



Filière Ingénieurs IAA

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat

Nom et prénom : **EL HAOUAT Hanae**

Année Universitaire : 2009/2010

Titre : **Evaluation sensorielle : Une nouvelle technique de contrôle qualité des produits Agro-alimentaires**

Résumé

Si les consommateurs manifestent souvent des craintes face à la sécurité des produits et ceci est particulièrement vrai dans l'agroalimentaire - ils n'en veulent pas moins des produits qui procurent du plaisir.

Certains critères sont objectivement mesurables et correspondent à des données physico-chimiques quantifiables, d'autres critères plus complexes ne sont décrits que par les techniques de **l'évaluation sensorielle** qui utilisent l'être humain comme instrument de mesure. **L'analyse sensorielle** exerce une influence grandissante dans la production et dans les stratégies de développement des produits alimentaires, comme dans celles d'autres secteurs d'activité.

Ce rapport constitue la démarche globale à suivre pour réussir le déroulement des épreuves sensorielles, il regroupe l'ensemble des normes générales et de méthodologie sur **l'analyse sensorielle**.

L'analyse sensorielle s'adresse particulièrement : aux responsables qualité des laboratoires et des entreprises agroalimentaires, pharmaceutiques, de parachimie, de plasturgie, etc., aux responsables Etudes, Recherche et Développement, ainsi qu'aux responsables de formation et documentalistes des universités et écoles spécialisées en agro et sciences.



Mots clés: Analyse sensorielle, épreuves sensorielles, produits agro-alimentaires, consommateurs,

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ma chère MAMAN, à ma chère sœur SAMIRA, à mon cher grand frère ABDELILAH et ma belle sœur qui m'ont bien accueilli chez eux durant mon stage, à mes frères bien aimé IDRIS et KARIM, à mon défunt père, et à mes ami(e)s.

Que tout le personnel de la COLAIMO ainsi que le corps professoral de la FST de FES, trouve ici l'expression de mes vifs remerciements.

Hanae



Remerciements

Mes remerciements s'adressent:

- ✿ A Mr. **Tahiri** directeur générale de la Coopérative Laitière du Maroc Oriental de Oujda qui a répondu favorablement à ma demande de stage.
- ✿ A mon maître du stage : **Mme. ZEGLI Aicha** chef du département Recherche et Développement, pour sa disponibilité son soutien, pour m'avoir laissé une très grande autonomie durant mon stage.
- ✿ A mon encadrant **Mr. BOUAYAD Abdelouahed** pour ces directives, ces remarques, ces suggestions d'or, et ces conseils judicieux pour compléter mon travail.
- ✿ Aux membres de jury : **M^{elle} FIKRI BENBRAHIM K**, **Mr. HAZM J.E** et **Mr. IDRISSE K.N** qui ont accepté d'évaluer mon travail, et de me faire part de leurs remarques pertinentes pour contribuer au perfectionnement du présent travail.
- ✿ A Mr. **ELHADRAMI** et Mr. **LAZREK** responsables de la filière ainsi que tout le corps professoral de la FST FES.



Préambule

Toute étude théorique est nécessaire dans la formation de l'individu, mais cette étude ne sera suffisante, complète et fructueuse que si les connaissances acquises sont mises en pratique. Ainsi, dans le cadre de notre formation dans la filière ingénieur Industrie Agro - Alimentaire, et en plus des stages d'initiation durant nos premières années de formation, les élèves ingénieurs sont tenus, en dernière année, d'effectuer un stage et de réaliser un mémoire-projet en liaison avec celui-ci.

De ce fait, j'ai effectué un stage de quatre mois (de Février à Mai 2010) au sein de la coopérative laitière du Maroc oriental **COLAIMO** à OUJDA. Ce stage m'a permis entre autre de découvrir et traiter un sujet sous forme de mémoire-projet.



Sommaire

Introduction	1
Chapitre 1 : Présentation de la COLAIMO	3
I. Aperçu historique	
II. Carte d'identification	
III. Fonctionnement et organisation	4
1. <i>Les activités exercées par la COLAIMO</i>	
2. <i>Les objectifs et les rôles de la COLAIMO</i>	
3. <i>Organigramme de la COLAIMO</i>	
Chapitre 2 : Qu'est ce que l'évaluation sensorielle ?	8
I. Des mesures subjectives de contrôles qualité basées sur le ressenti du sujet	9
1. Examen du goût	
2. Examen de l'audition	
3. Examen de l'odorat	10
4. Examen du toucher	
5. Examen visuel	
II. Quelques concepts	11
1. La métrologie sensorielle	
1-1 <i>Définition de la métrologie</i>	
1-2 <i>Définition de la métrologie sensorielle</i>	12



1-3	Domaine d'application de la métrologie sensorielle	
a-	Recherche & Développement	13
b-	Marketing	
c-	Contrôle qualité	
d-	L'importance de ces domaines d'utilisation de la métrologie sensorielle	
2.	L'analyse sensorielle	14
2-1	<i>Les sujets</i>	
2-2	<i>La présentation des échantillons</i>	16
2-3	<i>Les descripteurs</i>	
2-4	<i>Les échelles</i>	
2-5	<i>La démarche globale</i>	17
2-6	<i>Le choix du type d'épreuve</i>	18
2-6-1	<i>Les épreuves analytiques</i>	19
2-6-2	<i>Les épreuves hédoniques</i>	20
1-7	<i>La constitution du groupe</i>	
1-8	<i>La préparation de l'épreuve</i>	
1-9	<i>La réalisation de l'épreuve</i>	
III.	Les cinq épreuves d'évaluation sensorielle	21
1.	L'épreuve triangulaire	22
a-	Objectif	
b-	Principe	
c-	Exemple	
d-	Sujets	
e-	Echantillon	
f-	Questionnaire	23
g-	Présentation des résultats	
h-	Interprétation statistiques des résultats	
2.	L'épreuve A – non A	24
a-	Objectif	
b-	Principe	
c-	Exemple	
d-	Sujets	
e-	Echantillon	
f-	Questionnaire	



g- Présentation des résultats	25
h- Interprétation statistiques des résultats	
3. L'épreuve de classement	26
a- Objectif	
b- Principe	
c- Sujets	
d- questionnaire	
e- présentation des résultats	27
f- interprétation statistique des résultats	
4. L'épreuve de catégorisation	29
a- Objectif	
b- Principe	
c- Exemple	
d- Sujets	
e- Echantillon	
f- Questionnaire	
g- Présentation des résultats	30
h- Interprétation statistiques des résultats	
5. L'épreuve hédonique	31
a- Objectif	
b- Principe	
c- Exemple	32
d- Sujets	
e- Echantillon	
f- Questionnaire	
g- Présentation des résultats	33
h- Interprétation statistiques des résultats	
Chapitre 3 : L'application des cinq épreuves d'évaluation sensorielle	37
1. L'épreuve triangulaire	36
2. L'épreuve A - non A	38
3. L'épreuve de classement	41



Liste des figures

4. L'épreuve de catégorisation	43
5. L'épreuve hédonique	46
Conclusion	54

Figure 1 : <i>Organigramme de la COLAIMO</i> -----	5
Figure 2: Flux de la décision finale d'un Contrôle Qualité-----	8
Figure 3 : Processus de la mesure subjective-----	9
Figure 4 : Olfaction directe et indirecte-----	10
Figure 5 : Domaines d'application de la métrologie sensorielle -----	12
Figure 6 : Répartition des domaines d'application de l'évaluation sensorielle -----	14
Figure 7 : Les différents types de sujets -----	15
Figure 8 : Locaux du service Evaluation sensorielle -----	16



Figure 9 : Exemples d'échelles en évaluation sensorielle	17
Figure 10 : Les macros étapes de l'analyse sensorielle	18
Figure 11 : Choix du type d'épreuves	18
Figure 12 : Choix du type d'épreuves analytique	19
Figure 13 : Les étapes standards d'une analyse sensorielle	20

INTRODUCTION

A travers les produits alimentaires qu'ils commercialisent, les fabricants de produits agro-alimentaires cherchent de plus en plus à créer du sens, à stimuler l'imaginaire et à susciter l'émotion. L'aliment est détourné pour une consommation dans des lieux inhabituels et les signes immatériels faisant directement appel à nos représentations deviennent des constituants du monde réel. « Manger devient un prétexte pour expérimenter quelque chose d'unique, à l'instar des grands



chefs qui ne vendent plus uniquement des repas mais des œuvres d'art mettant en éveil tous les sens du consommateur » [7] [8].

Même si les fabricants utilisent encore beaucoup la publicité et le packaging pour raconter une histoire, ils commencent à s'intéresser au produit en lui-même. Ainsi, les recettes, les aspects visuels, les saveurs, les textures font de plus en plus l'objet de recherches innovantes. Aussi, le design produit constitue un axe de différenciation et d'innovation majeur pour les fabricants. Mais qu'en est-il de la perception des consommateurs ?

Des recherches en marketing sur le design ont montré que les attributs esthétiques du produit sont souvent évoqués comme des facteurs *incitatifs à l'achat* [17] alors que le choix et la consommation des produits constituent des actes où les facteurs rationnels interviennent (la qualité, le prix, la présentation, le goût...).

L'acceptation d'un produit dans le domaine alimentaire, qui a comme finalité la mise en bouche et l'ingestion par le consommateur, est fondée sur la satisfaction du client envers le contenant et le contenu, et donc le produit qui va être présenté et mis sur le marché doit répondre à certaines spécifications et exigences du client.

Et donc, pour que l'industriel soit sûr de la qualité de ces produits, des contrôles de qualité doivent être menés, le plus souvent, ces contrôles sont réalisés à partir de mesures dimensionnelles réalisées sur les produits (cotes, poids, etc.) et, surtout, à partir de mesures sensorielles (visuelles, olfactives, etc.), utilisant l'homme comme instrument de mesure ; bien développés et appliqués à l'extérieur qu'au Maroc dans différents secteurs, à savoir l'agro-alimentaire, le textile, le cosmétique,... etc.

Aussi notre objectif, à travers ce travail, est la mise en place de ces mesures sensorielles, en d'autre terme l'application de la procédure générale donnée par les normes des évaluations sensorielles au sein de la Coopérative Laitières du Maroc Oriental COLAIMO.

L'évaluation sensorielle est une technique d'analyse destinée à mesurer les caractéristiques des produits alimentaires telles qu'elles sont perçues par l'homme. Elle implique en tout ou en partie les différentes sensibilités humaines : visuelle (couleur, aspect), auditive, tactile kinesthésique, thermique ; gustative, olfactive (parfum et arôme) et sensibilité chimique commune (par exemple : l'astringent). Elle permet de répondre à différentes préoccupations de l'industrie



agro-alimentaire comme le contrôle des matières premières, le suivi de la stabilité de la production, l'influence sur le produit d'une modification de la formulation ou du procédé de fabrication, l'impact sur le produit de l'emballage et des conditions de conservation, le développement de produits nouveaux, l'étude des produits de la concurrence...

Mais, comme toute technique d'analyse, l'évaluation sensorielle suppose de respecter certaines règles fondamentales pour conduire à des résultats valides, donc crédibles et utilisables.

Ce rapport présente :

- Les règles de base de l'évaluation sensorielle ;
- Les épreuves les mieux adaptées pour répondre à certaines questions que l'on rencontre dans l'industrie agro-alimentaire, à savoir : l'épreuve triangulaire, l'épreuve A - non A, l'épreuve de classement, l'épreuve de catégorisation et l'épreuve hédonique ;
- La démarche à suivre pour interpréter les résultats au moyen de l'approche statistique.

Chapitre 1



I. Aperçu historique



LA COLAI.MO (Coopérative Laitière du Maroc Oriental) est une coopérative dont le secteur d'activité est agro-alimentaire. Elle a été créée le 13 Novembre 1953 par un nombre réduit d'éleveur de la banlieue d'**Oujda** suite aux efforts d'encouragement et de soutien du secteur coopératif à travers le pays par le défunt HASSAN II qui visait à développer ce secteur et à faire de lui un moteur de développement économique du pays. La **COLAIMO** n'a commencé ses activités qu'en 1956, alors que sa dénomination était **SOCOLAIMO**.

Le coût d'investissement a été financé :

- A 47% par la caisse Nationale de Crédit Agricole (C.N.C.A)
- A 41% par la COLAIMO
- A 12% subventionné par le Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire.

Au démarrage de ses activités, l'investissement a été de **5.000Dhs** et a évolué à **92.584.300Dhs**.

La coopérative occupe une superficie totale de **3.800m²**, dont celle couverte est d'environ **3.200m²**.

La COLAIMO fait actuellement partie de l'UNCAL (Union National des Coopératives Agricoles Laitières). Elle joue un important rôle socio-économique dans l'Orientale et contribue au développement de la production laitière nationale.

II.

Carte d'indentification

- **Dénomination Social** : COLAIMO
- **Forme juridique** : coopérative
- **Date de création** : 13/09/1953
- **Date de démarrage** : 1956
- **Capital social** : **92.584.300 Dhs**
- **Coopérateurs** : **3.485**
- **Superficie** : **3.850 m²**
- **Personnel** : **323**
- **Marché de commercialisation** : Maroc oriental, Meknès et Fès
- **Logistique** : 62 camions et 16 voitures de services
- **Adresse** : Route EL Aounia BP 3133 Takadoum, Oujda.
- **Fax** : **05 36 74 12 87**
- **Tél** : **05 36 74 11 59**
- **Email** : Colaimo2@iam.net.ma



III. Fonctionnement et organisation

1. Les activités exercées par la coopérative

L'activité principale de LA COLAIMO est le traitement et la transformation du lait, ainsi procède-t-elle à la distribution du lait pasteurisé, du beurre, du leben et yaourt dans les provinces d'Oujda, Taourirt, Nador, Bouarfa, d'Al Hoceima, de Figuig et de Taza. La distribution se fait par des camions frigorifiques pour garder les produits frais et de meilleure qualité.

La seconde activité de la coopérative est la production de l'aliment de bétail de meilleure qualité. Elle impose le bétail de race pure et le distribue aux adhérents à un bon prix.

2. Les objectifs et les rôles de la coopérative

Les principaux objectifs de la coopérative sont :

- ❖ L'amélioration de la situation socio-économique de ses adhérents
- ❖ L'amélioration des facteurs de production
- ❖ L'amélioration de la qualité des produits transformés
- ❖ Le développement au maximum de la production de ses membres pour augmenter la rentabilité au niveau de l'exploitation

Pour atteindre ces objectifs la coopérative a mis en œuvre des moyens tels que :

- ❖ L'équipement des centres de collecte de lait par des bacs réfrigérants pour conserver le lait à 4 °C ;
- ❖ La collecte de la totalité du lait produit par les adhérents en camions citernes isothermes ;
- ❖ L'importation de bétail de race pure pour le compte des adhérents ;
- ❖ La distribution d'aliment de bétail au profit des adhérents ;
- ❖ L'utilisation d'un matériel de hautes performances technologiques.

3. Organigramme de la COLAIMO

D'après son organigramme, la *COLAIMO* a opté pour une structure fonctionnelle, dans laquelle on trouve plusieurs départements et services spécialisés dans des tâches différentes et liées à l'administration en la personne de la *Direction Générale* qui assure la coordination entre eux.



➡ La Direction Administrative

- ❖ **L'Assemblée Générale** : Elle est composée de tous les coopérateurs. Les actionnaires tiennent des assemblées générales ordinaires et extraordinaires :
 - **L'assemblée générale ordinaire** : elle a pour but de discuter tous les sujets qui intéressent la coopérative, l'approuvé des comptes, la nomination des administrateurs, l'admission ou l'exclusion des actionnaires...
 - **L'assemblée générale extraordinaire** : pour discuter les propositions d'adhésion à une union ou à une fédération de fusion, de prorogation et de dissolution de la coopérative.
- ❖ **Le Conseil d'Administration** : Il est chargé de son administration, se compose de 9 membres nommés par l'Assemblée Générale Ordinaire. Le conseil désigne à sa tête un Président, qui nomme un administrateur, ainsi que les autres membres et agit en tant que mandataire de l'Assemblée Générale.
- ❖ **La Direction** : Elle est chargée de la gestion de l'unité de transformation et de l'exécution des décisions du Conseil d'Administration. La Direction est administrée par un Directeur qui se charge de la gestion et de la coordination des différents services par le biais de différents Départements.



