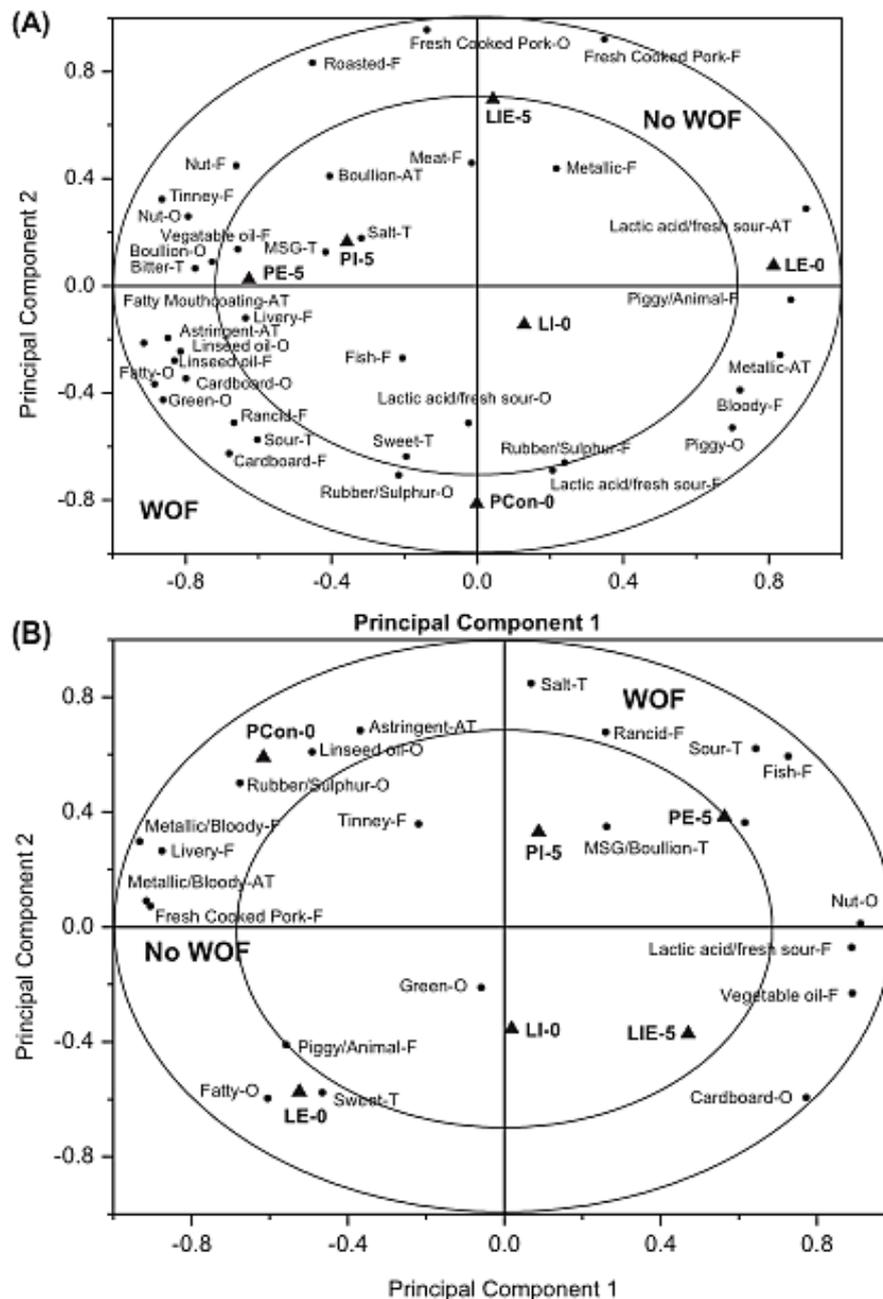


FIGURE 2.2 (A, B). An overview of the variation found in the mean data from the ANOVA-partial least squares regression (APLSR) correlation loadings plot for each of the six training samples (Table 2.3) for training session 2 (A) and 5 (B). Shown are the loadings of the x - and y -variables for the first 2 PCs for level-corrected data. • = Sensory term and ▲ = Sample. The concentric circles represent 100% and 50% explained variance, respectively. -AT, Aftertaste; -F, Flavour; -O, Odour; -T, Taste. From O'Sullivan, M.G., Byrne D.V., Martens, M., 2002. Data analytical methodologies in the development of a vocabulary for evaluation of meat quality, *Journal of Sensory Studies* 17, 539–558.

☞ **Méthode de quantification de capacité de discrimination** : la fiabilité des données sensorielles a été évaluée pour chaque jour d'entraînement 1, 2, 3, 4 et 5 en termes moyenne du ratio signal / bruit¹, des termes sensoriels utilisés (36, 36, 29, 27, 22, 21, respectivement). Pour chaque jour, ceci a été effectué comme suivant: afin d'avoir suffisamment d'échantillons pour éviter une évaluation trop (très) optimiste, les tableaux de données des différents évaluateurs ont été fusionnés de sorte que les évaluateurs puissent être considérés comme des répliques réciproques. Les effets de niveau entre les évaluateurs ont été éliminés lors d'une étape de prétraitement, car les différences générales dans la manière dont les évaluateurs ont utilisé l'échelle sensorielle ont été jugées non pertinentes : pour chacun des huit évaluateurs, le niveau moyen pour chaque mot sur les six échantillons a été calculé et soustrait. Puis la moyenne des 8 matrices centrées ont été fusionnées en un tableau de niveau de données corrigé avec 48 échantillons X le nombre de termes pour ce jour-là. Les tableaux de niveau de termes corrigés pour les jours d'entraînement ont été définies comme variables « Y » et régressées sur un tableau de six variables « X » (0/1 indicateurs de performance pour les six échantillons) par régression discriminante des moindres carrés partiels (DP-LSR)², sans mise à l'échelle préalable des variables X ou Y. Une validation croisée complète à une seule sortie (c'est-à-dire 48 segments de validation croisée) a été utilisée pour l'évaluation du modèle. Pour chacun des modèles de cinq jours, la validation croisée³ indiquait que 4 CPs devaient être un modèle optimal ou presque optimal.

¹ – La prise de décision sensorielle sous incertitude est habituellement modélisée autant que ralentissement d'accumulation de preuves sensorielles bruyantes (noisy) jusqu'à un seuil de preuves ayant l'un des résultats possibles de la décision soit atteinte.

— Le rapport signal /noise nous permet de quantifier la taille du signal appliqué ou contrôlé par rapport aux fluctuations hors contrôle expérimental. Il a une application générale à l'analyse de la discrimination sensorielle (par les cellules nerveuses et par des organismes entiers) et à la performance des réseaux.

² –L'approche PLS (Partial Least Squares) qui se fonde sur un algorithme des moindres carrés partiels. Cette approche a l'avantage de vérifier plusieurs liens entre plusieurs variables explicatives et à expliquer à des niveaux différents. Elle a l'avantage également de ne pas exiger un nombre important d'observations et n'exige pas une distribution normale des données de base. L'approche PLS semble également adaptée à des études où les mesures ne sont pas très précises, elle correspond tout à fait à cet esprit d'analyse des données.

—L'objectif de la régression PLS étant de combiner les caractéristiques de l'analyse en composantes principales (ACP) et celles de la régression afin de réaliser un compromis entre maximisation de la variance expliquée par les X et maximisation de leur corrélation avec Y.

³La validation croisée (« cross-validation ») est une méthode d'estimation de fiabilité d'un modèle fondé sur une technique d'échantillonnage. La validation croisée est un moyen de prédire l'efficacité d'un modèle sur un ensemble de validation hypothétique lorsqu'un ensemble de validation indépendant et explicite n'est pas disponible. En fait, il y a au moins trois techniques de validation croisée.

La première méthode est très simple, il suffit de diviser l'échantillon de taille n en deux sous échantillons, le premier d'apprentissage (communément supérieur à 60 % de l'échantillon) et le second de test. Le modèle est bâti sur l'échantillon d'apprentissage et validé sur l'échantillon de test. L'erreur est estimée en calculant un test, une mesure ou un score de performance du modèle sur l'échantillon de test.

1.1 Profil conventionnel et performance du jury

1.1.1 Introduction

Les données issues d'une épreuve de profil sensoriel conventionnel concernant n produits évalués par m juges entraînés pour les p descripteurs considérés, peuvent être présentées sous forme de m tableaux \mathbf{X}_i (de dimension $n * p$). Chacun des tableaux \mathbf{X}_i donnant l'évaluation des produits vue par un juge (i dans $1 \dots m$). L'objectif in fine est de synthétiser l'information et de caractériser les produits sur un plan organoleptique. Dans cette perspective, il faut noter qu'une étape d'harmonisation des notes données par les juges est nécessaire. Le centrage des données pour chacun des juges permet de ramener les notes des juges à un même niveau (figure 1.1 à gauche). La figure 1.1 (à droite) met en évidence un autre type de problème lié à la manière d'utiliser l'étendue de l'échelle par chacun des juges. La démarche préconisée afin de contrer ce problème est de multiplier chacun des tableaux par un facteur d'échelle afin de ramener les configurations de tous les juges à une même dispersion. De manière précise, nous normalisons le tableau de manière à avoir $trace(\mathbf{X}_i' \mathbf{X}_i) = 1$ avec \mathbf{X}_i' la matrice transposée de \mathbf{X}_i (cf. Annexe A, page 21, pour un complément sur les notations utilisées).

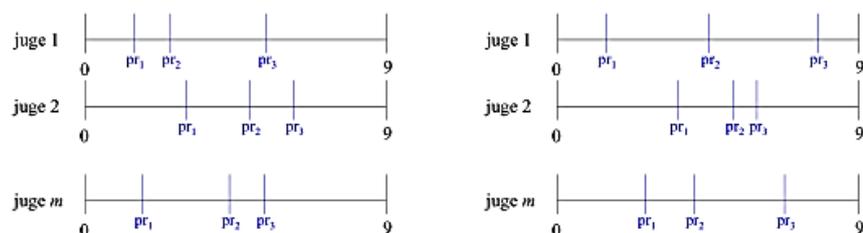


FIGURE 1.1 – Différences entre juges dans la manière de noter : différents niveaux d'échelle (à gauche) ou différentes étendues (à droite).