Les Départements

- **Département production** : est constitué de 3 services :
 - ❖ **Unité de collecte de lait** : spécialisée dans la collecte de lait, et se fait par des camions citernes qui font le tour des centres de collecte.
 - ❖ **Unité de fabrication d'aliment de bétail** : spécialisée dans la fabrication d'aliment de bétail (VL100, BE150).
 - ❖ **Assistance aux coopérateurs** : se réalise par 3 personnes qui sont responsables de
 - La paie des coopérateurs.
 - Le suivi des adhérents (nouveau, décès...).
 - L'aide à la création de coopérative.
- **Département fabrication** : il est chargé du traitement de lait et de la fabrication des dérivés.
- **Département maintenance** : Son rôle se traduit dans la maintenance du parc véhicules et d'usine. La maintenance de l'usine se divise en trois parties :



- ❖ **Maintenance électrique** : S'occupe des dépannages et de la réparation des défaillances électriques.
- ❖ **Maintenance mécanique** : Pour le dépannage et la réparation des défaillances mécaniques.
- ❖ **Bureau de méthode** : il est chargé de faire les rapports de la maintenance tant corrective que préventive.

- **Département Recherche et Développement :**

Indispensable pour rester dans les linéaires, l'innovation est l'affaire du département recherche et développement. Face à la concurrence, la recherche et développement est au cœur de la stratégie d'entreprise : de ses créations dépendent les parts de marché. Son champ d'action est assez large : mise au point de nouveaux produits, amélioration des produits existants, optimisation du process... Il intervient aussi bien sur le goût, la texture ou l'arôme d'un produit. Le responsable R&D assure aussi le contrôle des matières premières (poudre du lait, arôme, sucre... etc.) et de l'emballage à la réception et exige aux fournisseurs de MP et d'EM de respecter le cahier de charge qui contient toutes les spécifications selon la norme iso 22000. Ses principales tâches sont :

- Effectuer une veille concurrentielle et anticiper la demande du marché ;
- Imaginer de nouveaux produits ;
- Rechercher les matières premières adéquates ;
- Mettre au point la formulation ;
- Réaliser des essais en laboratoire ou sur pilote ;
- Préparer la phase d'industrialisation ;
- Réaliser les essais sur lignes de production ;
- Suivre le démarrage du produit.

Le département recherche et développement travaille plutôt en laboratoire ou directement sur les lignes de production. Il travaille en étroite collaboration avec les services marketing, packaging, qualité et production.

→ LES SERVICES

- **Service magazine** : il répond aux besoins quotidiens, techniques et administratifs.

Lors de la réception d'un bon de commande interne de la part d'un service demandeur de marchandise, il y a deux cas qui se posent :

- Si la marchandise existe dans le stock : il établit un bon de sortie ;
- Si la marchandise n'existe pas dans le stock : il établit une demande d'achat qui est transmise au service achat pour effectuer la commande.

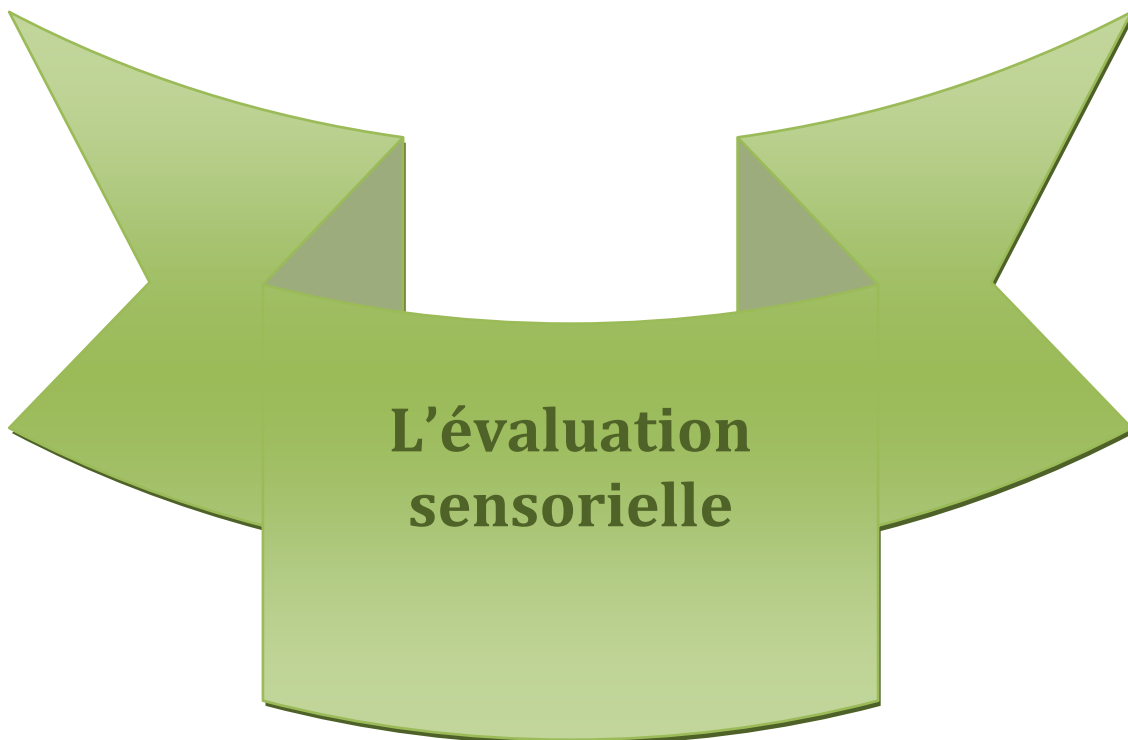
- **Service approvisionnement** : il a pour rôle d'assurer l'approvisionnement de la COLAIMO en matières premières, et en emballages.



-
- **Service réception** : Il est chargé de la réception et de la vérification quantitative et qualitative de tous les articles commandés qui entrent à la COLAIMO.
 - **Service commercial** : il est chargé de la publicité & marketing, la facturation et le suivi des clients.
 - **Service personne** : *il est responsable de la gestion financière, la gestion administrative, la gestion sociale et la gestion juridique du personnel.*



Chapitre 2



Un *Contrôle Qualité* désigne ce qui concourt à la vérification de la conformité d'un produit ou d'un service à des spécifications préétablies et incluant une décision d'acceptation, de rejet ou de retouche. Dans la norme [11], il est défini comme l'ensemble des "activités telles que mesurer, examiner, essayer ou passer au calibre une ou plusieurs caractéristiques d'une entité et comparer les résultats aux exigences spécifiées en vue de déterminer si la conformité est obtenue pour chacune des caractéristiques" [11].

Dans la littérature, le contrôle est classiquement décrit comme un acte technique qui permet de déterminer la conformité du produit. Il suppose donc que les caractéristiques du produit aient été définies et que des limites aient été établies pour juger sa conformité. A partir de ces informations, un Contrôle Qualité peut délivrer plusieurs résultats (Figure 2) [16] :

- Le produit est conforme
- Le produit est non conforme et doit être rebuté
- Le produit est non conforme et peut être accepté en dérogation

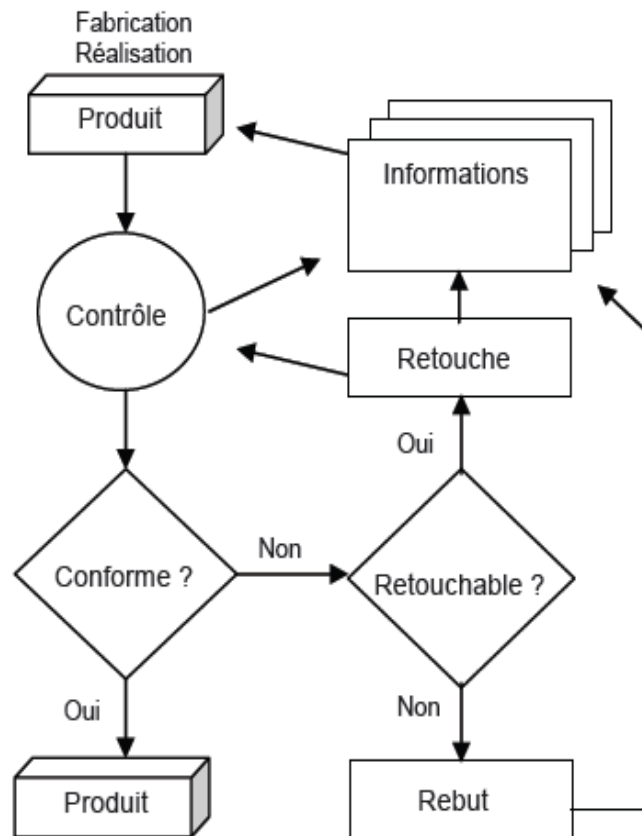


Figure 2 : Flux finale d'un Qualité

de la décision Contrôle

En effet, il en place des long du

fabrication pour s'assurer à plusieurs endroits de ce processus que la qualité est toujours garantie. Ces contrôles permettent donc de s'assurer de la conformité du produit lors du passage d'une étape à une autre étape du processus.

Mais qu'en est-il de la perception du consommateur ?

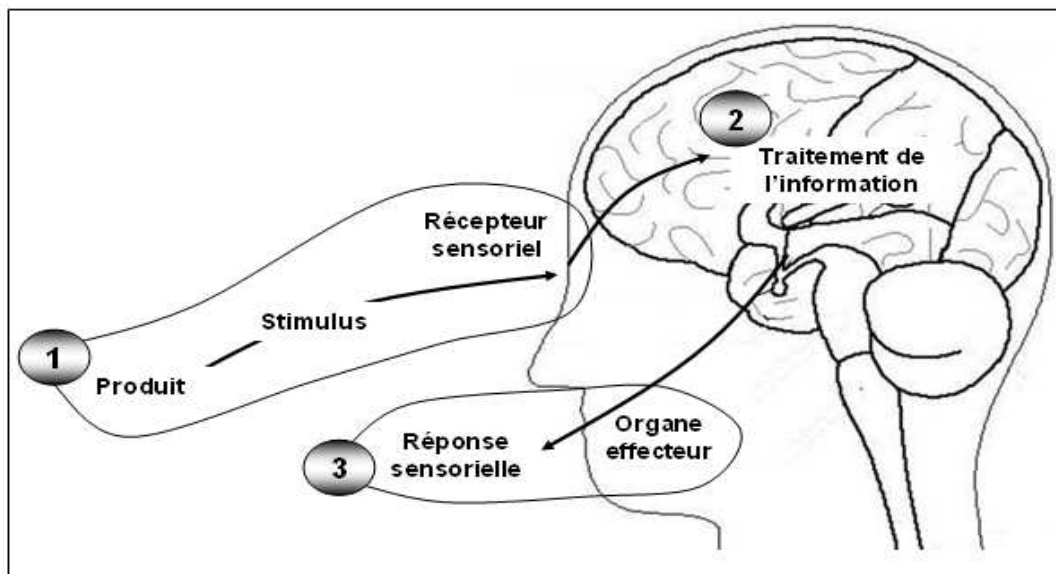
s'agit de mettre contrôles tout le processus de

I- Des mesures subjectives de contrôle qualité basées sur le ressenti du sujet

La Figure 3 explique le processus suivi par le sujet lorsqu'il doit effectuer une mesure subjective sur un produit afin de s'assurer si celui-ci respecte ou répond ou non à l'attente du client, et donc, à la Qualité attendue. Ce processus s'effectue en trois étapes [26].

Le sujet reçoit un stimulus par son récepteur sensoriel. Il traite ensuite l'information en essayant d'analyser, d'une part ce qu'il reçoit comme information, et d'autre part, ce qu'il doit transmettre et comment il doit le transmettre pour bien faire comprendre le message qu'il cherche à faire passer. La dernière étape du processus consiste pour ce sujet à exprimer sa perception ce qui, dans une certaine mesure, revient pour lui à exprimer aussi sa sensation personnelle vis-à-vis de ce qu'il perçoit en sa globalité. Notons les aspects très subjectifs présents durant ce processus.

Figure 3 : Processus de la mesure subjective



Une mesure subjective s'effectue donc sur la base d'un examen du produit qui fait appel à l'un des cinq sens du sujet. D'une manière générale, Il est préférable de séparer, lorsque cela est possible, les sens et d'évaluer leur réponse séparément [18] [19] [25].

1) Examen du goût : Comme son nom le suggère, il s'agit d'utiliser comme récepteur sensoriel, la bouche ou plus précisément le palet. Ce type d'examen est donc typiquement utilisé dans le cadre de contrôles de produits de consommation alimentaire (par exemple, yaourts, céréales bières, vins, etc.) dans de grandes entreprises afin de trouver "la recette" qui plaira à leurs clients.

2) Examen de l'audition : Le récepteur sensoriel est l'ouïe. Lorsque l'on mange, on ne s'imagine pas que nos oreilles jouent un rôle. Au contraire, elles ont un rôle important, notamment dans l'évaluation de la croustillance ou du croquant d'un aliment.

3) Examen de l'odorat : Sentir un aliment, un liquide ou un objet quelconque est bien souvent une première étape avant d'examiner le produit en faisant appel à un autre sens. Dans le cas

du yaourt par exemple, le sujet regarde d'abord l'aspect global, le sent pour savoir l'arôme puis le met sur son palet [7].

Perçu par les muqueuses olfactives présentes dans le nez. Il existe 2 voies olfactives

- La voie orthonasale ou directe, qui permet de percevoir les odeurs
- La voie rétronasale, qui permet de percevoir les arômes

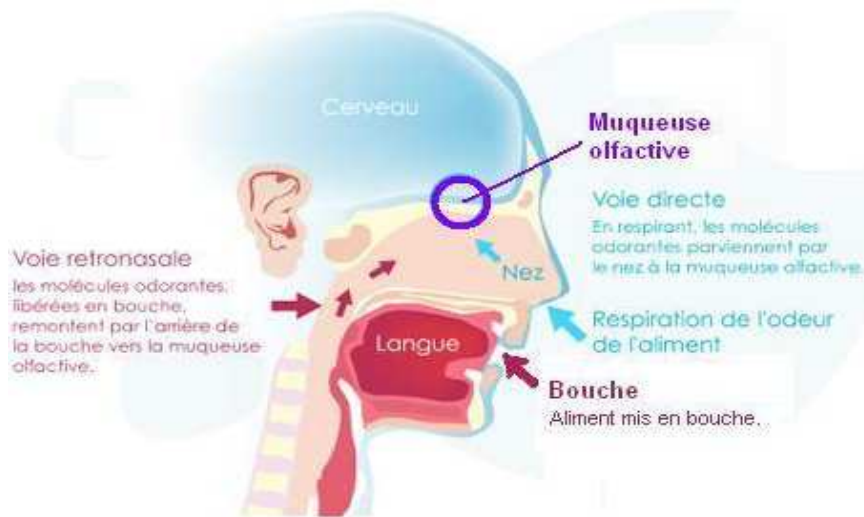


Figure 4 : Olfaction directe et indirecte

4) Examen du toucher : Ce sens n'est pas le sens le plus développé en termes de mesures subjectives. Il s'agit alors d'utiliser, en respectant certaines consignes très précises la main ou/et les doigts comme récepteur sensoriel pour examiner le produit. Perçu par les récepteurs nerveux au niveau de la peau, des muqueuses et par les tendons. On associe souvent le toucher aux mains mais l'on perçoit aussi beaucoup de sensations tactiles en bouche, notamment la texture des aliments, que l'on caractérise de durs, tendres ... ou des sensations dites trigéminales car elles sont dues au nerf trijumeau comme l'astringence (thé, vin rouge), la brûlure (poivre, ail), la fraîcheur (menthe) ou le piquant.

5) Examen visuel : L'examen visuel paraît le plus souvent le plus simple des examens à mettre en œuvre. Cependant, cet examen peut s'avérer très délicat selon le niveau d'examen que l'on cherche à obtenir [4].

L'examen visuel est considéré comme un procédé optique et il est généralement considéré, nous l'avons dit, comme le plus simple des examens à mettre en œuvre. Il ne nécessite en effet pas le recours à des instruments de contrôle spécifiques et dédiés aux produits à contrôler. Souvent utilisé comme un examen préalable à un autre contrôle, il permet parfois de guider le sujet dans le choix des moyens techniques à utiliser pour effectuer la mesure.

L'examen visuel est par conséquent à la fois un examen préalable à un contrôle relevant du domaine du mesurable et relevant du domaine du non mesurable par la subjectivité qu'il peut induire.



Tableau 1 : Comparaison domaine subjectif – Répondant mesurable

Domaine subjectif		Répondant mesurable
Vision	Forme, Couleur, Etat, Consistance	La télévision, l'endoscope
Olfaction	Odeurs sucrées, âcres, acides, florales, herbacés	Chimie des molécules, nez électronique
Goût	sucré, salé, acide, amer, astringent, rafraichissant, piquet	Mesure de texture
Audition	croustillant, croquant	Mesure des sons, de l'intensité
Toucher	consistance, température, fondant	Doigt thermique

Le Tableau 1 montre que de nouveaux instruments de mesure peuvent aider à mieux qualifier le goût, l'ouïe, l'odorat, le toucher et la vue puisqu'ils permettent de traduire des données non mesurables par des données mesurables. Ces instruments remplacent en quelque sorte le fonctionnement de nos organes sensoriels et peuvent se substituer totalement ou partiellement à l'être humain, et ceci dans le but de réduire les effets de la subjectivité de la mesure. A la fois fiables, justes et reproductibles, ces instruments peuvent ainsi être vus comme le moyen d'éliminer certaines tâches ingrates ou fastidieuses relevant du contrôle qualité.

Nous sommes tous capables d'évaluer un produit simplement en le regardant ou en le goûtant, mais chacun d'entre nous met dans cette évaluation une part de subjectivité différente. Des méthodes doivent donc être développées pour réduire au maximum cette part de subjectivité. Ces méthodes trouvent leur fondement dans l'analyse sensorielle.

II- Quelques concepts

L'évaluation sensorielle a été développée dans les années 30 du cycle dernier, principalement dans le secteur de l'agro alimentaire et à cause de l'absence de méthodes instrumentales adéquates pour mesurer ce que perçoivent nos sens, perception par nature non mesurable. Puis c'est en 1964 que la première méthodologie a été publiée.

1) La métrologie sensorielle



L'évaluation subjective rendue possible par la méthode d'analyse sensorielle doit s'inscrire dans une métrologie sensorielle afin de rendre la mesure répétable et reproductible dans le temps.

1-1 Définition de la Métrologie

La métrologie peut se définir comme étant « *la science de la mesure associée à l'évaluation de son incertitude* » [23]. La spécificité de la discipline métrologique n'est pas dans la mesure elle-même, mais dans la validation du résultat.

La métrologie est une composante essentielle de la qualité puisqu'elle constitue l'un de ses trois piliers institutionnels (normalisation, certification, métrologie).

La métrologie a toujours apporté tout son savoir-faire à la qualité. Elle apparaît dans toute démarche de certification, que ce soit du produit ou du système d'assurance qualité.

De nos jours, il n'est plus seulement question de réaliser le meilleur produit ou service, mais il faut d'une part obtenir la pérennité du niveau de qualité convenu et, d'autre part, le garantir à ses clients.

Un client, quel qu'il soit, exige deux éléments importants :

- la qualité du produit, dont il attend d'être satisfait,
- l'assurance de la qualité de l'entreprise dans laquelle il attend d'avoir confiance et qu'elle rende sûre l'obtention de la qualité du produit.

Dans les deux cas, les équipements de mesure sont des points de passage obligés :

- point de passage pour l'obtention de la qualité du produit [10],
- point de passage pour la maîtrise des équipements de mesure [12] ou [13].

11

L'expression objective de la qualité repose essentiellement sur des mesures dont les références sont indiscutables. Il faut donc que toute mesure soit significative, qu'elle ait le même sens partout et pour tous, hier, aujourd'hui et demain. Dans ce sens, on trouve dans toutes les normes relatives à la qualité, des exigences concernant le raccordement aux étalons nationaux.

La métrologie joue donc un rôle important à tous les stades de la démarche qualité, par ses aspects réglementaires et contractuels.

1-2 Définition de la Métrologie Sensorielle

Curieusement, il n'existe pas véritablement de réel consensus sur la définition de la métrologie sensorielle. L'unique définition sur laquelle nous avons pu nous baser est : ***"ensemble de méthodes, d'outils et d'instruments qui permettent d'évaluer les qualités organoleptiques d'un produit, c'est-à-dire les caractéristiques faisant intervenir les organes des sens de l'être humain : le goût, l'odorat, la vue, le toucher et l'ouïe"***.

La métrologie permet de donner une mesure à une mesurande qui n'est pas mesurable quantitativement. Elle vise donc à mieux cerner les perceptions et les évaluations subjectives du sujet et à les objectiver en les corrélant avec des propriétés physiques mesurables sur le produit fini ou en cours de fabrication.

Cette notion a surtout été développée dans les années 70 du dernier siècle, particulièrement dans le secteur de l'agro-alimentaire lorsque le marché de consommation a évolué pour prendre en considération les attentes des clients et non plus des données purement nutritionnelles ou/et physico-chimiques. L'optique des entreprises s'est donc totalement inversée en voulant comprendre ce qui amène les clients à acheter un produit plutôt qu'un autre. Des études ont donc été et sont encore menées dans ce sens comme par exemple celles effectuées dans le domaine viticole [22] [3] ou des laitages [19]. Nous comprenons alors bien l'importance de cette métrologie au niveau de la

conception de produit dans le but de répondre totalement aux besoins du client. Il faut tout de même préciser que lorsque l'on parle de perception client, celle-ci ne fait qu'évoluer en fonction des différents modes, ce qui provoque une incessante remise en question des critères définis pour satisfaire le client.

1-3 Les domaines d'application de la Métrologie Sensorielle

Les domaines d'application de la métrologie sensorielle peuvent être classés en trois familles (Figure 5) [5] :

- Le marketing,
- La recherche & développement,
- Le contrôle qualité.

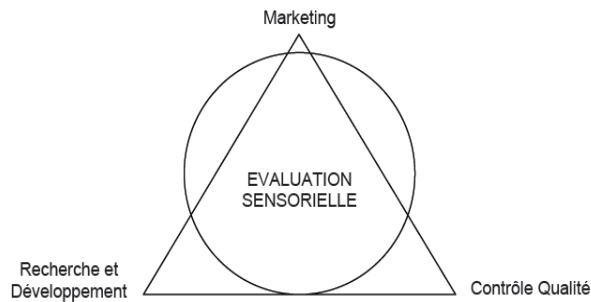


Figure 5 :
d'application de la métrologie

a- La Recherche & Développement

L'évaluation sensorielle intervient lors de la mise au point de nouveaux produits. Des sujets qualifiés et entraînés sont sollicités pour décrire objectivement les échantillons et évaluer les ressemblances ou dissemblances entre différentes références d'un même type de produit.

Ces études permettent de comparer différentes formulations, d'améliorer un produit, d'évaluer l'incidence d'une modification de processus sur les qualités sensorielles du produit.

b- Le Marketing

Le marketing garantit l'activité commerciale des industries en explicitant le besoin et les attentes du marché. Il mène des études de marché qui tiennent compte du besoin, des attentes, des remarques, des attitudes des consommateurs vis-à-vis du produit. L'objectif premier en termes de marketing est de toucher la sensibilité du consommateur pour assurer, voire même développer, la part de leur marché au niveau de leur clientèle.

En termes de marketing, la perception du client est de nos jours mise en avant en utilisant la métrologie sensorielle pour maîtriser l'évaluation subjective qu'ils se font du produit qui leur est présenté. Dans ce cas, les études consommateurs viennent valider les études effectuées en Recherche & Développement et mettre en évidence les axes d'amélioration des produits.

Elle permet aussi de mesurer l'influence ou de valider la marque, la dénomination, le packaging, ou le prix du produit.

Nous pouvons nous permettre de considérer que ce domaine représente la majeure partie des analyses sensorielles menées à l'heure actuelle, en listant rapidement le nom des entreprises qui l'utilisent en ce sens : L'Oréal, PSA Peugeot Citroën, Renault, Nestlé ...

c- Le Contrôle Qualité

Le contrôle qualité garantit le respect du cahier des charges. Des contrôles sont donc effectués tout au long du flux de production pour s'assurer de la bonne conformité des produits d'une étape à une autre de la gamme afin de satisfaire le consommateur.

Dans ce cas précis, et c'est ce qui change par rapport aux autres domaines, l'analyse sensorielle est basée sur la perception du contrôleur et non sur celle du client potentiel.

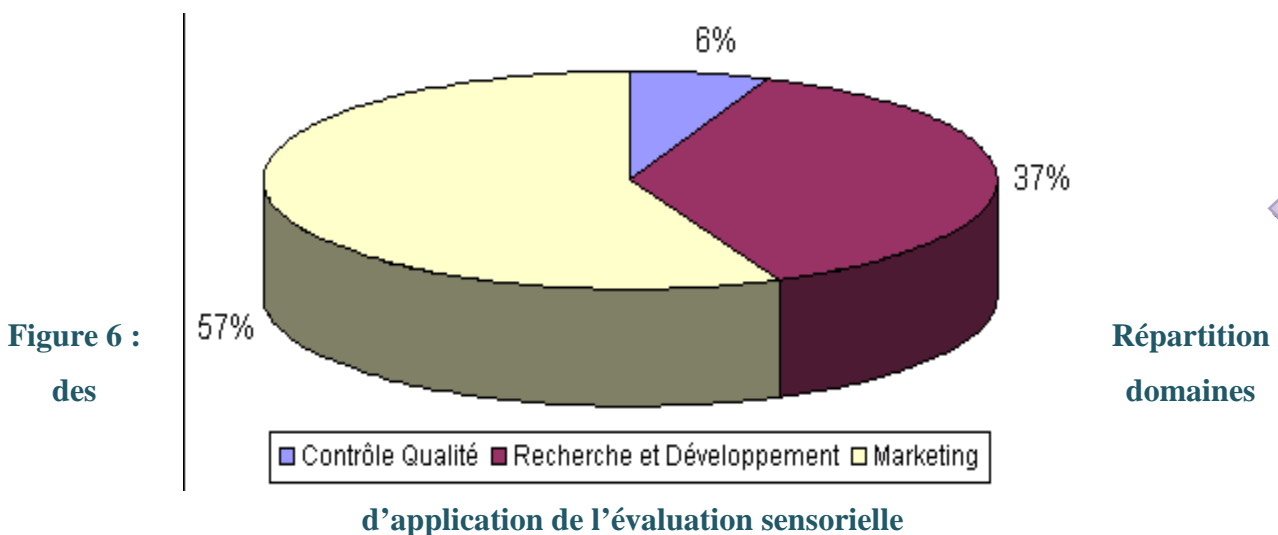
Notons que, bien sûr, le contrôleur sera formé selon les attentes du client mais aura malheureusement sa propre sensibilité qui influence le risque d'analyse.

d- L'importance de ces domaines dans l'utilisation de la Métrologie Sensorielle

La métrologie sensorielle définie comme précédemment constitue une aide précieuse dans la conception d'un produit, ce qui représente la majeure partie de son application dans un contexte industriel. Elle a été identifiée par le Ministère de l'industrie dans le rapport des technologies clés, à l'horizon de 2005 étant une aide pour :

- L'analyse des besoins et des comportements des consommateurs,
- La prise en compte de la dimension humaine en conception de produit.

Nous avons cherché à savoir quelle était la répartition des publications entre 1988 et 2008 parlant d'évaluation sensorielle (le terme métrologie sensorielle étant encore que très rarement employé) et suivant le domaine étudié : Recherche et développement, Marketing et Contrôle qualité. La Figure 6 donne les résultats de cette étude.



2- L'analyse Sensorielle

L'analyse sensorielle est une méthode permettant de réaliser l'évaluation subjective d'un produit donné. Elle consiste alors à définir les caractéristiques d'un produit grâce aux cinq sens humains.

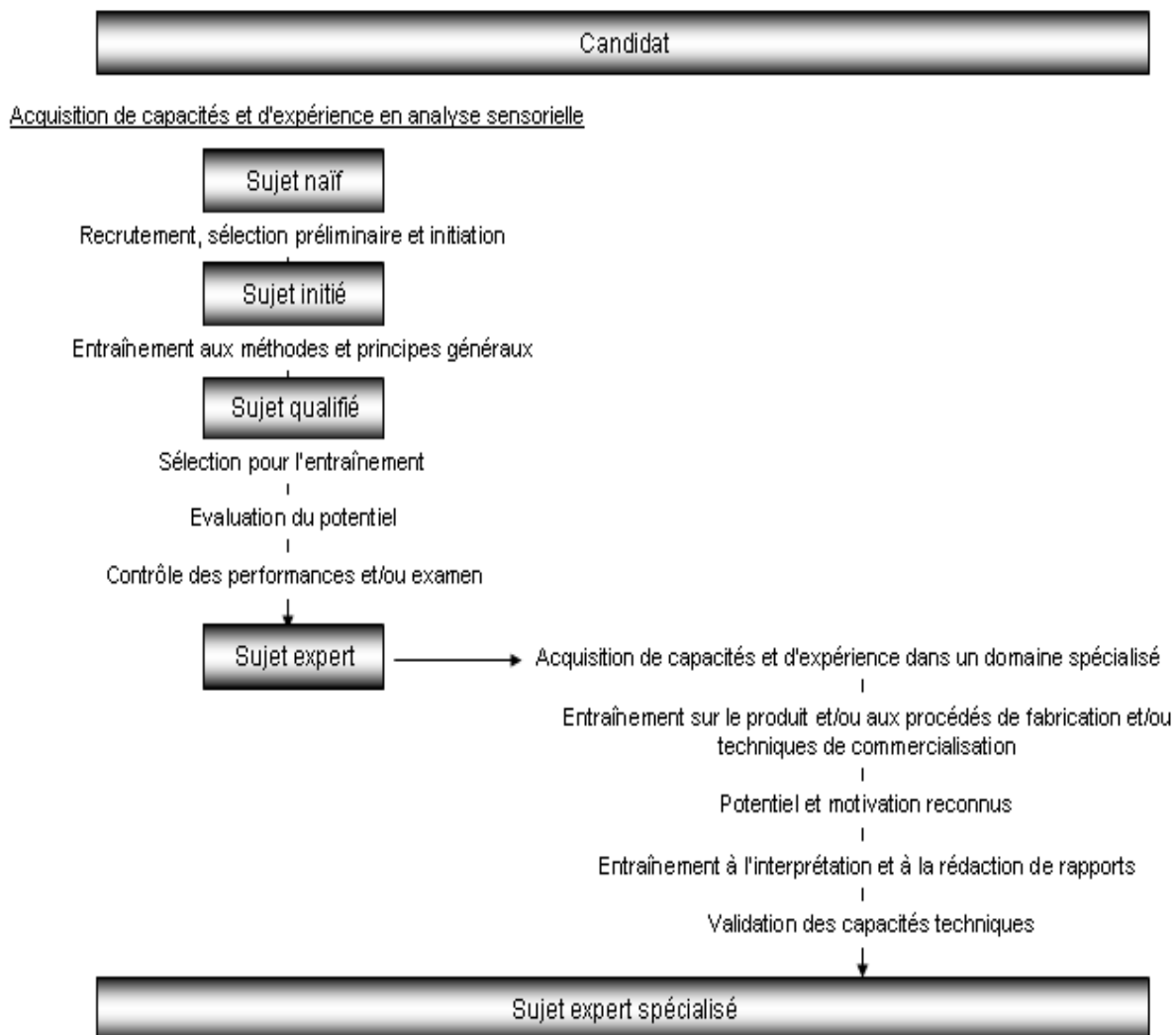
Avant de détailler la démarche préconisée par cette méthode d'évaluation subjective, définissons quelques termes propres à cette dernière.

2-1 Les sujets

En analyse sensorielle, un sujet représente, en faisant une analogie avec la métrologie dimensionnelle (utilisée lorsque la caractéristique du produit à mesurer est mesurable), l'instrument de mesure. La norme [11] le définit comme étant « *toute personne prenant part à un essai sensoriel* ». Il est en fait l'évaluateur de la caractéristique à mesurer. Le sujet peut être soit naïf, soit

entraîné. Tout dépend du type de produit présenté, de la caractéristique à mesurer, du contexte et de l'objectif de la mesure.

En tenant compte du type d'évaluation à réaliser, un sujet suivra en totalité ou partiellement différentes phases d'entraînement pour atteindre un niveau d'expertises souhaité par l'expérimentateur. La figure 7 décrit ces différentes étapes.



14

Figure 7 : Les différents sujets [9]

Cette représentation montre le passage entre les différents niveaux que le sujet peut atteindre : naïf, initié, qualifié et expert.

Dans la norme [9], le *sujet naïf* est défini comme une « *personne ne répondant à aucun critère particulier* », le *sujet initié* comme une « *personne qui a déjà participé à un essai sensoriel* », le *sujet qualifié* comme un « *un sujet choisi pour sa capacité à effectuer un essai sensoriel* » et

l'expert comme « la personne qui, par ses connaissances et son expérience, a la compétence requise pour fournir un avis dans les domaines sur lesquels il est consulté ».

L'analyse sensorielle définit quant à elle deux types d'expert : le **sujet expert** et le **sujet expert spécialisé**. Le premier est un sujet qui a un niveau d'expertise tel qu'il est reconnu pour réaliser une analyse sensorielle de façon fiable. Le sujet expert spécialisé détient de plus une connaissance autre que celle du produit (par exemple, son procédé de fabrication, sa technologie et/ou les différentes modifications de conception, matériaux, etc.) pouvant induire un changement dans son évaluation [6].

2-2 La présentation des échantillons

A partir du choix des sujets et suivant la démarche d'analyse sensorielle utilisée, l'expérimentateur choisit ensuite la manière de présenter les échantillons des différents produits. Soit il les présente de manière simultanée soit il les présente de manière successive. Cependant, et afin qu'aucun élément perturbateur venant de l'environnement extérieur ne vienne créer de la variabilité dans la mesure, des cabines d'évaluation sensorielle sont préconisées le cas échéant. Ces cabines (Figure 8) sont les plus neutres possible (par exemple, toute conversation entre sujets est rendue impossible).