Nous avons choisi de normer \mathbf{C} afin qu'il soit dans la même échelle que les tableaux \mathbf{X}_i . Par la suite, nous définissons les coefficients α_i par: $\alpha_i = \text{trace}(\mathbf{X}_i' \mathbf{C})$. Les coefficients α_i et β_i ($i \in \{1, \dots, m\}$) reflètent le même aspect à savoir l'accord du juge i avec le point de vue global du panel donné par \mathbf{C} . Cependant, les coefficients α_i sont plus facilement manipulables pour la mise en place de tests d'hypothèses. Nous avons les propriétés suivantes :

$$-1 \leq \alpha_i \leq 1$$

$\alpha_i = -1$ si $\mathbf{X}_i = -\mathbf{C}$ ce qui traduit un désaccord total du juge i avec le point de vue global du jury en ce sens que le juge i décrit les produits de manière diamétralement opposée aux autres juges.

$$\alpha_i = 1 \text{ si } \mathbf{X}_i = \mathbf{C}.$$

Afin de caractériser la performance globale du jury, nous proposons l'indicateur :

$\gamma = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \alpha_i$. L'interprétation de cet indicateur est aisée : plus il est proche de 1, plus les juges sont en accord entre eux.

Centering matrix

In mathematics and multivariate statistics, the **centering matrix**^[1] is a symmetric and idempotent matrix, which when multiplied with a vector has the same effect as subtracting the mean of the components of the vector from every component.

Contents

Definition

Properties

Application

References

Definition

The **centering matrix** of size n is defined as the n -by- n matrix

$$C_n = I_n - \frac{1}{n} \mathbb{O}$$

where I_n is the identity matrix of size n and \mathbb{O} is an n -by- n matrix of all 1's. This can also be written as:

$$C_n = I_n - \frac{1}{n} \mathbf{1}\mathbf{1}^\top$$

where $\mathbf{1}$ is the column-vector of n ones and where \top denotes matrix transpose.

For example

$$C_1 = [\mathbf{0}],$$

$$C_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix},$$

$$C_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} - \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \\ -\frac{1}{3} & \frac{2}{3} & -\frac{1}{3} \\ -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} & \frac{2}{3} \end{bmatrix}$$

4

⁴Pour une matrice carrée M , sa trace est la somme de ses coefficients diagonaux, notée $\text{Tr}(M)$. Exemple : La trace est une forme linéaire sur l'ensemble des matrices carrées d'ordre n , qui vérifie en outre $\text{Tr}(AB)=\text{Tr}(BA)$ pour toutes matrices A et B .

Properties

Given a column-vector, \mathbf{v} of size n , the **centering property** of C_n can be expressed as

$$C_n \mathbf{v} = \mathbf{v} - \left(\frac{1}{n} \mathbf{1}' \mathbf{v}\right) \mathbf{1}$$

where $\frac{1}{n} \mathbf{1}' \mathbf{v}$ is the mean of the components of \mathbf{v} .

C_n is symmetric positive semi-definite.

C_n is idempotent, so that $C_n^k = C_n$, for $k = 1, 2, \dots$. Once the mean has been removed, it is zero and removing it again has no effect.

C_n is singular. The effects of applying the transformation $C_n \mathbf{v}$ cannot be reversed.

C_n has the eigenvalue 1 of multiplicity $n - 1$ and eigenvalue 0 of multiplicity 1.

C_n has a nullspace of dimension 1, along the vector $\mathbf{1}$.

C_n is a projection matrix. That is, $C_n \mathbf{v}$ is a projection of \mathbf{v} onto the $(n - 1)$ -dimensional subspace that is orthogonal to the nullspace $\mathbf{1}$. (This is the subspace of all n -vectors whose components sum to zero.)

Application

Although multiplication by the centering matrix is not a computationally efficient way of removing the mean from a vector, it forms an analytical tool that conveniently and succinctly expresses mean removal. It can be used not only to remove the mean of a single vector, but also of multiple vectors stored in the rows or columns of a matrix. For an m -by- n matrix X , the multiplication $C_n X$ removes the means from each of the n columns, while $X C_n$ removes the means from each of the m rows.

The centering matrix provides in particular a succinct way to express the scatter matrix, $S = (X - \mu \mathbf{1}')(X - \mu \mathbf{1}')'$ of a data sample X , where $\mu = \frac{1}{n} X \mathbf{1}$ is the sample mean. The centering matrix allows us to express the scatter matrix more compactly as

$$S = X C_n (X C_n)' = X C_n C_n X' = X C_n X'.$$

C_n is the covariance matrix of the multinomial distribution, in the special case where the parameters of that distribution are $k = n$, and $p_1 = p_2 = \dots = p_n = \frac{1}{n}$.

La **matrice transposée** (on dit aussi la **transposée**) d'une matrice $A \in M_{m,n}(K)$ est la matrice notée ${}^t A \in M_{n,m}(K)$ (aussi parfois notée A^T ou A'), obtenue en échangeant les lignes et les colonnes de A .

Si $B = {}^t A$ alors $\forall (i, j) \in \{1, \dots, n\} \times \{1, \dots, m\}$ $b_{i,j} = a_{j,i}$.

Exemple : si $A = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{pmatrix}$ alors ${}^t A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$.

Idempotent matrix

In linear algebra, an **idempotent matrix** is a matrix which, when multiplied by itself, yields itself.^{[1][2]} That is, the matrix M is idempotent if and only if $MM = M$. For this product MM to be defined, M must necessarily be a square matrix. Viewed this way, idempotent matrices are idempotent elements of matrix rings.

Contents

- Example
- Real 2×2 case
- Properties
- Applications
- See also
- References

Example

Examples of a 2×2 and a 3×3 idempotent matrix are $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ and $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$, respectively.

Real 2×2 case

If a matrix $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ is idempotent, then

- $a^2 = a$ implying $a = 0$ or $a = 1$ so $b = 0$ or
- $d^2 = d$ implying $d = 0$ or $d = 1$ so $c = 0$ or
- $ac = 0$

Thus a necessary condition for a 2×2 matrix to be idempotent is that either it is diagonal or its trace equals 1. Notice that, for idempotent diagonal matrices, a and d must be either 1 or 0.

If $b = c$, the matrix $\begin{pmatrix} a & b \\ b & d \end{pmatrix}$ will be idempotent provided $a + d = 1$ so a satisfies the quadratic equation

$$\text{or } \left(a - \frac{1}{2}\right)^2 + b^2 = \frac{1}{4}$$

which is a circle with center $(1/2, 0)$ and radius $1/2$. In terms of an angle θ ,

$$M = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 - \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & 1 + \cos \theta \end{pmatrix} \text{ is idempotent.}$$

However, $b = c$ is not a necessary condition: any matrix

$\begin{pmatrix} a & 0 \\ 0 & 1-a \end{pmatrix}$ with $a \in \{0, 1\}$ is idempotent.

Properties

With the exception of the identity matrix, an idempotent matrix is singular; that is, its number of independent rows (and columns) is less than its number of rows (and columns). This can be seen from writing $M^2 = M$, assuming that M has full rank (is non-singular), and pre-multiplying by M^{-1} to obtain $M = I$.

When an idempotent matrix is subtracted from the identity matrix, the result is also idempotent. This holds since

22:17

https://en.wikipedia.org/wiki/Idempotent_matrix

1/2

21/03/2018

Idempotent matrix - Wikipedia

$$[I - M][I - M] = I - M - M + M^2 = I - M - M + M = I - M.$$

A matrix A is idempotent if and only if for all positive integers n , $A^n = A$. The 'if' direction trivially follows by taking $n = 1$. The 'only if' part can be shown using proof by induction. Clearly we have the result for $n = 1$, as $A^1 = A$. Suppose that $A^k = A$. Then, $A^{k+1} = A^k A = A A = A$, as required. Hence by the principle of induction, the result follows.

An idempotent matrix is always diagonalizable and its eigenvalues are either 0 or 1.^[3] The trace of an idempotent matrix – the sum of the elements on its main diagonal – equals the rank of the matrix and thus is always an integer. This provides an easy way of computing the rank, or alternatively an easy way of determining the trace of a matrix whose elements are not specifically known (which is helpful in statistics, for example, in establishing the degree of bias in using a sample variance as an estimate of a population variance).

Applications

Idempotent matrices arise frequently in regression analysis and econometrics. For example, in ordinary least squares, the regression problem is to choose a vector β of coefficient estimates so as to minimize the sum of squared residuals (mispredictions) e_i ; in matrix form,

Minimize

where y is a vector of dependent variable observations, and X is a matrix each of whose columns is a column of observations on one of the independent variables. The resulting estimator is

where superscript T indicates a transpose, and the vector of residuals is^[2]

Here both M and H (the latter being known as the hat matrix) are idempotent and symmetric matrices, a fact which allows simplification when the sum of squared residuals is computed:

The idempotency of M plays a role in other calculations as well, such as in determining the variance of the estimator $\hat{\beta}$.

An idempotent linear operator P is a projection operator on the range space $R(P)$ along its null space $N(P)$. P is an orthogonal projection operator if and only if it is idempotent and symmetric.

Pour chaque jour (#d), le rapport de signal / bruit (S/N) a été estimé pour chaque évaluateur sensoriel (#m), à partir de : *the cross-validated mean square errors* de la prédiction des variables «Y» $MSEP(Y)$, moyennées sur tous les 48 échantillons et tous les termes sensoriels pour ce jour-là et pour l'évaluateur. La variance initiale totale avant la modélisation (c'est-à-dire à des facteurs nuls, $MSEP(Y)_{OPCS}$ (*the cross-validated mean square errors of prediction of the Y-variables*)) a été définie comme étant le signal et la variance résiduelle validée après la modélisation ($MSEP(Y)_{4PCS}$) a été définie comme le niveau de bruit estimé:

$$S/N_{d,m} = MSEP(Y)_{0PCS,d,m} / MSEP(Y)_{4PCS,d,m}$$

The average signal/noise ratio for each day d was defined as the mean over the eight assessors:

$$S/N_d = \sum_{m=1}^8 \frac{S/N_{d,m}}{8}$$

The standard error of the mean S/N_d was defined as

$$s(S/N_d) = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^8 (S/N_{d,m} - S/N_d)^2}{(8-1) \cdot 8}}$$

La comparaison des moyens a été effectuée par ANOVA en utilisant le *Tue honestly significant differences test* au niveau de 5% (SPSS, Chicago, IL), qui a été sélectionné à partir d'un tableau de points en pourcentage de la gamme normalisée avec $\alpha = 0.05$ et $k =$ nombre de pas entre les moyennes ordonnées, a été utilisé pour différencier le S/N_d entre les jours $d = 1, 2, \dots, 5$.

La méthode descriptor leverage: l'unicité des différents termes sensoriels a été évaluée pour chacun des cinq jours de formation. Le but était de voir si le *sensory descriptor leverage* aurait pu être utilisé avec plus de succès que l'ACP originale pour la réduction du terme à la fin de chaque journée.

Durant chaque jour, les données ont d'abord été prétraitées pour corriger les différences d'échelle entre les évaluateurs: Pour chaque évaluateur, chaque terme a été normalisé à zéro moyenne (pour corriger les effets de niveau dans l'utilisation de l'échelle) et un écart-type d'un (pour corriger les effets de niveau d'échelle dans l'utilisation de l'échelle) sur les six échantillons. Ces données corrigées ont été fusionnées pour donner 48 échantillons pour le nombre donné de termes sensoriels ce jour-là.

Ces données sensorielles corrigées de niveau — et de gamme étaient maintenant définies comme des variables «X», $k = 1, 2, \dots, K$, et les six indicateurs variables pour les produits étaient utilisés comme six variables «Y» et soumis à PLSR, de nouveau sans aucune échelle. La validation croisée complète à un contre un a montré à nouveau 4 PCs pour obtenir une capacité prédictive optimale ou presque optimale. Par conséquent, l'effet de levier des variables «X» a été estimé à 4 PCs.

Descriptor leverages value $h_{k,A}$ in a model with $A = 1, 2, 3, 4$ PCs are defined (Martens and Martens, 2001) for each X-variable k (sensory term m) as:

$$h_{k,A} = \sum_{a=1}^A w_{k,a}^2$$

Les valeurs de descriptor leverage $h_{k,A}$ affichent l'unicité des termes sensoriels utilisés comme variable «X» dans un modèle bilinéaire⁵ de dimension «A», et compris entre 0 (une variable n'affectant pas le modèle) et 1 (une variable «X» dominante).

Élaboration de la liste préliminaire des termes: une évaluation préliminaire des échantillons par le responsable du panel et des experts ayant des connaissances sur les produits a été entreprise une semaine avant la formation pour développer la liste initiale des termes sensoriels. Les échantillons utilisés couvraient les jours de WOF pour chacun des traitements. Les termes sensoriels sélectionnés devaient remplir tous les critères de sélection. A partir de cette liste initiale de 36 termes sensoriels composés d'odeurs, de saveurs, les goûts de base et les arrière-goûts ont été dérivés.

Examen de l'efficacité du développement vocabulaire: un diagramme schématique (vue en haut) du développement du vocabulaire durant période de formation de cinq jours. Le classement des échantillons par l'ACP, des informations sur le regroupement des termes et des suggestions de panel ont été utilisées pour réduire les termes sensoriels de 36 à 21 termes en cinq jours. Les modèles d'ACP pour les résultats moyens des panels ont été évalués pour CP1 contre CP2, CP2 contre CP3 et CP1 contre CP3 après chaque séance d'entraînement.

Après le premier jour de formation, aucun des termes sensoriels n'a été éliminé car cette session a été utilisée comme une période de familiarisation pour les évaluateurs. *Pour la session de 2eme jour*, sept termes ont été supprimés, *Fresh Cooked Pork-O (odour)*, *Piggy-O*, *Cardboard-F (flavour)*, *Linseed-F*, *Nut-F*, *Lactic-AT (aftertaste)* and *Bouillon-AT*.

Pour la séance d'entraînement 3eme jour, deux termes ont été retirés, *Lactic-O* and *Meat-F*. Encore une fois, en utilisant des suggestions de covariance et d'évaluateur ACP.

Au cours de la session de 4eme jour, trois termes ont été supprimés, *Roasted-F* and *Fatty-Mouthcoating-AT* and *Rubber-Fet* quatre termes ont été fusionnés: *Bouillon-O* and *MSG-T* deviennent *MSG-T/Bouillon-O*, aussi *Metallic-F* and *Bloody-F* sont fusionnés en *Metallic-F/Bloody-F*. *Pour la session de 5eme jour*, un terme a été supprimé, *Metallice-AT*.

☞ La partie suivante de cette étude était d'examiner l'efficacité de ce protocole pour la réduction des termes et d'examiner s'il y avait une amélioration de la capacité discriminante de panel.

La capacité discriminante de l'évaluateur a été quantifiée et l'effet de *descriptor leverage* a été utilisé pour mesurer l'efficacité globale de la réduction des termes sensoriels.

La variance sensorielle expliquée dans le PLSR pour les données moyennes du panel sur le 2eme jour d'entraînement (**figure .2.2A**) était CP1 = 43.7% et CP2 = 25.0%. Les pourcentages correspondants pour le 5eme jour d'entraînement (**figure .2.2B**) étaient CP1 = 49,0% et CP 2 = 19,0%. Comme la formation progresse, CP1 décrit mieux les principales sources de variation que la CP2, PC1 a mieux décrit les principales sources de variation que la CP2.

⁵Une application linéaire séparément par rapport à deux variables ou une fonction linéaire en chacune des deux variables, en parlant d'une fonction de deux variables vectorielles.

Les termes sensoriels *Fresh Cooked Pork-O* et *Fresh Cooked Pork-F* sont bien corrélés (**figure .2.2A**), mais ils coïncident également avec l'échantillon *LIE-5*, un échantillon qui a été conservé au réfrigérateur à 4 °C pour 5 jours. Deux des goûts de base (Taste), *Sour-T* et *Sweet-T* sont également covariants, ce qui indique que le panel n'était pas tout à fait clair en ce qui concerne la notation de ces descripteurs. Cependant, une amélioration spectaculaire des capacités discriminantes des apprenants est remarquable durant le 5^{eme} jour de formation (**figure .2.2B**). Comparé à la **figure .2.2A**, une plus grande variation dans le développement de *WOF* a été expliquée dans la **figure .2.2B** et les échantillons d'apprentissage s'adaptent davantage au modèle. *PCon-0* et *LE-0* sont bien corrélés avec le terme sensoriel frais, *Fresh Cooked Pork-F* et *PI-5* et *PE-5* avec *Rancid-F* et *Fish-F*.

Il semble également y avoir une séparation entre *M. longissimus dorsi* et *M. psoas major* sur la base du développement de *WOF*. *M. psoas major* est corrélé avec les termes d'oxydation avec *PCon-0* covariante avec *Linseed-O* et *Rubber-O* et *PI-5* et *PE-5* covariant avec *Rancid-F* et *Fish-F*. Cependant, la différenciation de *M. longissimus dorsi* semble provenir des termes sensoriels frais *Sweet-T* et *Fatty-O* (matière grasse non oxydée) pour *LE-0* au terme plus oxydatif *Green-O* pour *LI-0* à *Cardboard-O* pour *LIE-5*. Peut-être que ces descripteurs sensoriels décrivent un degré de développement *WOF* moins intense par rapport aux descripteurs oxydatifs associés à *M. psoas major*.

M. longissimus dorsi est un muscle blanc et contient moins de phospholipides, en particulier plus d'acides gras insaturés par rapport au muscle rouge *M. psoas major* et il est beaucoup moins sensible aux attaques oxydatives. Cela peut expliquer cette séparation due aux divers degrés de développement de *WOF*. Dans l'ensemble, les capacités discriminantes du panel sensoriel se sont améliorées au cours de l'entraînement sensoriel.

Quantification de la capacité discriminatoire: la **figure.2.3** (ci-dessous) montre les moyennes des ratios signal / bruit (S/N_d) d'évaluateur pour les variables sensorielles, pour les jours d'entraînement $d = 1, 2, 3, 4$ et 5 . Le ratio S/N est essentiellement le signal (variance initiale totale) divisé sur le bruit (variance croisée validée résiduelle). Après 5 jours de formation, le signal des évaluateurs était significativement ($P < 0.05$) plus grand que les éléments bruyants. Cela peut être utilisé comme un indice de la capacité discriminatoire de l'évaluateur. Il y a une augmentation initiale significative ($P < 0.05$) du ratio S/N durant la 2^{eme} séance de formation, suivie par une augmentation non significative dans la 3^{eme} session. La 4^{eme} session a produit une augmentation légèrement plus élevée du S/N du panel, suivi par augmentation ($P < 0.05$) de ratio S/N dans la 5^{eme} session.

En général, comme la formation progressait, le ratio S/N augmentait, indiquant une augmentation de la capacité discriminatoire de l'évaluateur au fil du temps, le plus haut niveau de capacité discriminatoire était durant 5^{eme} jour de la formation.

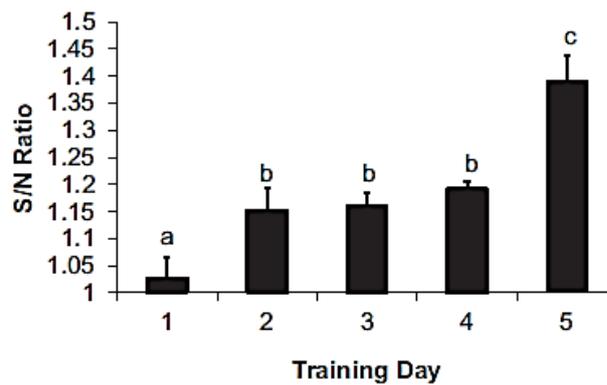


FIGURE 2.3 Shown are the mean assessor *S/N* ratios for training sessions 1, 2, 3, 4 and 5. along the *Y*-axis lies the total initial variance (signal)/residual cross-validated variance (noise). Means with different letters (a, b, c) were significantly different ($P < .05$). From O'Sullivan, M.G., Byrne D.V., Martens, M., 2002. Data analytical methodologies in the development of a vocabulary for evaluation of meat quality, *Journal of Sensory Studies* 17, 539–558.

Descriptor leverage pour déterminer l'efficacité de la réduction de termes sensoriels: protocole: une fois le projet est terminé, *descriptor leverage* ($h_{k,A}$) pour divers ensembles de termes sensoriel $sk = 1, 2, \dots, K$ dans les modèles *PLSR* utilisant des $CP_{sa} = 1, 2, \dots, A$: a été utilisé pour évaluer l'efficacité de la procédure de réduction du vocabulaire utilisé pendant la période de formation proprement dite pour développer le vocabulaire sensoriel final (impliquant des suggestions d'ACP et d'évaluateur). Sur la Durant le 2eme jour d'entraînement est présentés comme des barres consécutives correspondant aux PCs 1, 2, 3 et 4, respectivement. Au cours de la 2eme séance d'entraînement sensorielle, huit termes sensoriels (*Fresh Cooked Pork-O*, *Piggy/Animal-Like-O*, *Cardboard-F*, *Linseed oil-F*, *Nut-F*, *Lactic acid/fresh*, *sour-AT* et *Bouillon-AT*) ont été éliminés en interprétant l'information recueillie dans l'ACP portant sur les résultats des scores, les renseignements sur le regroupement des termes et les suggestions du groupe d'experts.

Les principaux critères de suppression d'un terme à ce stade de la formation étaient de savoir s'il y avait de redondance en ce qui concerne les termes, par exemple, *Cardboard-O* et *Cardboard-F*. Si un terme coïncidait davantage dans la courbe d'ACP, ou si le panel préférait un terme plutôt qu'un autre, ce dernier terme était considéré comme redondant et donc supprimé de la liste des descripteurs pour le prochain jour de formation.