15

Figure



8 :

Locaux du service Evaluation sensorielle

2-3 Les descripteurs

Les sujets expriment ensuite leur perception avec leurs propres mots ou avec des mots proposés par l'expérimentateur. Ces mots sont appelés *descripteurs* puisqu'ils permettent de donner une description précise du produit et de ses caractéristiques. Ils doivent donc répondre à plusieurs critères, comme ceux d'être :



- *Pertinents*, c'est-à-dire appropriés au produit ;
- *Précis*, c'est-à-dire ne pas induire d'ambiguïté lors de leur utilisation pour la compréhension du sujet et de l'expérimentateur ;
- *Discriminants*, c'est-à-dire être choisis de manière à marquer clairement la différence entre deux produits ;
- *Exhaustifs*, c'est à dire devant décrire l'ensemble du produit en s'attachant à montrer toutes les différences pouvant exister entre tous les produits ;
- *Indépendants*, c'est-à-dire ne pas se chevaucher par la description de certains éléments du produit.

2-4 Les échelles

Chaque descripteur libre ou non peut être lié à une échelle d'intensité permettant de saisir l'importance de la perception du descripteur dans le produit évalué. En fait, cette démarche est la même que lorsqu'un pédiatre demande à un patient d'évaluer sa douleur sur une échelle de un à dix. L'analyse sensorielle définit trois types d'échelle (Figure 9) :

- *Échelle de catégorie* : cette échelle est composée de catégories définies par des chiffres, mots ou dessins. Elle se compose donc de valeurs soit sémantiques, soit numériques.
- *Échelle d'intervalles* : cette échelle est une échelle de repérage dont l'origine est arbitraire. De plus, les intervalles représentés sur cette échelle tiennent compte de la distance entre l'intensité perçue pour le descripteur donné. Cette échelle d'intervalle peut être soit structurée, soit non structurée.
- *Échelle proportionnelle* : cette échelle représente le rapport entre deux sensations.

Échelle de catégorie

Évaluation de papiers abrasifs

Sémantique	Numérique
-très fin	-000
-fin	-0
-moyen	-1
-gros	-2
-très gros	-3

Échelle non structurée

Évaluation du caractère odeur de menthe pour du gel

Ech. ne présentant pas d'odeur de menthe |-----| Ech. présentant d'odeur de menthe extrêmement forte

Échelle structurée

Évaluation du caractère sec ou juteux pour de la viande

très sec	sec	ni sec ni juteux	juteux	très juteux
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Échelle proportionnelle

Évaluation du caractère acide pour des yaourts

Évaluez le caractère acide de l'échantillon témoin à l'aide du nombre de leur choix :

Trois yaourt sont ensuite présentés successivement. Pour chacun d'entre eux, attribuez une valeur à l'intensité du caractère acide, proportionnellement à la valeur donnée au témoin.

Échantillon 324

Échantillon 641

Échantillon 298

Figure 9 : Exemples d'échelles en évaluation sensorielle - extrait de [23]

2-5 Démarche globale

La démarche à suivre lors d'une analyse sensorielle est maintenant très éprouvée et a fait l'objet de nombreux articles [3], [20] et [27].

Cette démarche, résumée sur la figure 10, est composée de plusieurs étapes devant être suivies par l'expérimentateur.

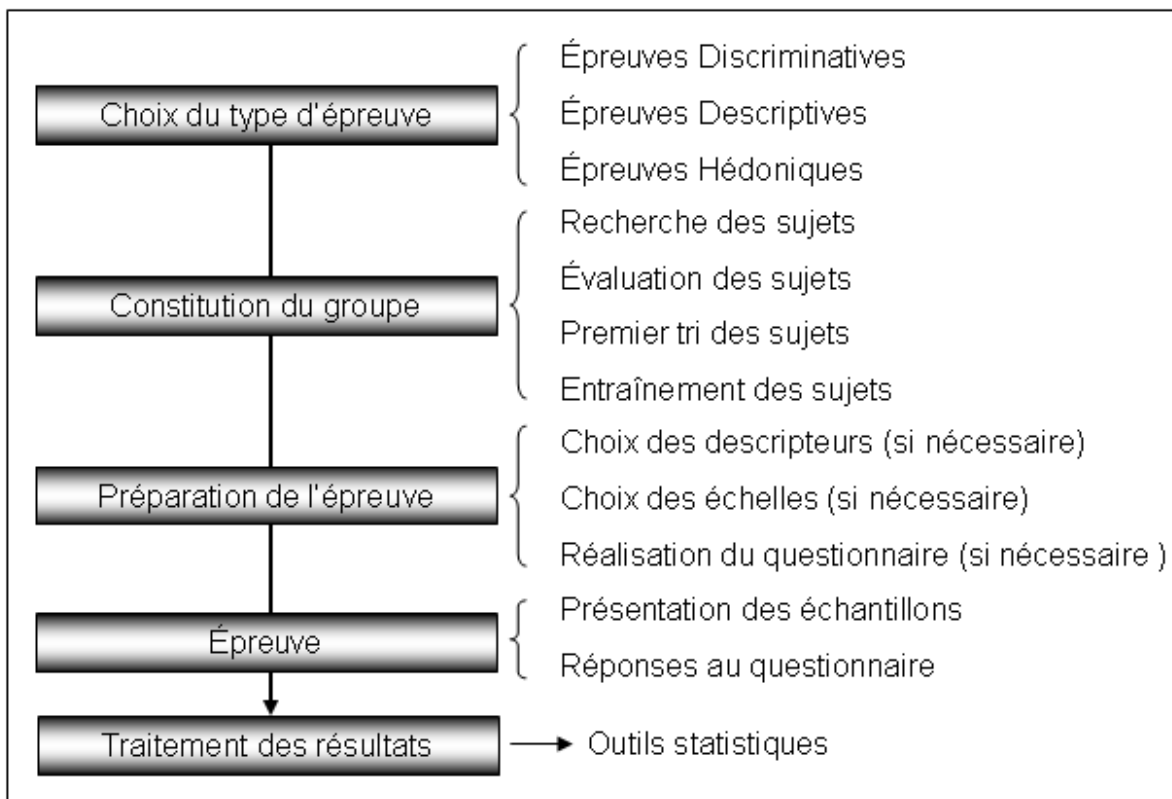


Figure 10 : Les macros étapes de l'analyse sensorielle Nous détaillons maintenant

chacune de ces étapes.

2-6 Le choix du type d'épreuve

Comme dans toute démarche, la première étape est de bien définir le problème et les contraintes pour choisir en connaissance de cause les tests à mettre en place pour atteindre l'objectif (Figure 11). L'objectif d'une analyse sensorielle peut avoir deux applications : soit il s'agit d'étudier les différences entre les produits proposés, soit il s'agit d'étudier leurs préférences. Selon le cas, le type d'épreuve ne sera pas le même (Figure 11).

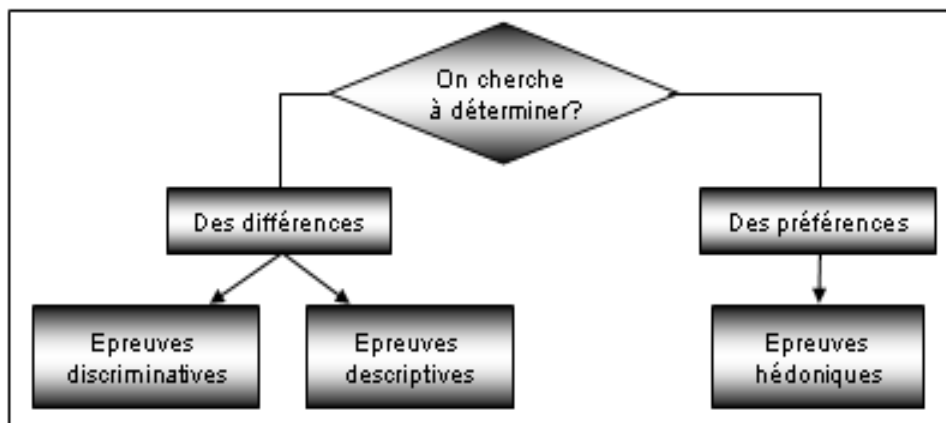


Figure 11 : Choix du type d'épreuves

Nous avons alors le choix entre deux types d'épreuves :

- **les épreuves analytiques** composées à la fois d'épreuves discriminatives et d'épreuves descriptives qui ont pour but de relever les différences entre les produits en analysant les produits les uns par rapport aux autres
- **les épreuves hédoniques** qui ont pour but d'étudier les préférences des clients en notant le caractère agréable du produit.

18

2.6.1 Les épreuves analytiques

Une **épreuve analytique** consiste à mesurer les différences entre les produits. Selon que ces différences sont plus ou moins nettes, cette épreuve débouche [23], soit sur une étude discriminative, soit sur une étude descriptive (Figure 12).

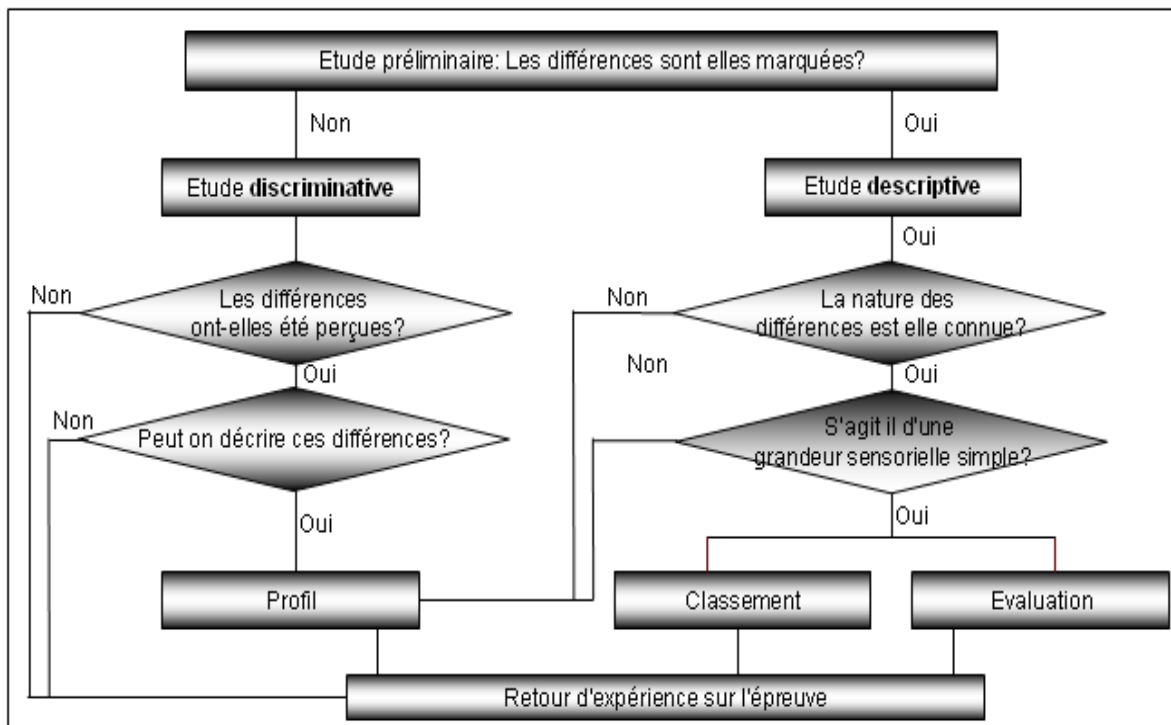


Figure 12 : Choix du type d'épreuves analytiques

Les études discriminatives permettent d'obtenir le profil du produit. On distingue:

- Les épreuves d'appariement,
- Les épreuves triangulaires,
- Les épreuves duo trio,
- Les épreuves A-nonA,
- Les épreuves n parmi n.

Les études descriptives permettent d'obtenir, soit un classement des produits les uns par rapport aux autres suivant la composante souhaitée, soit une évaluation de tous les produits.

On distingue par exemple:

- Les épreuves de classement



- Les épreuves de cotation
- Les épreuves d'intervalle
- Les épreuves de rapport

2.6.2 Les épreuves hédoniques

Ces épreuves permettent de connaître les préférences entre évaluateurs et donc entre clients. Elles font appel au caractère de satisfaction du client en tenant compte du "j'aime, j'aime pas !". On distingue par exemple:

- Les épreuves par pair
- Les épreuves de classement
- Les épreuves de consommation
- Les épreuves monadiques

19

2.7 La constitution du groupe

L'expérimentateur doit constituer son *groupe* d'évaluateurs en suivant différentes règles qui seront primordiales pour obtenir des résultats concrets et les plus proches de la réalité. Il crée donc son groupe en tenant compte de *la disponibilité*, de *la motivation* des personnes ainsi que de *l'éventualité* qu'ils puissent utiliser le produit de l'évaluation dans leur vie personnelle.

Cette première recherche lui permet de faire un premier tri des sujets, afin de pouvoir commencer à les former à la méthode qu'ils vont devoir suivre, mais aussi afin de les entraîner si nécessaire à l'évaluation qu'ils vont devoir réaliser.

2.8 La préparation de l'épreuve

La préparation varie selon le type d'épreuve choisi. En effet, elle consiste à choisir les descripteurs, choisir les échelles, réaliser les questionnaires, préparer les échantillons, etc. en fonction de la démarche adoptée auparavant.

2.9 La réalisation de l'épreuve

Classiquement cette étape se décompose en plusieurs phases résumées dans la Figure 13.

2. Phase d'apprentissage et premiers descripteurs définis

3. Etape de réduction du nombre de descripteurs

4. Etablissement d'une liste de descripteurs limités pour les étapes suivantes

5. Choix d'une référence pour chaque descripteur

6. Phase d'entraînement

7. Test de répétabilité

8. Utilisation du profil et de la méthode d'analyse et de notation



Figure 13 : Les étapes standards d'une analyse sensorielle

Cette démarche est décrite dans de nombreux articles (par exemple dans [24]). Dans un premier temps (étape 1), l'expérimentateur rassemble un groupe d'experts jugé comme le plus capable à effectuer en totalité et donc de manière cohérente l'ensemble des étapes de la démarche.

Ce groupe d'experts est alors entraîné à examiner des échantillons. De cet entraînement ressort une première description des pièces analysées, celle-ci devant ensuite s'affiner au fil du temps par une meilleure connaissance de la qualité attendue des produits. L'expérimentateur dispose alors d'une liste de descripteurs pertinents, précis, discriminants, exhaustifs et indépendants [14] [23] (étape 2, 3, 4) réduisant de ce fait le flou engendré par un vocabulaire propre à chacun des contrôleurs.

Ce travail en groupe permet également de régler les conditions d'évaluation de chacun des instruments de mesure (i.e. chaque expert) et, par conséquent, permet de créer une échelle de référence des produits (étape 5).

C'est sur la base de ces résultats (liste exhaustive de descripteurs et référence définie) que les évaluateurs sont ensuite formés à ce nouveau concept. Chaque évaluateur est donc entraîné et contrôlé de manière à éviter toute dérive de jugement et d'apprentissage (étape 6, 7, 8).

20

III- Les cinq épreuves sensorielles

Parmi les épreuves analytiques est hédoniques déjà cités, et selon les moyens techniques et humains disponibles dans la coopérative, notre choix s'est porté sur cinq épreuves qui peut répondre à certaines préoccupations du département recherche et développement et certaines questions que peut poser le consommateur.

Ces épreuves sont [1]:

- 1. L'épreuve triangulaire**
- 2. L'épreuve A - non A**
- 3. L'épreuve de classement**
- 4. L'épreuve de catégorisation**
- 5. L'épreuve hédonique ou de profil**



1) L'épreuve triangulaire

a- Objectif

L'épreuve triangulaire est utilisée pour répondre à deux objectifs différents : soit mettre en évidence (ou confirmer) qu'il existe des différences entre deux produits (on parle alors d'épreuve de différence) ; soit mettre en évidence (ou confirmer) qu'il n'existe pas de différence entre deux produits (on parle alors d'épreuve de similitude). Dans les deux cas, les caractéristiques sur lesquelles portent ces différences ne sont pas connues et les différences attendues sont faibles [2], [21].

21

b- Principe

Trois échantillons codés sont présentés ; deux échantillons sont identiques par construction (ils proviennent du même produit), le troisième étant à priori différent (il provient d'un autre produit). Le sujet doit déterminer l'échantillon non répété [15].