La méthode a confirmé que les termes retirés de la liste de formation sont en corrélation avec la méthode réelle d'élimination, la covariance de l'ACP et les suggestions de l'évaluateur. Par exemple, le *descriptor leverage* pour les termes *Piggy/Animal-O*, *Cardboard-F*, *Linseed oil-F*, *Nut-F*, *Lactic acid/fresh* *sour-AT* and *Bouillon-AT* était inférieur par rapport au *descriptor leverage*, pour leurs termes correspondants, *Piggy/Animal-F*, *Cardboard-O*, *Linseed oil-O*, *Nut-O*, *Lactic acid/fresh* *sour-F* and *Bouillon-O*, respectivement. Le premier dans chaque cas a donc été considéré comme redondant et corrélé avec le processus de sélection en utilisant des suggestions d'ACP et d'évaluateur (*tableau en haut sur les termes sensoriels*).

Cependant, le *Fresh Cooked Pork-O* a été retiré de préférence pour *Fresh Cooked Pork-F* en utilisant

ce protocole même si le *Fresh Cooked Pork-O* avait un effet *descriptor leverage* beaucoup plus important. L'effet de levier est encore assez élevé pour *Cooke Porc-F*, mais *FreshCooked Pork-O* cuit aurait peut-être trouvé un descripteur plus approprié.

Pour le troisième jour d'entraînement, *Lactic acid/fresh sour-F* a mieux expliqué dans le graph d'ACP que *Lactic acid/fresh sour-O* et a donc été retiré. La *Meat-F* a également été éliminée car le *Fresh Cooked Pork-F* était aussi mieux expliqué dans le graph d'ACP (tableau en haut sur les termes sensoriels).

Pour la quatrième journée d'entraînement, les termes sensoriels *Bouillon-O*, *MSG-T*, *Metallic-F* et *Bloody-F* ont été fusionnés pour former respectivement les descripteurs *MSG-T/Bouillon-O* et *Metallic-F/Bloody-F*. Cette décision reposait à nouveau sur une combinaison de suggestion de panel et de covariance de l'ACP. Le terme *Roasted-F* a été supprimé de la liste d'apprentissage parce qu'il ne remplissait pas deux des critères d'inclusion à terme, la pertinence pour les échantillons (c.-à-d. Les échantillons n'étaient pas rôtis) et la discrimination entre les échantillons. Le terme *Fatty-Mouthcoating-ATa* a été abandonné en faveur de *Fatty-O*, encore une fois en raison de la covariance dans le graph d'ACP.

Pour le dernier jour de formation, le terme *Metallic-AT* a été abandonné car il coïncidait avec le descripteur fusionné *Metallic-F / Bloody-F*.

En conclusion, le *descriptor leverage* indique que le développement de vocabulaire était en grande partie correct basé sur les suggestions d'ACP et de panel, avec quelques exceptions.

Par conséquent, l'utilisation de l'effet de *leverage* plus PLSR ou ACP et suggestions de panel peuvent être utilisés à l'avenir en combinaison pour répandre un plus grand degré de confiance dans le développement du vocabulaire sensoriel.

Résumé : la méthodologie d'analyse sensorielle et de données utilisée pendant les 5 jours de formation a permis de réduire la liste initiale des termes sensoriels de 36 à 21 mots. Les descripteurs sensoriels utilisés dans la liste finale reflétaient la variation (type de muscle, degré de WOF) présent dans les échantillons de viande. Après 5 jours de formation, les évaluateurs ont pu séparer *M. longissimus dorsis* et *M. psoas major* et à son tour séparer ces différents échantillons de muscle en ce qui concerne leur degré de développement de WOF. Les six échantillons d'entraînement ont également mieux couvert l'espace du modèle pour la 5^{ème} journée d'entraînement par rapport à la 2^{ème} journée d'entraînement.

Avec la progression de la formation, la moyenne de ratio S / N de panel augmentait, indiquant une augmentation de la capacité discriminative de panel au fil du temps, avec un plus haut niveau de capacité discriminatoire entre les échantillons d'entraînement durant le dernier jour de formation. Ainsi, les capacités discriminantes du panel sensoriel améliorées sur le cours d'entraînement sensoriel. L'utilisation de l'effet de levier des descripteurs a fourni une plus grande quantité d'informations concernant l'élimination des termes sensoriels par opposition aux suggestions d'ACP et d'évaluateur seul. L'effet de *descriptor leverage* a montré l'unicité des termes sensoriels pour toutes les composantes

principales pertinentes d'un modèle et a fourni un degré de confiance plus élevé en ce qui concerne la réduction du terme sensoriel. Ainsi, il est suggéré qu'une combinaison de l'effet de *descriptor leverage*, de l'interprétation graphique des modèles bilinéaires et des suggestions de l'évaluateur peut être une stratégie utile dans les futures études de développement du vocabulaire.

Test affectif sensoriel (hédonique) :

Introduction: pour que tout produit alimentaire soit commercialement réussi, les désirs et les demandes des consommateurs doivent être pris en compte et respectés en ce qui concerne les propriétés sensorielles de ces produits, avant que d'autres dimensions de qualité ne deviennent pertinentes.

La qualité constante des produits est un objectif clé dans l'industrie alimentaire. Assurer une qualité supérieure, cependant, il est clairement défini, est clairement nécessaire dans la production et la distribution de produits alimentaires. De plus, la qualité du produit est directement liée à la satisfaction du client et, en fin de compte, à la répétition des ventes. Les méthodes de test sensoriel affectif utilisent l'hédonique (aimer) pour capturer la réponse sensorielle émotive d'évaluateurs naïfs qui peuvent être soit des consommateurs, soit des évaluateurs semblables au consommateur. Ils sont notés sur leur préférence ou sur leur «Aimer» des choses comme l'apparence, la saveur ou la texture et, finalement, leur impression générale d'un produit ou «Acceptabilité globale».

Idéalement, le nombre d'évaluateurs requis pour les tests affectifs, à l'exception des groupes de discussion, est beaucoup plus élevé qu'avec les tests descriptifs, car la taille de l'échantillon doit être représentative d'une plus grande population de consommateurs. C'est une convention de science sensorielle que les tests hédoniques et les tests plus analytiques ne devraient pas être entrepris avec les mêmes répondants. Cela est certainement vrai pour les panels sensoriels formés pour le profilage descriptif où les éléments hédoniques ne devraient jamais être inclus. La raison en est que, comme les panneaux sont formés pour répondre aux attributs sensoriels définis, toute réponse hédonique qu'ils peuvent avoir peut être déformée et donc peu fiable.

Les tests sensoriels affectifs peuvent être qualitatifs (groupes de discussion) ou quantitatifs (préférence, tests d'acceptation sensorielle, tests de consommation). Les types affectifs qualitatifs et quantitatifs d'essais sont généralement situés aux extrémités opposées du spectre de la recherche et du développement. Les groupes de discussion utilisent généralement un nombre relativement restreint d'individus sélectionnés et sont bons pour tester des concepts de produits et des idées d'emballage, et ne sont pas si chers. Les tests d'acceptation sensorielle peuvent être utilisés au cours des processus de développement et d'optimisation comme un moyen d'évaluer la pertinence des variantes de manière hédonique et implique de 25 à 75 individus.

Considérant que les tests consommateurs sont généralement impliqués après que les différentes étapes du développement du produit sont terminées comme un moyen de validation du produit final avant le lancement du produit et implique un grand nombre de consommateurs (> 100). L'optimisation des produits alimentaires ou des boissons est entreprise pour maintenir ou améliorer le goût de ce produit avec le respect de la qualité sensorielle du consommateur.

Les situations où il est nécessaire de maintenir la qualité plutôt que d'améliorer la qualité pourraient faire partie d'une stratégie de substitution d'ingrédients ou peut-être faire partie d'un processus de formulation au moindre coût. *Cela me rappelle un vieil adage qu'un ancien directeur général m'avait*

dit, il y a nombreuses années, en tant que technologue en développement de procédés et de produits pour une grande entreprise d'ingrédients: «Ne me donnez pas la même chose».

Cet adage est également très appliqué aux stratégies de rétro-ingénierie que de nombreuses entreprises entreprennent dans le but de reproduire le profil sensoriel des produits concurrents. Le maintien de la qualité sensorielle est également utilisé pour des raisons d'optimisation nutritionnelle en remplaçant un ingrédient par un autre plus sain. Ainsi, les tests d'acceptation et de préférence peuvent être utilisés pour déterminer qualitativement et quantitativement si les consommateurs aiment le produit modifié, ainsi que pour tenir compte des différences dues à l'âge et au sexe, ainsi qu'aux influences culturelles. Ainsi, le produit et les attributs individuels peuvent être évalués en utilisant des échelles hédoniques et diagnostiques pour déterminer si les modifications de formulation du produit sont nécessaires et rentables. La préférence forcée peut être utilisée pour déterminer si un produit est significativement préféré à d'autres. Pour deux échantillons ou plus, un test de classement peut être utilisé pour déterminer la préférence.

Test affectif qualitatif – groupes de discussion : les entretiens de groupe de discussions sont une méthode rapide de collecte de données grâce à l'interaction de groupe sur des sujets déterminés par le chercheur. Une conversation libre est modérée par un chef de groupe, de manière informelle, pour promouvoir la discussion et la participation de groupe afin d'obtenir un aperçu des pensées et du comportement des consommateurs concernant un concept de produit particulier. Le cadre est généralement très informel et devrait mettre le groupe à l'aise. Généralement, une salle de conférence est utilisée avec les participants assis autour de la table de conférence. Les débats sont parfois visionnés et filmés au moyen d'un miroir à double sens dans une pièce voisine, de sorte que la discussion peut être observée par d'autres personnes qui peuvent prendre des notes ou enregistrer les débats pour une discussion ultérieure.

Les opinions, le langage corporel et les expressions faciales des participants peuvent également être observés pour aider à évaluer leur réaction au concept de produit dans la discussion. Les chercheurs s'intéressent à fournir la mise au point, alors que l'interaction de groupe produit les données. Cela peut être réalisé par des questions directes, des jeux de rôles ou d'autres techniques projectives. En règle générale, les sessions peuvent durer jusqu'à 2 heures. Les groupes de discussion peuvent être utilisés pour construire une compréhension d'une catégorie de produit du point de vue du consommateur, inspirant la génération d'idées, mais peuvent également être utilisés pour évaluer de nouveaux concepts de produits et même des échantillons. Le test est subjectif dans la mesure où les membres du groupe sont interrogés sur leurs sentiments vis-à-vis d'un produit. L'objectif est de déterminer les habitudes alimentaires, les préférences et les opinions du panel pour le produit en question.

Le chef du groupe de discussion ou le modérateur devrait être une personne formée. Ceci est nécessaire pour que les idées et le comportement des consommateurs soient déterminés plutôt que de simples réponses superficielles du groupe. Le groupe doit être soigneusement sélectionné et refléter le

marché cible final du produit (package) à évaluer. Comme le groupe d'individus, nécessite généralement 6 à 10 personnes, qui sont payés, il est de la responsabilité du modérateur de déterminer clairement la pertinence et les motivations de la participation des candidats. Si leur principale priorité est le paiement, ils peuvent être moins que véridiques au sujet de leur vraie situation démographique. Ces personnes peuvent être classées comme «tricheurs». Les tricheurs mentent sur leur situation afin de se qualifier pour le groupe de discussion. Considérant que les tricheurs mentent sur la durée écoulée depuis leur dernière participation à un groupe, qui ne devrait pas être inférieure à 6 mois. Évidemment, le «tricheur» pratique ces deux tactiques mensongères et peut même le faire sur une base professionnelle ou semi-professionnelle.

Le «tricheur» pose un problème particulier à la réalisation de groupes de discussion et peut être extrêmement difficile à prévenir. Pour cette raison, les candidats devraient, dans la mesure du possible, être invités à fournir une pièce d'identité suffisamment fiable ou être payés directement sur un compte bancaire. De cette manière, les fausses identités peuvent être éliminées et un enregistrement peut être conservé pour surveiller la participation future dans d'autres groupes si nécessaire. De plus, le questionnaire de pré-sélection peut aider à éliminer les individus inadéquats. Un questionnaire de sélection de recrutement devrait être soigneusement élaboré, de même qu'une conversation informelle afin que le modérateur puisse déterminer leur aptitude. Ce questionnaire de présélection doit être complet, court et peut être écrit ou rempli verbalement ou par téléphone. Un manque de connaissance du produit à tester ou une situation démographique ambiguë sont des motifs de non-inclusion. Des réponses contradictoires ou une ambiguïté pourraient identifier de tels candidats. Cependant, cela n'empêche pas le «tricheur» de participer à d'autres groupes de discussion externes dans un domaine particulier.

Comment cela peut-il être contrôlé?, une façon d'expliquer aux candidats qu'un critère de participation permet au modérateur ou à un autre individu de contacter d'autres participants de groupe de discussion connus dans un domaine, comme d'autres fournisseurs de services sensoriels. Aux États-Unis et au Canada, le service de suivi des groupes de discussion peut être utilisé pour identifier les «tricheurs». Leurs coordonnées et leur numéro de téléphone sont recherchés dans une base de données de participants aux groupes de discussion pour les identifier puis exclure ces personnes.

Une fois qu'un groupe approprié est sélectionné, les groupes de discussion peuvent s'avérer très utiles. Selon Powell et Single (1996), les groupes de discussion sont essentiels pour générer des concepts dans une zone où les connaissances antérieures sur la zone à étudier sont quantitativement limitées. Cependant, un groupe de discussion mal choisi peut faire exactement le contraire et incroyablement dommageable avec des réponses mal informées pouvant être utilisées pour formuler un nouveau produit, initiant ainsi un processus de développement de produit coûteux qui est finalement voué à l'échec. Pour éviter cela, il est important d'utiliser au moins deux ou plusieurs groupes de discussion comme moyen de validation. L'obtention de réponses similaires ou tendance, indique un consensus et le modérateur peut avoir confiance que les données obtenues sont correctes. Les

participants à la discussion ne devraient pas être trop doux ou trop audacieux. Les personnes qui ne donnent pas leur opinion sont peu utiles et tout aussi inutiles sont les personnes très extraverties qui peuvent prendre le relais et peut-être tourner en une discussion libre.

Tests d'acceptation sensorielle: le test d'acceptation sensorielle est un test d'orientation de petite taille qui implique généralement 25 – 75 participants qui sont des consommateurs réguliers du produit à tester. La sélection des panels est cruciale pour assurer une collecte utile d'informations. Les panels devraient être soigneusement sélectionnés et ils doivent représenter le public cible du produit ou du concept. Les évaluateurs peuvent provenir de sources internes telles que les employés ou peuvent être recrutés de l'extérieur. Il y a des avantages et des inconvénients pour les deux régimes. Les employés sont toujours sur place, mais ils ne sont pas toujours disponibles en raison de la pression du travail ou de la motivation, mais ils sont certainement plus rentables. Les groupes externes exigent généralement un paiement et doivent passer par le processus de recrutement et les divers défis logistiques liés à leur participation à une session à un moment et à un endroit donnés. Cependant, comme les panneaux externes sont payés, ils sont habituellement disponibles pour plus longtemps et le chef de groupe n'est pas sous pression pour les retourner à leur travail. Le test ne devrait être utilisé que pour mesurer l'acceptation ou la préférence. Les caractéristiques du produit sont parfois incluses dans ce test, mais cela n'est pas recommandé car les résultats peuvent être confondus.

Ils ne peuvent évaluer que les descripteurs hédoniques (Aimants) tels que : l'apparence, l'arôme, la saveur, la texture et l'acceptabilité globale, ou ils peuvent évaluer uniquement la préférence ou les attributs qui déterminent la préférence. De cette manière, un grand nombre de prototypes expérimentaux peuvent être examinés. En fin de compte, les formulations sélectionnées qui ont atteint la cible d'acceptation sensorielle nécessaire, seront soumises à d'autres tests sensoriels affectifs en utilisant des études de préférence des consommateurs classiques en utilisant des consommateurs ($n > 100$).

Les tests d'acceptation sensorielle peuvent être effectués dans un laboratoire, un emplacement central ou à la maison. En laboratoire, la situation de présentation est standardisée pour chaque évaluateur en ce qui concerne la présentation du produit, l'éclairage, la température, l'environnement (stand sensoriel standard avec trappe de service) et il est possible d'utiliser entre 25 et 50 évaluateurs jusqu'à 75, mais seulement 40 est recommandé. *Stone et al. (2012a)* indiquent également qu'un test d'acceptation en laboratoire pourrait être effectué avec aussi peu que 24 évaluateurs si tous les évaluateurs évaluent tous les produits (conception de blocs équilibrés). Cependant, les données obtenues deviennent statistiquement plus fortes, plus le nombre d'évaluateurs utilisés est élevé. Plus le nombre de sujets utilisés dans un test est élevé, moins il est probable que des erreurs de type I et de type II se produisent.

Comme nous l'avons vu au chapitre 1, une erreur de type I se produit lorsque des différences sont trouvées entre les échantillons alors qu'il n'y en a pas vraiment. Le contraire peut également se produire, en ne rejetant pas l'hypothèse nulle et est appelé risque bêta, ou erreur de type II. Ici, aucune

différence n'est trouvée entre les échantillons où les différences existent réellement. Les risques alpha et bêta peuvent être réduits en augmentant le nombre d'observations ou la quantité de données nécessaires pour prendre une décision. En outre, pas plus de six produits devraient être présentés et le test devrait être limité à l'acceptation ou la préférence. Un plus grand nombre de produits peut être évalué si une pause ou un intervalle est inclus et que seule l'acceptation est mesurée, dans ce cas on peut évaluer jusqu'à 12 produits. Les tests de localisation centralisée doivent utiliser 100+ membres du grand public, et non des employés, qui sont les utilisateurs du produit à tester. Encore une fois, pas plus de cinq ou six produits devraient être testés et l'acceptation ou la préférence sera la seule mesure.

Enfin, pour les tests à domicile, 50 à 100 membres du public peuvent être utilisés pour évaluer seulement un ou deux produits. Cependant, en plus de l'attribut d'acceptation ou de préférence, ils peuvent également être utilisés pour évaluer l'intensité et l'information marketing. En effet, le produit peut être testé sous-utilisation réelle ainsi que des informations sur l'opinion de l'ensemble des familles, les prix, la fréquence d'utilisation, etc. Cependant, ces tests peuvent être coûteux.

Le nombre d'évaluateurs utilisés dans les tests susmentionnés sont des recommandations et, en tant que tels, ne devraient pas être considérés comme un scénario «aller-retour» si les nombres cibles ne peuvent pas être atteints.

Le test d'acceptation sensorielle classique implique l'évaluation du goût ou de la préférence du produit en utilisant l'échelle hédonique à neuf points (**figure 3.1**). Cette échelle a été omniprésente pour une telle évaluation sensorielle depuis son développement. C'est une échelle éprouvée qui est fiable et facile à utiliser par des évaluateurs naïfs ou non formés. Cependant, une échelle continue peut également être utilisée (*figure 3.1*), où les évaluateurs notent leurs scores sur une échelle de 10 ou 15 cm ancrée à gauche par aucun et la droite par le terme extrême. L'utilisation de cette échelle est plus difficile lorsque des bulletins en papier sont utilisés, au contraire des données collectées électroniquement à l'aide de logiciels tels que *Fizz*, *Compusense* ou *RedJade*. Dans le cas des bulletins en papier, le marquage de ligne sur l'échelle doit être mesuré avec une règle, puis entré manuellement dans le logiciel informatique tel qu'*Excel*.

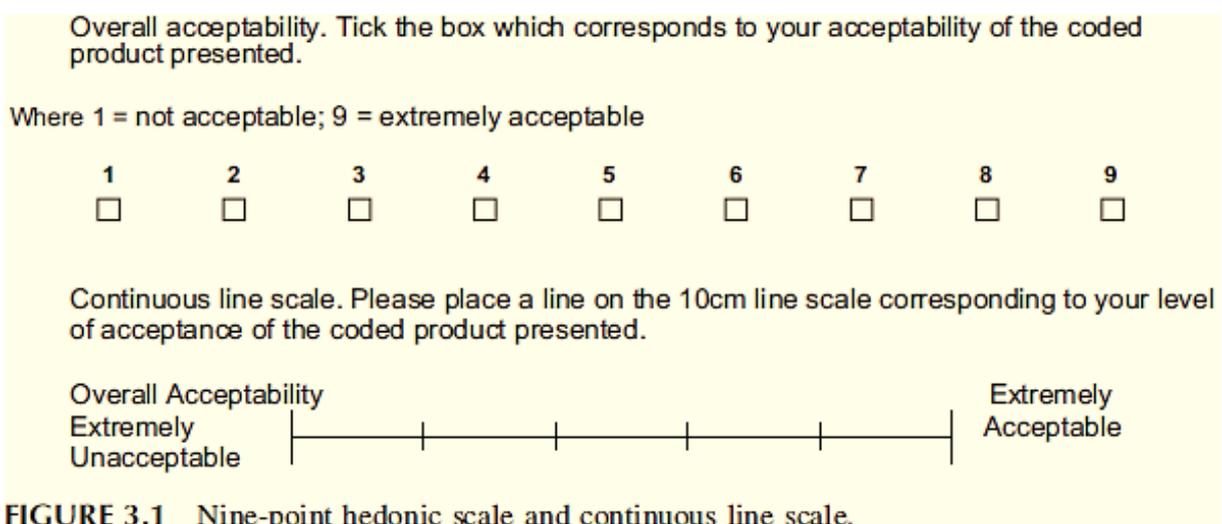


FIGURE 3.1 Nine-point hedonic scale and continuous line scale.