Soit A et B les deux produits ; six arrangements sont possibles quand on prend en compte à la fois la nature de l'échantillon répété et l'ordre de première évaluation de chaque échantillon :

AAB / ABA / BAA / BBA / BAB / ABB

Il est recommandé de présenter chacun de ces six arrangements un même nombre de fois ; en effet il est possible que l'ordre de présentation et, surtout, la nature de l'échantillon non répété rendent plus ou moins facile l'épreuve.

c- Exemple

Pour vérifier l'effet du vieillissement sur les qualités organoleptiques d'un produit frais (produit qui garde ses qualités physico-chimiques et organoleptiques du jour de fabrication jusqu'à la date limite de consommation dans ses conditions de stockage recommandées), l'homologation d'un nouveau ingrédient, contrôle matière première (ingrédient), changement de formulation, de process...etc.

d- Sujets

24 sujets. Chacun effectue une seule épreuve triangulaire au cours de la séance de travail. Celle-ci a été précédée d'une séance au cours de laquelle chaque sujet s'est familiarisé, en effectuant deux épreuves, à la technique de l'épreuve triangulaire et à l'univers sensoriel du produit. Les réponses à ces épreuves de familiarisation ne sont pas analysées, mais chaque sujet a été informé, après chaque épreuve, du code de l'échantillon non répété afin qu'il puisse goûter à nouveau les échantillons en connaissant la réponse attendue et, ainsi, se perfectionner.

e- Echantillons

Les échantillons vont être présentés dans les mêmes conditions (la même température, les mêmes volumes, les mêmes gobelets, anonymat...). À raison de 6 échantillons pour chaque dégustateur (3échantillons par plateau).

22



f- Questionnaire

Nom et Prénom :

Date :

Deux plateaux vont vous être présentés, dans chacun deux produits dont l'un est répété.

Vous goûtez les 6 échantillons dans l'ordre indiqué et entourez le code de l'échantillon non répété.

X_1 X_2 X_3 (premier plateau)
 X'_1 X'_2 X_3 (deuxième plateau)

Avec $X_1, X_2, X_3, X'_1, X'_2$ et X'_3 les codes attribués aux 6 gobelets.

Vous pouvez goûter un ou plusieurs fois dans l'ordre que vous désirez.

g- Résultats

Un exemple de dénombrement des réponses pour une épreuve triangulaire

Dénombrement des réponses

	Codes du 1 ^{er} produit		Codes du 2 ^{ème} produit	
	X_1	X_2	X'_1	X'_2
	X_3		X'_3	
L'échantillon non répété provient de :				
-1 ^{er} produit				
-2 ^{ème} produit				

D'après ce tableau, on dénombre le nombre de réponses correctes et le nombre de réponses incorrectes.

h- Interprétation statistique des résultats

Pour conclure à une différence entre produits, il faut que le nombre de réponses correctes soit significativement supérieur à la valeur attendue sous l'effet du hasard seul, c'est-à-dire égal ou supérieur à la valeur critique donnée dans la table 1 (annexe 1), pour le risque choisi.

- On entre dans cette table avec le nombre de tests effectués. Pour qu'une différence soit déclarée significative, il faut que le nombre de réponses correctes soit au moins égal à la valeur critique.
- Si le nombre d'épreuves est impair et compris entre 50 et 100 ou si le nombre d'épreuve est supérieur à 100, on utilise la fonction Excel (voir ci-dessous).
- Les valeurs dans la table peuvent être obtenues par la fonction CRITERE.LOI.BINOMIALE d'Excel 2000. Entrer les quatre paramètres suivants : nombres-succès c'est-à-dire le nombre de réponses correctes ; tirage : le nombre de réponses ; probabilité-succès, ici 1/3 ; cumulative. la valeur critique est donnée par la valeur qui apparaît à la rubrique résultat, et qui doit être comparé avec la valeur 0,05. Si cette valeur critique est inférieure à 0,05, les produits seront déclarés significativement différents au seuil de 95%.



2) L'épreuve A - non A

a- Objectif

Cette épreuve permet de déterminer si un produit est conforme ou non à une référence. C'est pourquoi, elle est souvent également appelée épreuve de conformité [2], [21].

L'épreuve A- non A est particulièrement bien adaptée aux situations où la référence peut prendre des formes légèrement différentes, mais voisines.

b- Principe

Soit A le produit référence et non A l'autre produit. Dans un premier temps, le sujet apprend à reconnaître le produit A. Dans un second temps, le sujet reçoit une série d'échantillons codés : des échantillons du produit A et des échantillons du produit non A. Il doit déterminer, pour chaque échantillon, s'il est A ou non A [15].

c- Exemple

Les défauts constatés au niveau de la fabrication, validation des essais laboratoires et industriels pour objet d'homologation de nouveaux ingrédients, le suivi du produit au cours du stockage...etc., présentent les différents cas où on peut appliquer le test A non A.

d- Sujets

20 sujets. Chaque sujet teste 12 échantillons du produit au cours de la séance de travail. Celle-ci doit être précédée d'une séance de familiarisation comportant 6 épreuves.

e- Echantillons

Les échantillons sont présentés aux dégustateurs dans les mêmes conditions, codés aléatoirement, à raison de 12 échantillons pour chaque dégustateur.

La répartition des échantillons A et non A, ainsi que l'ordre de présentation sont tirés au sort pour chaque sujet.

Le produit A est donc évalué le même nombre de fois que le produit non A, soit $20 \times 6 = 120$.

f- Exemple de questionnaire

Un plateau contenant 12 gobelets codés va vous être présenté.

Déterminer pour chaque code s'il s'agit du produit référence (appartenant à la classe A) que vous avez appris à reconnaître au début de séance, ou il s'agit d'un produit différent (appartenant à la classe non A).

Indiquer votre réponse par une croix dans la case appropriée.

Donnez une réponse dans tous les cas, même lorsque vous n'êtes pas certains de son exactitude.

Nom et Prénom :

Date :

Le gobelet codé..... est le produit A

Non A

Indiquez votre réponse en cochant la case appropriée.



g- Présentation des résultats

Les réponses sont rassemblées, tous sujets confondus, dans le tableau suivant :

L'échantillon présenté était le	Les sujets ont répondu: le produit était:		Total
	A	non A	
A	f1	f1	n1
non A	f2	f2	n2
Total			

h-

Interprétation statistique des résultats

Un test de comparaison de deux fréquences fondé sur l'approximation normale.

Ce test demande donc de calculer :

Une estimation de la fréquence commune f_c de réponse A :

$$f_c = (f_1 + f_2) / (n_1 + n_2)$$

Une estimation de variance s_d^2 de la différence entre les deux fréquences observées

$$S_d^2 = (f_c (1 - f_c)) * (1/n_1 + 1/n_2)$$

Une estimation de l'écart type S_d :

$$S_d = \sqrt{s_d^2}$$

Un indice U_{calc}

$$U_{calc} = (f_1 - f_2) / S_d$$

Cet indice U_{calc} doit être comparé à une *valeur théorique* U égale à 1,64 pour un risque α fixé à 5%

Si U_{calc} est supérieure à U théorique, on conclut à une différence significative.

3)

L'épreuve de classement

a- Objectif

L'épreuve de classement est utilisée lorsque l'on suspecte que les produits diffèrent sur une caractéristique organoleptique précise (l'intensité de l'arôme, la sucrosité, l'acidité, etc...); elle permet donc de comparer directement les produits entre eux sur cette caractéristique. Elle est également bien adaptée à la comparaison de produits en termes de préférence [2], [21].

b- Principe

La tâche du sujet consiste à classer des échantillons qui lui sont présentés simultanément dans un ordre croissant (ou décroissant) d'intensité (par exemple l'intensité acide), de qualité (par exemple l'intensité d'arôme) ou de préférence [15].

Un nombre de sept échantillons à classer semble être un maximum lorsqu'il faut flairer ou mettre en bouche les produits. En revanche, cette valeur peut être dépassée quand l'évaluation porte



sur l'aspect ou la couleur. La difficulté pour l'animateur consiste toujours à s'assurer que la caractéristique sur laquelle porte le classement a la même signification pour tous les sujets.

Un cas particulier : lorsque l'épreuve de classement porte uniquement sur deux produits, l'épreuve est considérablement simplifiée aussi bien au niveau de sa mise en œuvre que de l'interprétation des résultats, à tel point qu'un nom spécifique lui est réservée : l'épreuve par paire.

c- Sujets

Au minimum 12 sujets doivent participer, ils sont sélectionnés pour leur aptitude de détecter des différences entre les produits.

L'animateur prépare les échantillons, les codifiés, invite les dégustateurs et leurs distribues et explique le questionnaire et le déroulement de l'épreuve.

d- Questionnaire

Code panéliste :

Date :

(X) échantillons de produits vous sont présentés. Goûtez les dans l'ordre et classer les par ordre croissant du critère à évaluer (Y).

Inscrivez un seul code par case.

Vous pouvez revenir autant de fois que vous le désirez sur un échantillon.

Quand votre classement est obtenu, attendez une minute et vérifiez le en commençant par l'échantillon que vous avez perçu comme ayant le moins (Y).

Vous pouvez, si besoin, modifier alors votre classement initial.

De l'eau est à votre disposition, nous vous demandons de vous rincer la bouche avant de goûtez le premier échantillon.

(Moins Y)

Rang 1	Rang 2	Rang n
--------	--------	--------

(Plus Y)

e- Présentation des résultats

Pour chaque sujet, on attribue à l'échantillon jugé le moins aromatique le rang 1. Puis à l'échantillon placé à la deuxième position en partant de la gauche le rang 2 et ainsi de suite jusqu'à l'échantillon jugé le plus aromatique qui obtient le rang n. on calcule alors la somme des rangs de chaque produit comme indiqué dans le tableau ci après.

Tableau des rangs (plus le rang est élevé, plus le produit est perçu comme aromatique)

Sujets	Produit 1	Produit 2	Produit 3	...	Produit X
1					
2					
...					



12					
Somme des rangs (Tp)					

f- Interprétation statistique des résultats

L'industriel peut désirer interpréter de manière plus fine ses résultats. Deux démarches sont possibles : la première demande le calcul d'un **Khi deux** (χ^2) modifié (dit de Friedman) ; la seconde demande la consultation de tables spécialement construites par **Newell** et **MacFarlane**, 1987 (journal of Food Science, 52, 1721, 17251). Il n'existe pas aujourd'hui d'accord entre les statisticiens quand à la meilleure démarche.

En effet, bien que la méthode de Newell et MacFarlane soit rapide, l'AFNOR a retenu la méthode du χ^2 . De plus, les 2 méthodes conduisent à des conclusions légèrement différentes, ce qui montrera à une personne qui débute en évaluation sensorielle qu'il est indispensable de toujours, dans son rapport, indiquer la méthode statistique qu'elle a utilisée.

Méthode 1 : la méthode retenue par l'AFNOR

Elle s'effectue en deux temps

On calcul d'abord un Khi deux (χ^2) modifié pour déterminer s'il existe des différences significatives entre les X produits. Cet indice permet de mesurer l'écart entre la distribution des rangs observée et la distribution théorique calculée sous l'hypothèse H_0 où les différences sensorielles entre les produits sont nulles. Ce χ^2 se calcule comme suit :

$$\chi^2 = \frac{12}{n \cdot p \cdot (p+1)} \times \sum Tp^2 - 3n \cdot (p+1)$$

Avec
 12 : constante
 n : nombre de sujets
 p : nombre de produits
 Tp : somme des rangs du p^{ième} produit

La valeur obtenue est comparée à la valeur critique lue dans la table 2 (annexe 2), pour (p-1) degrés de liberté.

Si la valeur calculée est égale ou supérieure à la valeur théorique, les produits sont déclarés significativement différents.

On peut également utiliser la fonction Khi deux sur Excel, la réponse qui apparaît doit être inférieure au risque α choisi, ici 0,05, pour que les produits soient déclarés significativement différents.

On détermine ensuite les produits qui diffèrent entre eux. En effet, comme la conclusion précédente est globale, elle n'indique pas si tous les produits sont différents entre eux ou si les variations d'intensité aromatique affectent seulement les produits extrêmes. Pour répondre à cette question, on calcule le plus petit écart δ qui doit exister entre 2 sommes de rangs pour que les produits correspondants puissent être déclaré différents :



$$\delta = \frac{1,96}{\sqrt{6}} \times \sqrt{n \times p \times (p+1)}$$

Avec toujours n : nombre de sujets
P : nombre de produits

Méthode 2 : les tables de Newell et MacFarlane

Pour utiliser ces tables, l'opérateur doit dans un premier temps calculer toutes les différences entre les sommes des produits pris 2 à 2. Cette opération s'effectue aisément si l'on ordonne les échantillons dans le sens des sommes décroissantes.

Puis, dans un second temps, il doit consulter l'une des tables construites par Newell et MacFarlane : celle correspondant au risque α choisi et à la présence ou non d'un échantillon témoin dans la collection des produits étudiés. Supposons, par exemple, qu'il choisisse un risque de 5% et qu'il considère qu'il n'a pas d'échantillon témoin, il consultera alors la table 3 (annexe 3).

Il lit à l'intersection de la colonne (produits) et de la ligne (sujets) la valeur. Cette valeur est la différence critique : toute différence calculée, égale ou supérieure à cette valeur critique, signifie que les deux produits correspondants peuvent être considérés comme différents. Il suffit qu'il existe au moins une différence calculée qui soit égale ou supérieure à la différence critique pour que les échantillons soient, globalement, considérés comme différents.

4) L'épreuve de catégorisation

a- Objectif

L'épreuve de catégorisation est utilisée pour comparer, au moyen d'une seule épreuve, plusieurs produits qu'on suspecte différents sur plusieurs caractéristiques [2], [21].

Chaque catégorie est définie par une ou plusieurs caractéristiques mais il n'existe pas de lien logique entre ces catégories.

b- Principe

Le sujet doit ranger une série d'échantillons dans différentes classes ou catégories en répondant par OUI quand l'échantillon présente la caractéristique indiquée et par NON quand il ne la présente pas. Les différentes classes ou caractéristiques sont définies au préalable par l'expérimentateur ; elles doivent avoir une signification identique pour tous les sujets [15].

c- Exemple

Un industriel veut savoir, son panel est capable de connaître les arômes, si le produit qu'il fabrique a le même arôme dominant que les produits de ses concurrents...etc.

d- Sujets

20 sujets participent à l'épreuve. Aucun n'as d'expérience préalable en évaluation sensorielle. Cette donnée - l'expérience sensorielle des sujets - est en contradiction avec la règle initiale selon laquelle les sujets doivent toujours être entraînés à leur tâche ; mais l'industriel refuse cette règle : il veut des réponses spontanées.

e- Echantillons



Les trois échantillons sont servis (avec répétition, c'est-à-dire chaque échantillon est répété deux fois), dans les mêmes conditions et dans des gobelets codés. Chaque sujet évalue le même nombre de fois les échantillons. L'ordre de présentation est aléatoire et diffère pour chaque sujet.

f- Questionnaire

Nom et Prénom :

Date :

Goûtez les échantillons qui vous sont présentés.

Vous devez déterminer l'arôme dominant de chaque échantillon.

Vous devez choisir un arôme et un seul pour chaque échantillon.

Il est possible que, pour vous, tous les échantillons présentent le même arôme dominant ; répondez en fonction de ce que vous percevez et n'essayez pas de remplir toute la grille.

Codes	Type d'arôme			
	X1	X2	X3	X4
Echantillon 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Echantillon 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Echantillon 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Echantillon 1'	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Echantillon 2'	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Echantillon 3'	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

29

g- Présentation des résultats

Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

Produits	Arôme				Somme
	X1	X2	X3	X4	
A					
B					
C					
Somme					

Avec :

A correspond aux échantillons 1 et 1'

B correspond aux échantillons 2 et 2'



C correspond aux échantillons 3 et 3'

h- Interprétation statistique des résultats

Elle est effectuée au moyen du test du χ^2 . Celui-ci consiste à calculer la valeur suivante :

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{Effectif observé} - \text{Effectif théorique})^2}{\text{Effectif théorique}}$$

Puis à comparer cette valeur à une valeur critique lue dans la table 2. Si la valeur du χ^2 calculée est supérieure à la valeur critique, on conclura alors que les produits sont différents.

5)

L'épreuve

hédonique

a- Objectif

L'épreuve hédonique a pour objectif d'évaluer le degré d'acceptabilité du produit par le consommateur.

Cette épreuve peut être présentée par une notation sur une échelle d'intervalle qui permet d'attribuer une note sur une caractéristique sensorielle définie. Elle permet donc de décrire un produit et/ou de quantifier les différences entre produits lorsqu'une ou plusieurs caractéristiques sont notées. Elle est, normalement, utilisée lorsque l'on a déjà montré que les produits étaient différents et que l'on connaît les caractéristiques sensorielles sur lesquelles les produits peuvent être différents. Cette épreuve requiert des sujets entraînés ; en conséquence elle peut être utilisée, par un débutant, seulement pour des caractéristiques qui sont utilisées par les sujets dans leur vie de tous les jours [2], [21].