Les tests d'acceptation par les consommateurs sont beaucoup moins coûteux à réaliser que les tests à grande échelle sur les consommateurs, qui seront examinés dans la section suivante. Cependant, l'importance de ces tests est d'aider le développeur du produit à filtrer ses prototypes expérimentaux de manière standardisée et scientifique en utilisant la technique hédonique. Les tests d'acceptation sensorielle ne se substituent pas aux tests de consommation à grande échelle plus coûteux, de sorte qu'en fin de compte, les variantes finales produites par le développement et l'optimisation des produits doivent être validées par des tests de consommation à plus grande échelle. Ici encore, les aspects sensoriels du produit sont mesurés. De plus, des tests d'étude de marché peuvent être menés et qui sont plus larges dans leur conception et qui capturent également des informations sur les prix, l'intention d'achat ou l'utilisation du produit. De cette manière, le développeur du produit peut ensuite examiner les données et décider si le produit est suffisamment bon pour être commercialisé ou non.

Études de cas – tests d'acceptation sensorielle : les études de cas suivantes démontreront l'utilisation des tests d'acceptation sensorielle dans le développement et l'optimisation du produit et son intégration avec d'autres tests. Ces tests incluaient des tests sensoriels descriptifs (*ranking (classement) descriptive analysis (RDA)*) ainsi que des analyses physico-chimiques. Les tests d'acceptation sensorielle combinés avec RDA avec les données résultantes analysées par analyse de données multi-variées est une approche qui a été démontrée avec succès pour un certain nombre de produits: pouding au chocolat, pouding blanc, pouding noir, corned beef, café, beurre et le fromage de mozzarella.

Fellendorf et al. (2016) ont utilisé des études d'acceptation des consommateurs pour apercevoir un grand nombre de prototypes expérimentaux dans deux expériences conçues pour réduire les niveaux de sel et de graisse dans la saucisse de pouding noir.

ÉTUDE DE CAS 1: dans cette première étude, 25 formulations de pouding noir avec des teneurs en matières grasses variées de 2,5%, 5%, 10%, 15%, 20% (w / w) et des teneurs en sodium de 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1,0 % (w / w) ont été fabriqués à l'aide d'un équipement commercial de traitement de la viande à l'échelle pilote, puis cuits. L'étude a été entreprise dans le cadre d'une stratégie de réduction du sel et des matières grasses pour les viandes transformées en Irlande afin d'améliorer la qualité nutritionnelle des produits mais aussi de maintenir la qualité sensorielle, la sécurité, la fonctionnalité et la viabilité commerciale des produits. Cette étude de cas présente un schéma typique de développement de produits pour de nombreuses entreprises qui souhaitent peut-être collaborer avec des initiatives nationales et de consommateurs pour des produits alimentaires plus sains et, ce faisant, optimiser leur qualité sensorielle. Au cours des 20 dernières années, les viandes transformées ont attiré plus d'attention auprès du public pour de nombreuses raisons, notamment en ce qui concerne les problèmes de santé et constituent un bon exemple d'optimisation sensorielle pour des raisons nutritionnelles.

Indépendamment de l'opinion publique, le traitement de la viande sous-utilisée est nécessaire uniquement pour des raisons éthiques car il est responsable de convertir les matières non comestibles en une forme plus appétissante, réduisant ainsi le gaspillage alimentaire et générant davantage de produits alimentaires à base de protéines. De plus, et plus spécifiquement, le traitement prolonge la durée de conservation, améliore la texture et améliore la saveur globale. Cependant, le traitement de la viande conduit inévitablement à des produits ayant des quantités plus élevées de sel, d'acides gras saturés et de conservateurs tels que les nitrates qui ont des implications sur la santé, en particulier lorsque la surconsommation de tels produits aura lieu. Un risque plus élevé de maladie coronarienne, d'accident vasculaire cérébral, de cancer et d'obésité a été étroitement lié à leur consommation.

Le boudin noir, également connu sous le nom de saucisses de sang ou pouding de sang, est un produit à base de viande provenant de sang de porcs, de canards, de poulets, de bovins, de moutons ou de agneau et est populaire en Asie, en Europe et en Amérique. Les recettes et les portions diffèrent considérablement d'un pays à l'autre. En Estonie et en Italie, par exemple, les saucisses de sang sont principalement consommées en hiver. Les produits de type boudin noir peuvent contenir des miettes de pain, riz, pommes de terre en purée, pommes, farine d'avoine, orge, oignons, lait et sel, mais aussi chocolat, raisins secs, sucre ou beurre. Cependant, tous les produits de type boudin noir sont unifiés en composition en raison de la présence de sang ou de sous-produit sanguin comme ingrédient, fournissant ainsi une source unique de protéines et de fer. Le fer présent dans le sang est hautement bio-disponible puisqu'il est lié à l'hémoglobine qui agit également comme agent de couleur. En général, les protéines du sang possèdent des propriétés émulsifiantes, moussantes ou gélifiantes. De plus, aucun potentiel allergénique n'a été associé aux ingrédients à base de sang.

L'analyse de composition a été réalisée sur tous les prototypes expérimentaux et comprenait la mesure de la teneur en protéines, cendres, humidité, matière grasse et sel pour chaque formulation de

pouding, ainsi que l'analyse physicochimique incluant la couleur, l'analyse de texture et la perte en cuisson.

Le test d'acceptation sensorielle et une méthode rapide menée sur tous les échantillons. Le test d'acceptation sensorielle a été réalisé à l'aide d'un panel non entraînés ($n = 25 - 28$) dans la tranche d'âge est entre 21 et 60 ans. Ils ont été choisis sur la base de leur consommation de pouding noir d'une manière régulière. L'expérience a été menée dans des cabines de panneaux conformes aux normes internationales. Le test sensoriel a été divisé en cinq séances, cinq échantillons réchauffés (codés et présentés dans un ordre aléatoire) ont été servis aux évaluateurs. Ces derniers ont été invités à évaluer, sur une échelle continue de 1 à 10 cm, les attributs suivants selon leurs préférences en: apparence, saveur, texture, couleur et en acceptabilité générale (hédonique). Des échantillons de pouding noir ont été présentés en double. Les évaluateurs ont ensuite participé en utilisant la liste consensuelle des descripteurs sensoriels, y compris la quantité de grain, la grosseur, le piquant, la salinité, la jutosité, ténacité et saveur (intensité), qui a également été mesurée sur un 10 cm échelle de ligne. Tous les échantillons ont été à nouveau présentés en double.

Fellendorf et al. (2016) ont constaté que les échantillons riches en sodium (0,6 - 1,0%) étaient les plus notés en jutosité, ténacité, salinité, de en gras et en piquant. Ces échantillons étaient les plus acceptés, tandis que les échantillons contenant 0,2% de sodium étaient les moins acceptés. Des échantillons de pouding noir contenant 0,6% de sodium et 10% de gras présentaient une corrélation positive ($P < 0,05$) à l'appréciation de la saveur et de l'acceptabilité globale. Cela correspond, en fait, au niveau cible de sodium fixé par l'autorité de sécurité alimentaire de l'Irlande (*FSAI, 2011, 2014*) et montre en outre qu'une réduction de graisse dans les produits de boudin noir est plus que réalisable.

ÉTUDE DE CAS 2 : dans une deuxième étude plus élaborée, *Fellendorf et al. (2016)* ont utilisé les résultats de la première expérience comme base, pour une optimisation ultérieure en utilisant des substituts de sel et de graisse disponibles dans le commerce. Selon les résultats de la première étude, 22 poudings noirs possédant différents niveaux de gras (10%, 5%) et de sodium (0,6%, 0,4%) ont été produits avec 11 substituts différents de sel et de graisse (*tableau 3.1, de Fellendorf et al., 2016*).

Encore une fois, les produits ont été fabriqués à l'aide d'équipement commercial de traitement de la viande à l'échelle pilote. Une analyse de composition a été effectuée sur tous les prototypes expérimentaux et comprenait la mesure de la teneur en protéines, en cendres, en humidité, en matière grasse et en sel pour chaque formulation de pouding, ainsi qu'une analyse physicochimique, qui inclue la couleur, l'analyse de texture et la perte durant la cuisson.

Le test d'acceptation sensorielle a été effectué en utilisant des évaluateurs non formés ($n = 25 - 30$) dans la tranche d'âge est de 21 - 60 ans. Ils ont été de nouveau choisis selon leur consommation régulièrement des produits de boudin noir. L'expérience a été menée de manière similaire au premier cas d'étude dans des cabines conformes aux normes internationales. Le test sensoriel a été de nouveau divisé en cinq sessions, cinq échantillons réchauffés (codés et présentés dans un ordre aléatoire) ont été servis aux évaluateurs. Les évaluateurs ont de nouveau été invités à évaluer, sur une échelle

continue de 1 à 10 cm, les attributs suivants: leur préférence de l'apparence, de la saveur, de la texture, de la couleur ainsi que l'acceptabilité globale (hédonique).

TABLE 3.1 Black Pudding Formulations With Different Replacers

Sample ^a	Formulation (%)										
	Meat	Fat	Salt	Water	Blood Powder	Seasoning	Oatmeal	Onion	Boiled Barley	Rusk	Replacer
Control 1	35.60	15.38	1.02	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	—
Control 2	42.79	7.69	1.52	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	—
Wheat bran 1	34.60	15.38	1.02	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	1.00
Wheat bran 2	41.79	7.69	1.52	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	1.00
Sodium citrate 1	35.15	15.38	0.97	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	0.50
Sodium citrate 2	42.34	7.69	1.47	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	0.50
Carrageen 1	35.10	15.38	1.02	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	0.50
Carrageen 2	42.29	7.69	1.52	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	0.50
Pectin 1	35.20	15.38	1.02	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	0.40
Pectin 2	42.39	7.69	1.52	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	0.40
KCl 1	34.58	15.38	1.02	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	1.02
KCl 2	42.11	7.69	1.52	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	0.68
KClG 1	34.08	15.38	1.02	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	0.91/0.61
KClG 2	41.77	7.69	1.52	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	0.61/0.41

Continued

TABLE 3.1 Black Pudding Formulations With Different Replacers—cont'd

Sample ^a	Formulation (%)										
	Meat	Fat	Salt	Water	Blood Powder	Seasoning	Oatmeal	Onion	Boiled Barley	Rusk	Replacer
CMC 1	35.10	15.38	1.02	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	0.50
CMC 2	42.29	7.69	1.52	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	0.50
Seaweed 1	32.30	15.38	1.02	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	3.30
Seaweed 2	39.49	7.69	1.52	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	3.30
PuraQ 1	32.60	15.38	1.02	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	3.00
PuraQ 2	39.79	7.69	1.52	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	3.00
KCPCI 1	34.10	15.38	1.02	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	0.5/0.5/0.5
KCPCI 2	41.29	7.69	1.52	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	0.5/0.5/0.5
WMS 1	32.60	15.38	1.02	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	3.00
WMS 2	39.79	7.69	1.52	27.00	3.00	1.10	6.55	2.50	3.00	4.85	3.00

CMC, carboxymethylcellulose; KCl, potassium chloride; KClG, mixture of potassium chloride and glycine; seaweed, seaweed wakame; PuraQ, PuraQ Arome NA4; KCPCI, combination of potassium citrate, potassium phosphate and potassium chloride; WMS, waxy maize starch.
^aSample code: 1—10% fat and 0.4% sodium, 2—5% fat and 0.6% sodium.