Par rapport à l'épreuve de classement, elle présente l'intérêt de ne pas nécessiter l'évaluation simultanée (c'est-à-dire au cours de la même épreuve, donc a fortiori au cours de la même séance) de tous les produits étudiés ; mais elle suppose une bonne mémoire sensorielle de l'échelle de notation.

b- Principe

Des produits codifiés vont être présentés devant un panel constitué de 60 sujets au minimum selon la norme AFNOR (révision pour 100 sujets minimum) [15].

Avec une grande disparité en terme de préférence : la cible, les fréquences et les habitudes de consommation, etc... Les sujets recrutés doivent être représentatifs en tenant compte de la cible... Chaque sujet reçoit les produits à déguster et doit répondre à un questionnaire pour chaque produit.

Le sujet dispose d'une échelle, celle-ci peut être une ligne horizontale de longueur fixée dont l'extrémité gauche représente une très faible intensité et l'extrémité droite une très forte intensité. Il doit traduire l'intensité perçue en traçant une marque sur cette échelle, dite échelle non structurée. Mais l'échelle peut également être constituée d'une série de valeurs chiffrées, la plus faible correspondant à une (très) faible intensité ; le sujet doit alors choisir la note qui lui semble la plus appropriée (échelle structurée). Dans ce second type d'échelle, les notes sont souvent accompagnées d'un qualificatif. Une forme intermédiaire entre ces deux échelles consiste à présenter au sujet une succession de cases qui sont ordonnées dans un sens croissant de la gauche vers la droite comme dans l'exemple ci-dessous :



Pas sucré

Très sucré

Bien évidemment, pour que les résultats soient exploitables, il convient d'entraîner les sujets afin qu'ils sachent à quelle intensité de sensation l'échelle de notation fait référence, notamment à quelles intensités correspondent les deux extrémités.

c- Exemple

Cette épreuve peut être appliquée pour répondre à plusieurs objectifs ou question que peut poser un industriel : avant de mettre en œuvre un nouveau produit et/ou répondre à des besoins marketing...

Le lieu de la réalisation du test peut être au laboratoire, chez le consommateur ou bien dans un lieu de passage.

d- Sujets

60 sujets (voir 100 selon la norme AFNOR) sont appelés à évaluer les différents descripteurs du produit étudié (caractère sucré, caractère amer, caractère acide...etc.). Les sujets se sont mis d'accord sur les produits références contenant le caractère étudié X qui illustrent le mieux les extrémités des échelles de notation, c'est à dire un produit très peu X et un produit très X.

e- Echantillon

Chaque sujet reçoit les échantillons dans des gobelets codés avec trois chiffres. L'ordre de présentation des échantillons est aléatoire.

f- Questionnaire

Goûtez l'échantillon qui vous est proposé et évaluez l'intensité du descripteur indiqué en cochant la case appropriée.

Utilisez une feuille par produit. Remettez la feuille à l'animateur immédiatement après l'avoir remplie.

Aspect globale

<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10
Je n'aime pas du tout				ne me plaît ne me déplaît			j'aime énormément			

Goût en bouche

<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10
Je n'aime pas du tout				ne me plaît ne me déplaît			j'aime énormément			

Texture en bouche



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Je n'aime pas
du tout

ni me plaît
ni me déplaît

j'aime
énormément

Acidité

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Pas assez acide

Juste bien

Trop acide

Sucré

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Pas assez sucré

Juste bien

Trop sucré

g- Présentation des résultats

Les notes pour chaque descripteur varient de 0 à 10.

Les réponses obtenues par les sujets sont rassemblés dans le tableau suivant :

Tableau : le nombre d'effectif attribuant une note de 0 à 10 à chaque descripteur

		Codes produits																					
		X										Y											
La note attribuée		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aspect global	Effectifs																						
Gout en bouche																							
Texture en bouche																							
Acidité																							
Sucrosité																							

Avec X et Y les codes des produits

h- Interprétation statistique

La technique la plus classique est l'Analyse de la Variance (ou ANOVA). Cette technique n'est immédiate ni dans son principe ni dans les calculs qu'elle implique ; ceux-ci demandent, sauf pour celui qui a une grande habitude de la calculette, un logiciel de statistique. Très schématiquement, on peut distinguer deux étapes.

- Une première étape au cours de laquelle on construit un tableau présentant la structure si dessous (ou plus exactement, la structure des quatre colonnes situées à gauche ; les trois autres seront remplies dans la seconde étape).

Tableau : analyse de la variance

Sources de variation	SCE	Ddl	CME	F	Probabilité	Valeur critique
----------------------	-----	-----	-----	---	-------------	-----------------



						pour F
Les var. entre sujets						
Les var. entre produits						
L'interaction produits*sujets						
Les var. totales						

SCE : somme des carrés des écarts

ddl : Nombre de degré de liberté

CME : carré moyen des écarts ($CME = SCE/ddl$)

Ce tableau cherche à répartir les variations qui existent entre chaque note individuelle et la note moyenne entre différentes causes ou entre différents facteurs (on parle classiquement de sources de variation) :

- 1) Une cause due aux différences entre produits : **tous les produits ne développent peut être pas la même intensité de la caractéristique étudiée pour le groupe des sujet pris ensemble ;**
- 2) Une cause due aux différences entre sujets : **tous les sujets ne perçoivent peut être pas la même intensité de la caractéristique pour l'ensemble des produits** ou n'utilisent pas la même note de l'échelle pour une même intensité perçue ;
- 3) Une interaction produits*sujets : **tous les sujets ne classent peut être pas les produits de la même manière concernant l'intensité de la caractéristique ;**
- 4) Un défaut de répétabilité ; ce défaut provient aussi bien des sujets qui donnent des notes différentes quand on leur présente deux fois le même produit, que de différence évitables entre échantillons d'une fabrication (les produits d'une même fabrication ne sont pas tous rigoureusement semblables).

Le Carré Moyen des Ecarts (CME) est l'indice qui permet d'estimer l'importance de chaque source de variation expliquée. Il se calcule comme le rapport de la SCE (Somme des Carrés des Ecarts) et du nombre de degré de liberté de la source de variations considéré.

▪ Une deuxième étape où l'on cherche à analyser le tableau qui vient d'être construit :

Très précisément, on cherche, pour chacune des phrases précédentes écrites en caractères gras, à décider si on doit,

Soit **la conserver, mais sans l'expression peut être,**

Soit **la supprimer**

Si on la conserve, on conclura que la cause correspondante a agi, donc que le facteur est efficace. Si on la supprime, on conclura que la cause correspondante n'est pas efficace ou, plus exactement, que l'expérience n'a pas montré que cette cause était efficace.



Pour répondre à cette décision concernant les différences entre produits ou entre sujets, on calcule un indice F, et on compare ensuite la valeur de cet indice à une valeur critique pour F.

Quand la valeur du F est égale ou supérieure à la valeur critique pour F, on conserve l'affirmation initiale mais en supprimant l'expression ' peut être ' de sorte l'on obtient l'affirmation suivante :

- 1) Tous les produits ne développent pas la même intensité de la caractéristique étudiée ;
- 2) Tous les sujets ne perçoivent pas la même intensité de la caractéristique pour l'ensemble des produits.

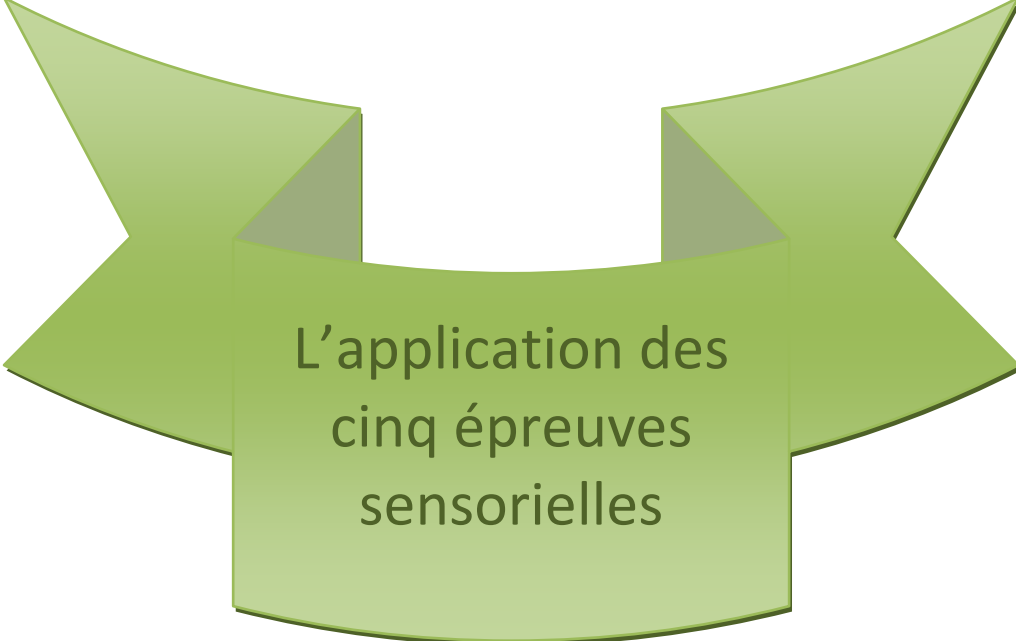
On déclare alors que la cause (soit le facteur produit, soit le facteur sujet) a un effet significatif.

Quand la valeur du F est inférieure à la valeur critique pour F, on supprime l'affirmation initiale et on conclut que la cause étudiée (le facteur) n'a pas d'effet significatif.



Chapitre 3

35



L'application des
cinq épreuves
sensorielles



1) L'épreuve triangulaire

Objet

Montrer qu'il existe une différence au niveau des propriétés organoleptiques entre le lait pasteurisé en sachet et le lait homogénéisé pasteurisé en carton à la DLC (à la date limite de consommation).

Questionnaire

Code paneliste :

Code :

Deux plateaux vont vous être présentés, dans chacun deux échantillons dont l'un est répété.

Vous examinez et goûtez les échantillons dans l'ordre indiqué et entourez le code de l'échantillon non répété.

522	658	620
497	603	765

Vous pouvez regoûter un ou plusieurs fois dans l'ordre que vous désirez.

Avec :

522, 658 et 603 présentent les codes attribués au lait pasteurisé en carton ;

620, 497 et 765 présentent les codes attribués au lait pasteurisé en sachet.

Présentation des résultats

On dresse un tableau comportant 6 colonnes (les 6 codes : trois pour les échantillons provenant du lait pasteurisé en carton ici les échantillons 522, 658 et 603, et trois pour les échantillons provenant du lait pasteurisé en sachet ici les échantillons 620, 497 et 765) et deux lignes (l'une pour les cas où l'échantillon répété provient du lait pasteurisé en carton et l'autre pour les cas où l'échantillon répété provient du lait pasteurisé en sachet). A l'intersection de chaque ligne et de chaque colonne, on porte le nombre total de réponses obtenues, sans se préoccuper de la 'qualité' de la réponse. Bien évidemment, dans chaque ligne des cases sont vides : celles qui correspondent aux échantillons qui n'ont pas été présentés.

Dénombrement des réponses



	Codes de LPC à la DLC		Codes de LPS à la DLC	
	522 603	658	620 765	497
L'échantillon non répété provient de :				
-LPS à la DLC	1	3	20	
-LPC à la DLC	12		4	8

Comme les échantillons non répétés étaient l'échantillon codé 620 pour la ligne 1 et 603 pour la ligne 2, les résultats précédents peuvent se mettre sous la forme classique suivante :

Le nombre de réponses correctes : **32**

(Somme des deux valeurs en caractères colorés)

Le nombre de réponses incorrectes : **16**

Interprétation des résultats

Pour conclure à une différence entre produits, il faut que le nombre de réponses correctes soit significativement égal ou supérieur à la valeur critique lue sur la table 1.

Le nombre de réponses correctes : **32** est très supérieur à la valeur critique : **13** (pour 24 réponses et un risque α égal à 5%) (Table 1 en annexe); et donc **on peut conclure qu'il y a une différence significative entre le lait pasteurisé en carton et le lait pasteurisé en sachet.**

On applique la loi binomiale sur Excel, et on trouve la valeur suivante : **1,85258E-06**

Comme cette valeur est largement inférieure à **0,05** ;

Ce qui signifie qu'il y a **une différence significative** entre les deux produits.

Donc à la **DLC**, les deux produits (le lait pasteurisé en carton et le lait pasteurisé en sachet) sont déclarés différents au niveau des caractéristiques organoleptiques par la majorité des sujets ayant participé à la réalisation de ce test.

Conclusion

Les résultats tirés à travers l'exemple traité ; montrent clairement que le lait pasteurisé en sachet diffère, en terme de caractéristiques organoleptiques, du lait pasteurisé en carton :

Le LPC garde ces qualités organoleptiques jusqu'à la DLC, alors que le LPS à la DLC sépare toute la matière grasse qui prend la forme de grosses molécules de crème qui flotte à la surface.

Cette différence vient du fait que le LPC subi une homogénéisation ; alors que le LPS n'est pas homogénéisé.



2) L'épreuve A - non A

Objet

Montrer qu'il existe une différence significative ou non entre le lait pasteurisé en sachet à i (au jour de fabrication) et le lait pasteurisé en sachet à la DLC (à la date limite de consommation).

37

Questionnaire

Un plateau contenant 12 gobelets codés va vous être présenté.

Déterminez pour chaque code s'il s'agit du produit référence (appartenant à la classe A) que vous avez appris à reconnaître au début de la séance, ou il s'agit d'un produit différent (appartenant à la classe non A).

Indiquez votre réponse par une croix dans la case appropriée.

Donnez une réponse dans tous les cas, même lorsque vous n'êtes pas certains de son exactitude.

Nom et Prénom :

Le gobelet codé... est le produit A

Non A

Indiquez votre réponse en cochant la appropriée.

Présentation des résultats

Les réponses sont rassemblées, tous les sujets confondus, dans le tableau suivant :

Tableau 1 :

L'échantillon présenté était le produit :	Les sujets ont répondu : le produit était		Total
	A	non A	
A	70	50	120
Non A	47	73	120
Total	117	123	240

D
'apr
ès
ce
tabl
eau
, on
voit
que
le
pro

duit A semble reconnu davantage comme produit A que le produit non A.

En effet, la fréquence de la réponse A est égale à 70/ 120, soit 0,58 (58%) quand les sujets reçoivent le produit A.

Et elle est égale à 47/ 120, soit 0,39 (39%) quand les sujets reçoivent le produit non A.

Interprétation statistiques des résultats

38



Pour conclure (ou ne pas conclure) statistiquement que la fréquence 0,58 est significativement plus élevée que la fréquence 0,39, on utilise **un test de comparaison de deux fréquences fondé sur l'approximation normale**.

Ce test demande de calculer :

Une estimation de la fréquence commune f_c de réponses A :

$$f_c = (f_1 + f_2) / (n_1 + n_2)$$

AN: $f_c = (70 + 47) / 240$
 $f_c = 0,4875$

Une estimation de la variance S_d^2 de la différence entre les deux fréquences observées :

$$S_d^2 = (f_c (1 - f_c)) * (1/n_1 + 1/n_2)$$

AN: $S_d^2 = 0,00416$

Une estimation de l'écart type S_d

$$S_d = \sqrt{S_d^2}$$

AN: $S_d = \sqrt{0,00416}$
 $S_d = 0,06449806$

Un indice U_{calc} :

$$U_{calc} = (f_1 - f_2) / S_d$$

AN: $U_{calc} = (0,58 - 0,39) / 0,0645$
 $U_{calc} = 2,946$

Cet indice U_{calc} , doit être comparé à une valeur théorique U égale à 1,64 pour un risque α fixé à 5%. U_{calc} est supérieur à la valeur de U théorique, alors les deux produits sont significativement différents.

Conclusion

Il existe **une différence significative** entre le lait pasteurisé en sachet à j (au jour de fabrication) et le lait pasteurisé en sachet à la DLC.

Le lait pasteurisé en sachet ne garde pas ses qualités organoleptiques jusqu'à la DLC.

Le lait de la DLC sépare toute la matière grasse sous forme de crème mûre qui est soit adhérente sur l'emballage soit tombe sous forme de morceaux de beurre dans les gobelets.

Le critère de différence est remarqué visuellement et gustativement.

Remarques

- Les résultats ont été effectués sur les réponses A. ils auraient pu être effectués sur les réponses non A. si tel avait été le cas, la valeur de U_{calc} aurait été strictement identique à celle obtenue.
- Un risque d'erreur α de 5% est généralement considéré comme acceptable. Cependant, on peut décider de choisir un risque plus faible, par exemple égal à 1% ou même égal à 10%. Dans ce cas, la valeur de U_{calc} est comparé respectivement aux valeurs critiques 2,33 ou 3,10.