Les échantillons de pudding noir contenant respectivement 5% de matières grasses et 0,6% de chlorure de potassium (KCl), de chlorure de potassium et de glycine (KClG) et d'algues et 10% de matières grasses et 0,4% de sodium contenant de carraghénane (le carraghénane est un polysaccharide extrait d'algues rouges servant d'agent d'épaississement et de stabilisation dans l'industrie alimentaire) étaient évalués plus élevés ($P < 0,05$) pour le piquant et la salinité. Les échantillons contenant 10% de matière grasse et 0,4% de KClG contenant du sodium ont été jugés positifs ($P < 0,05$) pour la matière grasse.

Des échantillons contenant 5% de matière grasse et 0,6% de sodium contenant de la pectine et une combinaison de citrate de potassium, phosphate de potassium et chlorure de potassium (KCPCI), ainsi que des échantillons contenant 10% de matières grasses et 0,4% de sodium avec amidon de maïs ($< 0,05$) ont été appréciés pour la saveur et l'acceptation globale par les évaluateurs.

Le Food Safety of Ireland (FSAI, 2011, 2014) recommande un niveau cible de sodium de 0,6% et un

niveau de sodium encore plus bas (0,4%) a été atteint pour produire un produit avec des propriétés sensorielles hautement accepté.

Tests de préférence: le test de comparaison apparié, *tel que discuté dans le chapitre 1*, est également classé comme un test affectif, car il peut être utilisé pour mesurer la préférence. Alors que les tests d'acceptation mesurent le degré d'acceptabilité des produits présentés au panel, les tests de préférence mesurent simplement quels produits les évaluateurs préfèrent par rapport à un autre ou à d'autres. Les instructions sont simplement données au répondant « *Quel produit de ceux présentés préférez-vous?* » Ils peuvent également être invités à classer les produits par ordre de préférence ou utiliser une échelle d'évaluation. La dernière méthode consiste à demander à l'évaluateur de noter sur une échelle hédonique de catégorie (par exemple, sept ou neuf points) comment -ils évaluent un produit présenté de ne pas aimer extrêmement jusqu'à aimer extrêmement (*voir la figure 3.1*).

Comme dans le cas des tests hédoniques, c'est une convention de sciences sensorielles, que les tests hédoniques et les tests descriptifs ne devraient pas être entrepris avec les mêmes panels. *Cela est certainement vrai pour les panels sensoriels formés pour le profilage descriptif où les éléments hédoniques ne devraient jamais être inclus.* La raison de ceci est que, comme les panneaux sont formés pour répondre aux attributs sensoriels définis, toute réponse hédonique qu'ils peuvent avoir peut être peu fiable.

Tests de préférence de classement: dans le test de préférence de classement, les évaluateurs sont invités à commander une sélection d'échantillons codés (4 - 6) en fonction de leur préférence, *similaire aux tests d'attributs de classement décrits au chapitre 1*. Au cours d'une séance, les consommateurs ou les évaluateurs naïfs reçoivent des échantillons aléatoires codés et on leur demande de les classer par ordre décroissant ou croissant. Là encore, lorsque la fatigue est moins probable, plus d'échantillons peuvent être utilisés.

Tests d'acceptation des consommateurs: les tests d'acceptation par les consommateurs peuvent être considérés comme un test d'acceptation sensorielle à plus grande échelle. La logistique d'organisation est beaucoup plus compliquée mais le nombre d'échantillons présentés est généralement réduit.

Plus le nombre de répondants est élevé ($n \geq 100$), plus la fiabilité des données obtenues seront grande. Essentiellement, un groupe démographique particulier est recruté sur la base des propres connaissances de l'entreprise sur les consommateurs de leurs produits. Cette information peut provenir de sources d'études de marché. Le démographique peut être organisé sur un très grand nombre de facteurs potentiels, mais le sexe, l'âge et la situation de l'emploi sont généralement importants.

En outre, lorsque les consommateurs vivent, par exemple, en milieu rural ou urbain pourrait également être envisagée. Les données d'essais d'acceptation peuvent être combinées avec des données plus descriptives et analysées en utilisant la *chimométrie*, qui a été discutée plus haut dans les études de cas présentées.

Étude de marché : l'étude de marché implique la collecte d'informations sur les produits à partir des personnes qui représentent les acheteurs ou futurs acheteurs de ce produit. Un grand nombre de

consommateurs peuvent être interrogés à l'aide de questionnaires, soit par téléphone, sur papier (par courrier, en ligne) ou en utilisant des groupes plus restreints de personnes dans des groupes de discussion, *comme nous l'avons vu plus haut dans ce chapitre*. Cependant, l'étude de marché est habituellement réalisée sur de grands groupes statistiquement valides, lesquels s'adaptent à la démographie projetée. Les sondages téléphoniques ou les tests en ligne devraient être courts, ne dépassant pas 15 minutes, car ils ne retiendront plus l'attention des consommateurs et pourraient les ennuyer. Pour les sondages en ligne, un lien peut être incorporé dans un courriel ou sur un site Web avec une invitation tentante pour que le consommateur participe, peut-être qu'un incitatif tel qu'un prix ou un tirage est parfois offert pour récompenser ceux qui prennent le questionnaire. Avant le début de toute recherche, il est important que les objectifs soient définis de manière à ce que les bonnes questions puissent être posées et quelles informations seront requises. Le questionnaire est ensuite conçu, qui doit être testé à l'avance pour assurer sa pertinence et pour identifier toute erreur ou maladresse. Le questionnaire est conçu pour saisir des informations concernant leurs habitudes alimentaires ou leur comportement pour les produits présentés.

Conception de questionnaire : le questionnaire doit être court, facile à lire avec de courtes questions s'applique à la fois aux tests d'acceptation des consommateurs et aux études de marché. Dans un premier temps, des questions générales sont posées qui deviennent alors plus spécifiques. Le consommateur peut être conduit à travers le questionnaire en utilisant des questions soigneusement formulées. Ceux qui ne correspondent pas à la démographie peuvent ainsi être éliminés. Par exemple, si le sondage portait sur un produit de «fromage bleu», des questions plus générales concernant les produits laitiers pourraient devenir plus spécifiques, par exemple «*lequel de ces fromages consommez-vous régulièrement?*» et ceux qui ne cochent pas la boîte de fromage bleu dans une liste d'autres fromages peuvent ainsi être exclus de l'enquête. L'enquête ne devrait pas présenter de questions ambiguës ou susceptibles d'inciter le consommateur. Les échelles utilisées doivent également être claires et faciles à comprendre et être cohérentes tout au long de l'enquête en ayant des rangs similaires.

L'échelle de *Likert* est souvent utilisée. Cette échelle demande si le consommateur est fortement en désaccord ou fortement d'accord avec une série de questions, c.-à-d., *Ce produit à un bon rapport qualité-prix !, J'aime manger ce produit dans le cadre de mon alimentation quotidienne!, Je suis plus susceptible d'acheter un produit s'il est sain !*

Les échelles de *Likert* sont très utiles, car elles peuvent mesurer une large gamme de sujets et sont faciles à comprendre (**Fig. 3.2**). Ils sont également plus précis que juste une réponse par *un oui* ou *un non*. Cependant, la bonne question doit être posée pour être pertinente et les échelles de *Likert* n'offrent aucune raison d'être en accord ou en désaccord avec la question posée.

On peut également utiliser une échelle **sémantique** différentielle qui mesure, sur des échelles **bipolaires**, des concepts ou des significations ancrés à chaque extrémité par des adjectifs opposés et peut-être aussi un adjectif neutre au centre, par exemple : faible qualité à haute qualité, bon marché à cher, lisse à rugueux, etc. (Fig. 3.3).

Les échelles adjectives **bipolaires** sont un moyen simple et économique d'obtenir des données sur les réactions des gens par rapport à un produit donné. Avec des adaptations, ces échelles peuvent être utilisées avec des adultes ou des enfants, des personnes de tous les milieux et des personnes de toute culture. Cette méthode est *intuitive* pour le consommateur et il est facile de mesurer les résultats, mais elle est également subjective et, comme l'échelle de *Likert*, elle n'offre aucune information sur les

Where 1 = 1 strongly disagree and 7 = strongly agree

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>						

FIGURE 3.2 Likert scale.

	1	2	3	4	5	6	7	
Good	<input type="checkbox"/>	Bad						

FIGURE 3.3 Semantic differential scale.

raisons pour lesquelles le consommateur répond de cette manière.

Des questions initiales de l'enquête doivent être utilisées pour vérifier que le bon consommateur est ciblé. Par exemple, si l'enquête porte sur des produits laitiers: assurez-vous que le consommateur est un consommateur de produits laitiers. S'ils répondent 'non' à une question de validation, leurs données peuvent alors être exclues. Les questions utilisées dans l'enquête devraient aider à développer des profils de consommateurs, segments au sein de ces profils et établir les caractéristiques et le comportement des consommateurs. De cette manière, produits et services peuvent être optimisés pour améliorer la satisfaction du consommateur, mettre en évidence les changements d'opinion ou même promouvoir la connaissance du produit testé. Les questions à choix multiples demandent au consommateur de choisir une réponse parmi un nombre, au moins deux, dans une liste alternative (figure 3.4). Encore une fois, ceux-ci sont faciles à compiler (rassembler) et à saisir et sont faciles à comprendre par le consommateur, mais la liste fournie peut ne pas être assez large et aucune explication n'est offerte pour les raisons aux lesquelles une case particulière est cochée.

How often do you eat beef? (In any form such as Steaks, Roasts, Stews, Casseroles, Kebabs, BBQ etc.). Please tick the appropriate box.

Daily [] 4-5 times a week [] 2-3 times a week [] Weekly []

Fortnightly [] Monthly [] Never eat []

FIGURE 3.4 Multiple choice questions.