Une autre manière d'interpréter l'épreuve A - non A : la théorie de la détection du signal

On peut essayer de caractériser chacun des effectifs de réponses obtenues par une expression constituée de deux mots :

- Un nom : quand la réponse est A, on utilise le mot **acceptation** ; quand la réponse est non A, on utilise le mot **rejet** ;
- Un adjectif : quand la réponse du sujet est la réponse attendue, on utilise l'adjectif **correct**, si non, on utilise l'adjectif **incorrect**.



Une épreuve A - non A, conduit donc à quatre effectifs :

- Un effectif d'acceptations correctes
- Un effectif d'acceptations incorrectes (ou omissions)
- Un effectif de rejets corrects (ou vrais alarmes)
- Un effectif de rejets incorrects (ou fausses alarmes)

Traditionnellement, les rejets incorrects sont appelés fausses alarmes. Cette expression s'explique par son origine : les chercheurs qui développent cette approche voulaient comprendre la stratégie des contrôleurs du ciel qui devaient décider sur les avions qui apparaissaient sur leurs écrans étaient des avions amis (les avions A) ou des avions ennemis (les avions non A). Une fausse alarme consistait donc pour un contrôleur du ciel à déclarer « je vois un avion ennemi » alors que l'avion était un avion ami ! A l'inverse, les vrais alarmes consistaient à déclarer « je vois un avion ennemi » alors que l'avion était effectivement un avion ennemi.

Dans ces conditions, le tableau de la page 39 devient :

L'échantillon présenté était le produit :	Les sujets ont répondu : le produit était		Total
	A	non A	
A	70: acceptations correctes	50: rejets incorrects ou fausses alarmes	120
Non A	47: acceptations incorrectes ou omissions	73: rejets corrects ou vrais alarmes	120
Total	117	123	240

O

n
peut
donc
calculer
la
fréquence
des
vraies

alarmes et celles des fausses alarmes et se demander si la fréquence des vraies alarmes est supérieure à celle des fausses alarmes.

3) L'épreuve de classement

Questionnaire

Trois échantillons d'un yaourt à boire vous sont présentés. Goûtez les dans l'ordre et classez-les par ordre croissant d'acidité.

Inscrivez un seul code par case.

Vous pouvez revenir autant de fois que vous le désirez sur un échantillon.

Quand votre classement est obtenu, attendez une minute et vérifiez le en commençant par l'échantillon que vous avez perçu comme ayant le moins acide. Vous pouvez, si besoin, modifier alors votre classement initial.

De l'eau est à votre disposition, nous vous demandons de vous rincer la bouche avant de goûter le premier échantillon.

40



(Moins acide)

Rang 1	Rang 2	Rang n
--------	--------	--------

(Plus acide)

Présentation des résultats

Méthode 1 : la méthode retenue par l'AFNOR

Prenons les réponses de chaque sujet individuellement, les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

Tableau : la répartition des produits sur les trois rangs par les sujets

Sujets	Produit 1	Produit 2	Produit 3
1	1	3	2
2	3	2	1
3	2	3	1
4	2	3	1
5	2	3	1
6	2	3	1
7	3	2	1
8	2	3	1
9	2	1	3
10	1	2	3
11	3	2	1
12	3	2	1
Somme des rangs	26	29	17
Tp²	676	841	289

On calcule la somme des carrés des sommes des rangs :

$$\sum Tp^2 = 1806$$

Puis, on calcule χ^2 :

$$\chi^2 = 12/12 \times 3 \times 4 \times 1806 - 3 \times 12 \times 4$$

$$\chi^2 = 138,499$$

Et comme cette valeur de χ^2 calculée est **supérieure** à celle critique lue sur la table 2 pour les trois risques (5%, 1% et à 0,1%), on peut déclarer que les trois produits sont différents.

On appliquant la loi Khi deux sur Excel pour confirmer les résultats trouvés, on trouve :

$$8,4202E-31$$

La valeur trouvée est très inférieure à 0,05

Alors, les trois produits sont significativement différents en critère d'acidité.

Méthode 2 : les tables de Newell et MacFarlane

Pour utiliser ces tables, on doit dans un premier temps calculer toutes les différences entre les sommes des produits pris 2 à 2. Cette opération s'effectue aisément si l'on ordonne les échantillons dans le sens des sommes décroissantes, soit dans notre exemple :

Produit 2	Produit 1	29-26= 3
	Produit 3	29-17=12
Produit 1	Produit 3	26-17=9



Puis dans un second temps, on doit consulter l'une des tables construites par Newell et MacFarlane : celle qui correspond au risque α choisi et à la présence ou non d'un échantillon témoin dans la collection des produits étudiés. Supposons, par exemple, qu'on choisi un risque de 5% et qu'on considère qu'il n'y a pas d'échantillon témoin.

On consultera alors la table 3. On lit à l'intersection de la colonne 3 (produits) et de la ligne 12 (sujets) la valeur 12.

Cette valeur est la différence critique : toute différence calculée, égale ou supérieure à cette valeur critique, signifie que les deux produits correspondants peuvent être considérés comme différents.

Comme, dans notre exemple, la deuxième différence calculée (entre les produits 2 et 3) est égale à la différence critique, et comme il suffit qu'il existe au moins une différence calculée qui soit égale ou supérieure à la différence critique pour que les échantillons soient, globalement, considérés comme différents, les trois échantillons peuvent donc être considérés comme différents en critère d'acidité.

Conclusion

D'après ces résultats, nous avons constatés que les 3 échantillons du yaourt à boire présentés aux sujets sont différents en termes d'acidité. Ce qui confirme, que l'acidité du yaourt à boire augmente, au cours du stockage, du jour de la fabrication jusqu'à la DLC.

4) L'épreuve de catégorisation

Objectif

Notre objectif à travers ce test est de voir si le panel est capable de reconnaître les différents arômes existants dans les yaourts à boire qui leurs sont présentés, et de les classer en trois catégories différentes : Fraise-Banane, Fraise-Framboise et Pêche –Mangue.

Chacun des trois yaourts à boire est présenté avec une répétition ; ce qui fait 6 échantillons pour **chaque** sujet.

Les codes attribués à chacun des trois yaourts à boire sont :

410-620 pour la Fraise – Banane

366-215 pour la Fraise-Framboise

202-833 pour la Pêche-Mangue

Questionnaire

Goûtez les 6 produits qui vous sont présentées.

vous avez à déterminer l'arôme reconnu dans chaque échantillon après l'avoir goûté: fraise, banane, framboise, pêche ou mangue.

Répondez en fonction de ce que vous percevez et n'essayez pas de remplir toute la grille! (maximum deux cases à cocher).

Code

Type d'arôme

	Fraise	banane	pêche	Framboise	mangue
410	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>



366	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
202	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
215	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
620	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
833	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Présentation des résultats

Les réponses sont rassemblées dans le tableau suivant :

Produits	Arôme				Somme
	Fraise	Banane Mangue	Framboise	Pêche	
A	11 3	32	1	3	50
B	14 2	3	17	7	43
c	2 18	3	5	19	47
Somme	27 23	38	23	29	140

43

Avec :

A présente le yaourt à boire codé 410-626 (Fraise-Banane)

B correspond au yaourt à boire codé 366-215(Fraise-Framboise)

C présente le yaourt à boire codé 202-833 (Pêche –Mangue)

Le produit A semble développer davantage l'arôme banane et moins l'arôme framboise que les deux autres produits. De plus il semble se rapprocher davantage du produit B en ce qui concerne l'arôme fraise.

Interprétation statistique



Cette interprétation s'effectue au moyen du test du χ^2 , qui consiste à calculer la valeur suivante :

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{Effectif observé} - \text{Effectif théorique})^2}{\text{Effectif théorique}}$$

Calcul des effectifs théoriques

Les effectifs théoriques déterminés pour chaque case sont donnés par

$$\frac{\text{Total ligne} * \text{Total colonne}}{\text{Total général}}$$

$$\frac{50 * 27}{140}$$

Soit pour la première case

$$\frac{50 * 27}{140} = 9,64$$

Le tableau des effectifs théoriques st alors le suivant :

Produits	Arôme				Somme
	Fraise	Banane Mangue	Framboise	Pêche	
A	9,64 8,22	13,57	8,22	10,36	50
B	8,29 7,06	11,67	7,06	8,90	43
c	9,07	12,76 7,72	7,72	9,73	47
Somme	27 23	38	23	29	140

44

Le χ^2 vaut :

$$\chi^2 = \frac{(11-9,64)^2}{9,64} + \frac{(14-8,29)^2}{8,29} + \frac{(2-9,07)^2}{9,07} + \dots + \frac{(18-7,72)^2}{7,72}$$

$$= 0,19 + 3,93 + 5,51 + \dots + 13,69$$

$$\chi^2 = 104,96$$

Cette valeur 104,96 est comparée à la valeur critique donnée par la table 2.

Si la valeur observée est supérieure à la valeur critique, nous concluons que les produits présentent des différences significatives quand à l'arôme reconnu.

Dans notre exemple, le nombre de degrés de liberté est égale à 8 ; il est donné par le (nombre de produits -1) multiplié par le (nombre de classes -1), soit : $2 * 4 = 8$.



La valeur critique est donc égale à **15,51** pour un risque α égal à **5%**. Nous concluons donc que les produits présentent globalement des arômes différents.

Conclusion

Le panel participé dans cette évaluation a pu reconnaître l'arôme de chaque échantillon présenté dans le plateau, et a les classés dans trois catégories : Fraise-Banane, Fraise-Framboise et Pêche-Mangue.

NB : On peut également utiliser la fonction LOI.KIDEUX sur Excel. Entre la valeur du χ^2 obtenue : 104,96 et le nombre de degrés de liberté : 8. La réponse qui apparaît doit être inférieure au risque α choisi, ici 0,05, pour que les produits soient déclarés significativement différents.

Dans cet exemple, la valeur donnée par Excel est égale à **4,12201E-19**, donc très inférieure à **0,05**.

Attention : Pour que le test statistique du χ^2 soit valide, il faut que les effectifs théoriques de chaque case du tableau ne soient pas trop faibles. Pour un certain nombre d'auteurs, cette condition est remplie quand le nombre de cases présentant un effectif théorique compris entre 1 et 5 n'exède pas 1 pour un tableau comportant un nombre de classes inférieur à 10 et 2 pour un tableau comportant un nombre de classes supérieur à 10.

5) L'épreuve hédonique

Objectif

Le but d'après la réalisation de ce test est l'homologation d'un ingrédient présenté par un nouveau fournisseur.

L'ingrédient objet d'homologation a été appliqué à la formule du yaourt à boire dans les mêmes conditions d'utilisation de l'ancien ingrédient, c'est à dire l'ingrédient habituellement utilisé dans la formulation du yaourt à boire par la COLAIMO.

Donc l'évaluation a pour objet de conclure que l'application du nouvel ingrédient n'a changé en rien la qualité organoleptique du produit fini.

Les produits choisis pour ce test sont, le yaourt à boire Fraise Banane fabriqué selon l'ancienne formulation et codé **461** de **DLC 30/03/10**, et le yaourt Fraise Banane fabriqué selon la nouvelle formulation, codé **522** et de **DLC 03/04/10**.

Questionnaire

Goûtez l'échantillon qui vous est proposé et évaluez l'intensité du descripteur indiqué en cochant la case appropriée.

Utilisez une feuille par produit. Remettez la feuille à l'animateur immédiatement après l'avoir remplie.

Aspect globale

<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10
Je n'aime pas du tout				ni me plaît ni me déplaît			j'aime énormément			

Goût en bouche

<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10
Je n'aime pas du tout				ni me plaît ni me déplaît			j'aime énormément			

Texture en bouche



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Je n'aime pas
du tout

ni me plaît
ni me déplaît

j'aime
énormément

Acidité

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Pas assez acide

Juste bien

Trop acide

Sucré

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Pas assez sucré

Juste bien

Trop sucré

46

Présentation des résultats

Tableau : le nombre d'effectif attribuant une note de 0 à 10 à chaque descripteur

La note attribuée		Codes produits																					
		522										461											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aspect global	Effectifs	3			3	4	20	6	14	12	8	14	6	1	4	4		24	10	8	2	15	10
Gout en bouche		4	0	1	3	3	17	12	12	14	1	17	5	0	6	3	7	18	3	7	15	8	12
Texture en bouche		6	2	3	4	4	19	9	6	7	8	16	7	0	4	6	4	19	5	9	10	11	9
Acidité		1	1	0	4	13	19	10	7	10	5	14	7	2	4	5	9	23	6	5	9	6	8
Sucrosité		11	3	3	4	15	25	9	8	1	1	4	7	3	3	7	8	30	10	7	5	1	3

D'après ce tableau on constate que la majorité des sujets ont donnés des notes de 5 à 10 pour les cinq descripteurs étudiés :

- 82,14 % des sujets ont aimé l'aspect du produit codé 461, et 88,09% des sujets ont aimé celui du produit codé 522.
- 75% des sujets ont apprécié le goût du produit 461, alors que 86,9% des sujets ont apprécié celui de 522.
- Le produit 461 est jugé trop acide par 67,9% des sujets, alors que 77% des sujets ont jugé le produit 522 comme produit trop acide.
- 66,6% des sujets ont jugé le produit 461 trop sucré, et 57% des sujets ont jugé le produit 522 comme trop sucré.

Interprétation statistique des résultats

Pour déterminer s'il y a ou non une différence significative entre ces différents pourcentages, c'est-à-dire : pour déclarer que les pourcentages donnés au produit 461 et au produit 522 sont significativement différent ou non, nous avons utilisé le test d'ANOVA (analyse de la variance) comme moyen statistique .



Evaluation de l'acidité du yaourt à boire :

Tableau : les notes attribuées par les panélistes pour le critère acidité

sujets	Produits		Sujets	Produits		Sujets	Produits	
		522 461			522 461			522 461
Sujet 1		0 0	Sujet29		4 8	Sujet57		10 5
Sujet 2		5 4	Sujet30		5 8	Sujet58		10 5
Sujet 3		5 8	Sujet31		6 7	Sujet59		7 5
Sujet 4		4 9	Sujet32		4 7	Sujet60		8 5
Sujet 5		9 9	Sujet33		4 4	Sujet61		8 4
Sujet 6		4 5	Sujet34		4 5	Sujet62		7 6
Sujet 7		8 8	Sujet35		1 8	Sujet63		6 5
Sujet 8		6 8	Sujet36		10 10	Sujet64		8 5
Sujet 9		8 10	Sujet37		4 2	Sujet65		3 5
Sujet 10		4 7	Sujet38		5 7	Sujet66		5 8
Sujet 11		4 10	Sujet39		5 10	Sujet67		10 5
Sujet 12		5 10	Sujet40		6 9	Sujet68		5 5

47



Sujet 13	8 6	Sujet41	8 9	Sujet69	9 5
Sujet 14	10 10	Sujet42	5 1	Sujet70	5 5
Sujet 15	4 10	Sujet43	6 6	Sujet71	5 5
Sujet 16	5 3	Sujet44	10 0	Sujet72	10 5
Sujet 17	4 3	Sujet45	6 9	Sujet73	5 0
Sujet 18	5 5	Sujet46	4 4	Sujet74	7 2
Sujet 19	8 6	Sujet47	5 5	Sujet75	5 0
Sujet 20	8 4	Sujet48	6 8	Sujet76	8 5
Sujet 21	5 8	Sujet49	3 4	Sujet77	10 6
Sujet 22	3 3	Sujet50	7 5	Sujet78	9 5
Sujet 23	10 10	Sujet51	7 0	Sujet79	10 2
Sujet 24	6 7	Sujet52	5 3	Sujet80	7 2
Sujet 25	4 9	Sujet53	5 1	Sujet81	3 4
Sujet 26	3 4	Sujet54	10 0	Sujet82	6 4
Sujet 27	5 6	Sujet55	10 0	Sujet83	6 3



Sujet 28	7 5	Sujet56	10 5	Sujet84	9 5
-------------	--------	---------	---------	---------	--------

Analyse de variance: deux facteurs sans répétition d'expérience

RAPPORT DÉTAILLÉ	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Sujet 1	2	0	0	0
Sujet 2	2	9	4,5	0,5
Sujet 3	2	13	6,5	4,5
Sujet 4	2	13	6,5	12,5
Sujet 5	2	18	9	0
Sujet 6	2	9	4,5	0,5
Sujet 7	2	16	8	0
Sujet 8	2	14	7	2
Sujet 9	2	18	9	2
Sujet 10	2	11	5,5	4,5
Sujet 11	2	14	7	18
Sujet 12	2	15	7,5	12,5
Sujet 13	2	14	7	2
Sujet 14	2	20	10	0
Sujet 15	2	14	7	18
Sujet 16	2	8	4	2
Sujet 17	2	7	3,5	0,5
Sujet 18	2	10	5	0
Sujet 19	2	14	7	2
Sujet 20	2	12	6	8
Sujet 21	2	13	6,5	4,5
Sujet 22	2	6	3	0
Sujet 23	2	20	10	0
Sujet 24	2	13	6,5	0,5
Sujet 25	2	13	6,5	12,5
Sujet 26	2	7	3,5	0,5