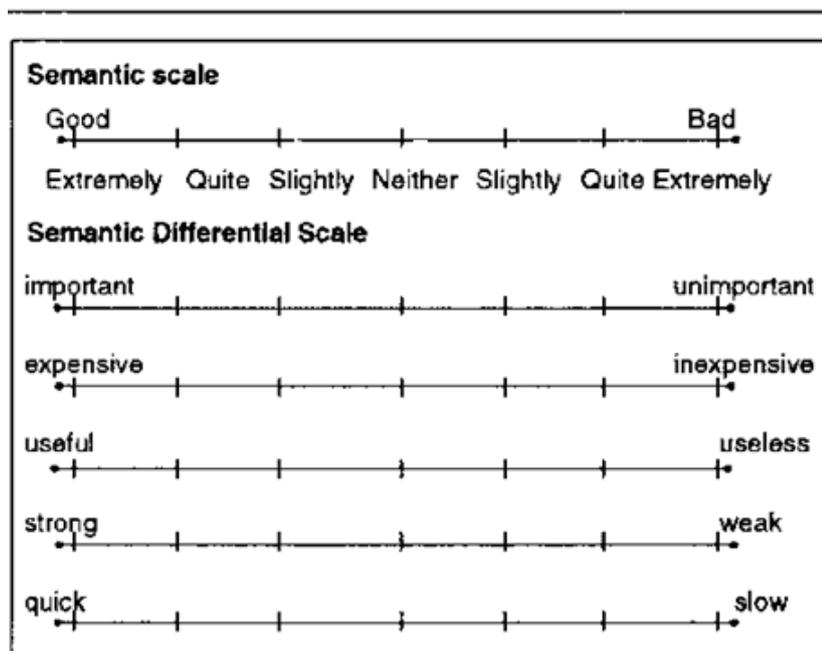
**À quelle fréquence mangez-vous du bœuf? (Sous toutes les formes, comme les steaks, les rôtis, les ragoûts, les ragoûts, les brochettes, le barbecue, etc.). Veuillez cocher la case appropriée.

Quotidien [] 4-5 fois par semaine [] 2-3 fois par semaine [] Hebdomadaire [] Bimensuel [] Mensuel [] Ne mange jamais []

Les questions ouvertes permettent aux consommateurs d'écrire ce qu'ils veulent sans échelle ou limitation. C'est plus bénéfique lorsque le chercheur mène des recherches d'exploration, en particulier lorsque la gamme de réponses est inconnue. Le participant répond avec tout ce qui lui vient à l'esprit. Ceci est utile, car finalement nous pouvons avoir une échelle qui capture le «pourquoi» et l'individu peut vraiment se concentrer sur ce qui est important pour lui. Cependant, le consommateur peut trouver cette approche difficile et confuse (si trop de questions sont posées) et les résultats peuvent être difficiles à traiter et à interpréter. Il peut également prendre plus de temps que d'autres échelles et peut donc augmenter le coût de l'enquête. La question donnée peut également pousser le participant à introduire une erreur.

Des questions de classement nécessitent que le participant choisisse et classe parmi une liste d'alternatives. Le consommateur est généralement forcé en ce sens car il doit répondre. Ils sont similaires au test de préférence de classement. Ils permettent la discrimination forcée afin que les meilleurs et les pires éléments soient clairement identifiés, mais encore une fois, n'offrent pas de réponse sur la raison de choix établis. Ils peuvent aussi être fatigants pour le participant et être limités en nombre de solutions alternatives proposées, sachant qu'il peut ne pas avoir une gamme assez large de solutions alternatives.

Semantic and semantic differential scales



The Food Price Attitude statements in the survey questionnaire in 2004a

Questions are translated from Finnish by the author and are available from the author by request.

Following statements are related to buying food products and the food prices.								
I.	Evaluate how well the statements correspond to your opinions. If you can't say whether you agree or disagree with the statements, please, answer 4 from the scale. Please, answer to all statements.	1	2	3	4	5	6	7
		totally disagree	almost disagree	totally disagree	neither disagree nor agree	slightly agree	almost agree	totally agree
EHV2	When shopping for food comparing prices is a waste of time.	1	2	3	4	5	6	7
EHL1	When I shop for food I require the best possible quality and I am ready to pay a higher price for it.	1	2	3	4	5	6	7
EHA1	I think one should treat guests to more expensive food than used normally.	1	2	3	4	5	6	7
EHT2r	In my opinion I use a lot of food offers.	1	2	3	4	5	6	7
EHH2r	I seldom choose the cheapest alternative of food products.	1	2	3	4	5	6	7
EHL3	Generally in foods the higher the price the better the quality.	1	2	3	4	5	6	7
EHV1r	When I shop for food, I usually compare different brands in order to get my money's worth.	1	2	3	4	5	6	7
EHL4r	The cheaper brand in foods is of equally good quality than the premium brand.	1	2	3	4	5	6	7
EHH1r	I shop for food at more than one store to take advantage of low prices.	1	2	3	4	5	6	7
EHA3r	Treating guests with high-priced food products is snobbery.	1	2	3	4	5	6	7
EHH3r	I try to buy food at the lowest possible price.	1	2	3	4	5	6	7
EHT3	I seldom follow the ads for food offers.	1	2	3	4	5	6	7
EHL2	I usually buy more expensive food products because they are of good quality.	1	2	3	4	5	6	7
EHV3	I check food prices carefully to be sure I get the best value for my money.	1	2	3	4	5	6	7

Questions ouvertes et option fermée

Des questions : les questions ouvertes sont faciles à écrire, permettent aux consommateurs de répondre avec leurs propres mots et de communiquer leurs opinions et suggestions impartiales concernant le produit qu'ils ont testé. Ils sont très utiles pour obtenir des suggestions du consommateur sur l'utilisation, l'amélioration ou l'optimisation du produit. Les questions ouvertes sont bien adaptées aux domaines dans lesquels le participant a l'information à la portée de la main, mais l'intervieweur est incapable d'anticiper toutes les réponses ou de fournir une liste de contrôle. Ils peuvent également capturer tout ce qui aurait pu être omis dans d'autres formes de questions. Cependant, les questions ouvertes peuvent parfois avoir une réponse plus faible que les autres types de questions. Ils peuvent également être difficiles à interpréter, car les réponses subjectives individuelles du participant peuvent être ambiguës ou non alignées et il appartient en fin de compte au présentateur de déterminer l'interprétation, l'attribution et l'entrée des données, ainsi que leur analyse. Dans de tels cas, une mauvaise interprétation des données par le présentateur peut introduire une erreur dans le classement et l'analyse statistique ultérieurs.

L'écriture manuscrite des participants peut aussi être difficile à lire parfois et les répondants extravertis peuvent dominer les données, introduisant également une erreur. Les questions fermées limitent les réponses de manière contrôlée, minimisant ainsi les erreurs et facilitant la saisie des données, l'analyse statistique et l'interprétation. Ces questions ne nécessitent pas le même niveau de réflexion que les questions ouvertes et sont plus faciles à répondre pour le consommateur. Cependant, ils sont plus rigides et peuvent ne pas saisir ce que le sujet pense vraiment et l'hypothèse est faite que l'individu est compétent ou approprié en tant que sujet sachant qu'il y a une possibilité qu'ils ne comprennent pas ce qu'ils répondent.

Analyse conjointe: l'analyse conjointe est une technique statistique utilisée pour identifier les valeurs placées par des individus sur différents attributs de produit. Le processus mesure la relation entre la description détaillée d'un produit ou d'un service et l'évaluation globale du produit par ce consommateur.

Cette méthode détermine quelle combinaison d'attributs influence le choix du consommateur et sa prise de décision, elle est fréquemment utilisée dans les études de marché pour suivre les effets de stimuli contrôlés ou d'informations sur une réponse particulière du consommateur.

L'expérimentation statistique design, l'analyse de la variance et l'analyse des clusters permettent d'analyser la réponse de chaque consommateur pour l'importance relative de chaque facteur, et, de la même manière, les sujets performants peuvent être regroupés. C'est une méthode utilisée pour comprendre comment les consommateurs se servent des caractéristiques du produit. Des produits ou des concepts spécifiques sont présentés aux consommateurs et la manière avec laquelle ils font des préférences peuvent être analysés par modélisation, pour déterminer des informations telles que la rentabilité et la part de marché.

Présentation d'échantillon : (randomisation, ordre de présentation, dégustation aveugle et effets de marque) : en général, pour les tests d'acceptation sensorielle et les tests de consommation, les échantillons doivent être présentés de façon aléatoire (codé avec trois chiffres) et dans un ordre de présentation aléatoire, cela pour minimiser les effets de premier ordre et de report. Dans les séquences d'évaluations sensorielles humaines, la réponse à un stimulus peut être influencée par des stimuli antérieurs. Lors d'étude expérimentale de ce phénomène, avec plusieurs types ou niveaux de stimulus, il est utile d'avoir des séquences de traitement équilibrées pour les effets de report du premier ordre.

Les effets de premier ordre se produisent lorsque le premier échantillon d'une séquence sensorielle d'échantillons est noté différemment des autres échantillons. Ceci peut être corrigé en répétant l'ordre de présentation de sorte que, dans la mesure du possible, chaque échantillon à tester ait une chance égale d'être évalué en premier. De plus, un échantillon d'entraînement pourrait être inséré pour le premier emplacement. Comme les effets de report peuvent également se produire, il est préférable de répéter l'ordre de présentation de toute façon.

Les effets de transfert se produisent quand un saveur, un goût, un arrière-goût ou d'autres effets (piment, paprika, etc.) ne sont pas complètement nettoyés du palais entre les échantillons. Ceci entraîne un transfert qui peut interférer avec les échantillons sensoriels suivants. Les tests sensoriels sont généralement effectués «en aveugle» avec des échantillons codés aléatoirement avec trois chiffres. De cette manière, seuls les attributs sensoriels de ce produit seront évalués, sans aucune opinion personnelle ou d'erreur sur la configuration de la marque ou du produit que l'évaluateur peut avoir. Les évaluateurs devraient recevoir le minimum d'informations avant un test sensoriel, car cela peut également influencer leur comportement. Si, par exemple, on a dit aux évaluateurs qu'ils évaluaient des échantillons afin de déterminer si des saveurs désagréables existaient ou non dans le produit, une erreur est alors présentée à l'évaluateur pour ensuite se concentrer sur cet attribut qui peut ne pas avoir d'effet. Lorsque l'image de marque est incluse dans les tests sensoriels, une erreur supplémentaire peut être introduite. Les marques préférentielles auront un «*effet de halo*».

Selon *Hutchings (1977)*, l'importance des différents attributs du produit varie avec la situation et le temps. Par exemple, un produit vu sur une étagère de supermarché peut avoir des attributs différents affectant la perception par rapport au même produit vu sur une assiette. Le produit sur une plaque serait affecté par des attributs d'anticipation et de participation. *Moskowitz (1981)* a étudié «*l'importance relative des facteurs perceptuels dans l'acceptation par le consommateur*» et a constaté que l'image de marque pouvait encourager l'acceptabilité du produit. Par conséquent, l'image de marque influencera positivement ou négativement le résultat d'une évaluation sensorielle. Pour déterminer la qualité sensorielle, les évaluations doivent être effectuées à l'aide d'échantillons codés en aveugle.