Sujet 27	2	11	5,5	0,5
Sujet 28	2	12	6	2
Sujet 29	2	12	6	8
Sujet 30	2	13	6,5	4,5
Sujet 31	2	13	6,5	0,5
Sujet 32	2	11	5,5	4,5
Sujet 33	2	8	4	0
Sujet 34	2	9	4,5	0,5
Sujet 35	2	9	4,5	24,5
Sujet 36	2	20	10	0
Sujet 37	2	6	3	2
Sujet 38	2	12	6	2
Sujet 39	2	15	7,5	12,5
Sujet 40	2	15	7,5	4,5
Sujet 41	2	17	8,5	0,5
Sujet 42	2	6	3	8
Sujet 43	2	12	6	0
Sujet 44	2	10	5	50
Sujet 45	2	15	7,5	4,5
Sujet 46	2	8	4	0
Sujet 47	2	10	5	0
Sujet 48	2	14	7	2
Sujet 49	2	7	3,5	0,5
Sujet 50	2	12	6	2
Sujet 51	2	7	3,5	24,5
Sujet 52	2	8	4	2
Sujet 53	2	6	3	8
Sujet 54	2	10	5	50
Sujet 55	2	10	5	50
Sujet 56	2	15	7,5	12,5
Sujet 57	2	15	7,5	12,5
Sujet 58	2	15	7,5	12,5
Sujet 59	2	12	6	2
Sujet 60	2	13	6,5	4,5
Sujet 61	2	12	6	8
Sujet 62	2	13	6,5	0,5
Sujet 63	2	11	5,5	0,5
Sujet 64	2	13	6,5	4,5



Sujet 65	2	8	4	2
Sujet 66	2	13	6,5	4,5
Sujet 67	2	15	7,5	12,5
Sujet 68	2	10	5	0
Sujet 69	2	14	7	8
Sujet 70	2	10	5	0
Sujet 71	2	10	5	0
Sujet 72	2	15	7,5	12,5
Sujet 73	2	5	2,5	12,5
Sujet 74	2	9	4,5	12,5
Sujet 75	2	5	2,5	12,5
Sujet 76	2	13	6,5	4,5
Sujet 77	2	16	8	8
Sujet 78	2	14	7	8
Sujet 79	2	12	6	32
Sujet 80	2	9	4,5	12,5
Sujet 81	2	7	3,5	0,5
Sujet 82	2	10	5	2
Sujet 83	2	9	4,5	4,5
Sujet 84	2	14	7	8
522	84	523	6,226190476	5,5988239
461	84	453	5,392857143	7,9763339

Tableau : analyse de la variance

Source des variations	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	Fréquence	Probabilité	Valeur critique pour F
Sujets	565,9047619	83	6,818129662	1,0090427	0,48369467	1,437878959
Produits	29,16666667	1	29,16666667	4,3164933	0,04083541	3,955960859
Erreur	560,8333333	83	6,757028112			
Total	1155,904762	167				

D'après les résultats donnés par l'analyse de la variance, nous constatons que :

- La variation due aux sujets n'est pas significative, puisque la valeur de la fréquence F (1,009) est inférieure à la valeur critique pour F (1,438). Donc tous les sujets ont pu détecter que les deux produits différents en critère d'acidité.
- La variation due aux produits est significativement différentes puisque la valeur de la fréquence F (4,316) est supérieure à la valeur critique pour F (3,956), *ce qui confirme que les deux produits différents en critère d'acidité.*

Evaluation de la sucrosité du yaourt à boire :



Suivant la démarche précédente, on a obtenu les résultats suivants :

Tableau : analyse de la variance

Source des variations	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	Fréquence	Probabilité	Valeur critique pour F
Sujets	672,4464286	83	8,1017642	2,438346	3,38854E-05	1,437878959
Produits	5,720238095	1	5,720238095	1,72159	0,193105732	3,955960859
Erreur	275,7797619	83	3,322647734			
Total	953,9464286	167				

Ce tableau montre que :

- Quand la source de variation résulte des produits, on constate qu'il y a pas de différence significative puisque la valeur de F (1,7215) est inférieure à la valeur critique pour F (3,9559) ;
- Alors qu'il y a une différence significative entre les sujets, la valeur de F (2,438) est supérieure à la valeur critique pour F (1,437). Ce qui montre que les deux produits sont différents en termes de sucrosité.

51

Evaluation du goût en bouche du yaourt à boire :

Tableau : analyse de la variance

D'après cette analyse de variance, nous constatons que :

Source des variations	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	Fréquence	Probabilité	Valeur critique pour F
Sujets	1035,47619	83	12,47561675	5,90095	1,35868E-14	1,437878959
Produits	9,523809524	1	9,523809524	4,504749	0,036780981	3,955960859
Erreur	175,4761905	83	2,11417097			
Total	1220,47619	167				

- Il y a une différence significative entre produits, puisque la valeur de F (4,505) est supérieure à la valeur critique pour F (3,956) ;
- Il y a une différence significative entre les réponses données par les sujets, puisque la valeur de F (5,90) est supérieure à la valeur critique pour F (1,438).

Ce qui confirme que les deux produits sont différents au niveau du goût en bouche, et que certains sujets ont aimé le goût du produit 522 et d'autres celui du produit 461.

Conclusion

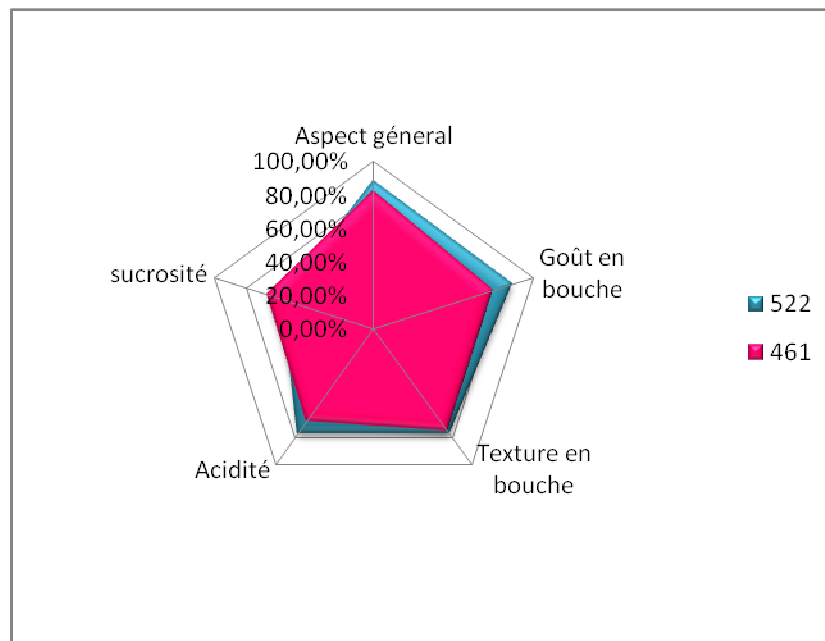
A travers tous ces résultats, on peut tracer le profil de chaque produit selon la préférence des sujets ayant participé à ce test :

Tableau : Le pourcentage des notes attribuées pour chaque descripteur par les sujets

Descripteurs	Produits
--------------	----------

	522	461
Aspect général	88,09%	82,14%
Goût en bouche	86,90%	75%
Texture en bouche	77%	75%
Acidité	77%	67,90%
sucrosité	57%	66,60%

Présentant graphiquement les données de ce tableau :



52

Figure
profil des deux
522 et le 461

- Le 522 est

montrant le
produits : le

produit
plus

apprécié par les sujets que le produit 461 en ce qui concerne le goût en bouche ;

- Les sujets ont aimé l'aspect général du produit 522 plus que celui du produit 461 ;
- Les deux produits 522 et 461 développent presque la même texture ;
- La sucrosité est jugée bonne pour les deux produits, alors que le produit 522 est jugé plus acide;

Donc le changement d'ingrédient a conduit à des modifications, acceptables et préférables par les sujets, des caractéristiques organoleptiques du yaourt à boire.

Mais ce nouvel ingrédient a un seul inconvénient qui est l'acidité élevé du yaourt.



Conclusion

La coopérative laitière devrait standardiser ses paramètres de qualité afin d'offrir des produits de qualité stable. Pour cela, il faudrait suivre l'évolution des nouvelles méthodes de contrôles d'analyses. Comme les industriels auront recours à des critères analytiques quantitatifs de la qualité, les consommateurs auront tendance à se baser sur des caractères organoleptiques ou même visuels pour l'appréhender.

Alors, l'objectif de ce projet de fin d'étude était la recherche d'une nouvelle technique de contrôle qui permet de prendre en considération ces caractères organoleptiques, d'améliorer l'adéquation entre les attentes du consommateur et la production et de valoriser la production, d'où l'intérêt **des évaluations sensorielles**.

A part le premier chapitre de ce rapport qui a été porté sur la présentation de la COLAIMO, le deuxième chapitre a été pour objectif de présenter l'ensemble des notions théoriques associés à l'analyse sensorielle des produits :

- L'examen du goût, de l'odorat, de l'audition, du toucher et l'examen visuel par les cinq organes du sens humain;
- La démarche globale qui permet la réalisation de l'épreuve sensorielle ;
- Les différentes épreuves sensorielles applicables dans une industrie agro-alimentaire, à savoir :
 - ✓ L'épreuve triangulaire
 - ✓ L'épreuve A –non A
 - ✓ L'épreuve de classement
 - ✓ L'épreuve de catégorisation
 - ✓ L'épreuve hédonique

Et les outils statistiques par lesquelles on peut les interpréter.

Alors que le troisième chapitre est dédié à l'application de ces cinq tests au sein de la COLAIMO dans des exemples concrets de la production laitière, afin de répondre à certaines préoccupations du département recherche & développement.

Ainsi d'après l'interprétation statistique des résultats tirés des cinq tests, nous avons pu mettre un plan d'action dans le but d'améliorer la qualité des produits de la coopérative :

- L'homogénéisation de la totalité du lait pasteurisé ;
- Le suivi de la température et les conditions de refroidissement dans la chambre de stockage
- L'homologation d'un nouveau ingrédient (moins chère)

Le contrôle sensoriel est alors devenu un contrôle à part entière et surtout considéré comme un contrôle ayant des mesures fiables auxquelles il est possible de se raccrocher en cas de désaccord ou de litige. Aujourd'hui, le contrôle sensoriel est aussi performant et son résultat aussi respecté qu'un contrôle dimensionnel, autrefois seul à être reconnu comme tel.

Nos travaux ont permis de faire de ce contrôle sensoriel, un contrôle qui découle d'un processus, qui répond par une mesure à une éventuelle acceptabilité du produit final et qui s'inscrit dans une organisation métrologique.

Cependant, du chemin reste à parcourir...



Annexes

Annexe 1

Table 1 : Nombres critiques de réponses correctes pour l'épreuve triangulaire
(source : ASTM, 1968)



Nombre de tests effectués	Nombre critique de réponses correctes		
	5%	1%	0,1%
6	5	6	-
7	5	6	7
8	6	7	8
9	6	7	8
10	7	8	9
11	7	8	10
12	8	9	10
13	8	9	11
14	9	10	11
15	9	10	12
16	9	11	12
17	10	11	13
18	10	12	13
19	11	13	14
20	11	13	14
21	12	13	15
22	12	14	15
23	12	14	16



24	13	15	16
25	13	15	17
26	14	15	17
27	14	16	18
28	15	16	18
29	15	17	19

Annexe 2

Table 2 : Valeurs critiques pour le test du χ^2 (sources : O' Mahony, 1986) pour trois risques : 5%, 1% et à 0,1%

Degrés de liberté	5%	1%	0,1%
1	3,84	6,64	10,83
2	5,99	9,21	13,82
3	7,81	11,34	16,27
4	9,49	13,28	18,46
5	11,07	15,09	20,52
6	12,59	16,81	22,46
7	14,07	18,48	24,32
8	15,51	20,09	26,12
9	16,92	21,67	27,88



10	18,31	23,21	29,59
11	19,68	24,72	31,26
12	21,03	26,22	32,91
13	22,36	27,69	34,53
14	23,68	29,14	36,12
15	25,00	30,58	35,70
16	26,30	32,00	39,29
17	27,59	33,41	40,75
18	28,87	34,80	42,31
19	30,14	36,19	43,82
20	31,41	35,57	45,32
21	32,67	38,93	46,80
22	33,92	40,29	48,27
23	35,17	41,64	49,73
24	36,42	42,98	51,18
25	37,65	44,31	52,62



Annexe 3

Table 3 : Valeurs critiques pour une épreuve de classement quand la collection d'échantillons présentés ne comporte pas de témoin (Source : Newell et MacFarlane, 1987, journal of Food Science, 52, 1721-1725)

Panelistes	Nombre d'échantillons classés									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	28
4	7	10	13	15	18	21	24	27	30	33
5	8	11	14	17	21	24	27	30	34	47
6	9	12	15	19	22	26	30	34	37	42
7	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44
8	10	14	18	22	26	30	34	39	43	47
9	10	15	19	23	27	32	36	41	46	50
10	11	15	20	24	29	34	38	43	48	53
11	11	16	21	26	30	35	40	45	51	56
12	12	17	22	27	32	37	42	48	53	58
13	12	18	23	28	33	39	44	50	55	61
14	13	18	24	29	34	40	46	52	57	63
15	13	19	24	30	36	42	47	53	59	66
16	14	19	25	31	37	42	49	55	61	67
17	14	20	26	32	38	44	50	56	63	69
18	15	20	26	32	39	45	51	58	65	71
19	15	21	27	33	40	46	53	60	66	73
20	15	21	28	34	41	47	54	61	68	75

de Paris. Evaluation
bonnes

Références

- [1] ACTIA, 1999 sensorielle/ Guide pratiques. ACTIA,
- [2] AFNOR, 2002. Analyse sensorielle, 6^{ème} éd. AFNOR, St-Denis La Plaine.
- [3] [Alvelos et al., 2007] Alvelos H., Sarsfield Cabral J.A., « Modeling and monitoring the decision process of wine tasting panelists », *Food Quality and Preference*, 18, pp. 51-57, 2007.
- [4] [Chollet et al., 2006] Chollet S., Valentin D., « Quelles compétences développe-t-on lors d'un court entraînement à déguster des bières ? », *4ème Journée du Sensolier : "les expertises sensorielles : nature et acquisition "*, Paris, 2006.
- [5] *Environ*, pp.180–188, 2001.
- [6] Fortin J., Despalncke C. 1998. Guide d'entraînement d'un jury de dégustation, la fondation des gouverneurs, Saint-Hyacinthe, Canada.



- [7] Gufoni et al., 2005] Gufoni V. et al., « Les stratégies cognitives mises en œuvres dans une tâche de catégorisation de bières : comparaison entre sujets entraînés et sujets novices ».
- [8] Hetzel P. (2004), Vers une approche expérientielle de la haute cuisine française : lorsque le marketing sensoriel rime avec construction des sens, *Revue Française du Marketing*, 196, 1/5, 67-77.
- [9] [ISO 8586-2, 1994] ISO 8586-2 : 1994, *Analyse sensorielle – Guide général pour la sélection, l'entraînement et le contrôle des sujets, partie 2 : Expert*, International Organisation for Standardisation, 1994.
- [10] [ISO 9004, 2000] ISO 9004 : 2000, *Systèmes de management de la qualité – Lignes directrices pour l'amélioration des performances*, International Organisation for Standardisation, 2000.
- [11] [ISO 8402, 1994].
- [12] [ISO 9001, 2000].
- [13] [ISO 100012, 2003].
- [14] [Lateur et al., 2001] Lateur M., Planchon V., Moons E., « Évaluation par l'analyse sensorielle des qualités organoleptiques d'anciennes variétés de pommes », *Biotechnol. Agron. Soc.*
- [15] Lawless H.T., Heymann H., 1998. *Sensory evaluation of food: Principles and practices.*
- [16] Lyon H.D., Francombe M.A., Hasdell T.A., Lawson K., 1992. *Guide lines for sensory analysis in food product development and quality control.* Chapman & Hall Ed.; Londen.
- [17] Magne S. (1997), Evaluation du design de produit et du design de packaging, un état de l'art sur la notion de forme-design, *Actes du 13ème congrès international de l'Association Française du Marketing*, Toulouse, vol.2, 1108-1147.
- [18] Meilgaard M., Civille G.V., Carr B.T., 1999. *Sensory evaluation techniques.* 3^{ème} éd., CRC Press, Boca Raton, Florida.
- [19] [Mojet et al., 2005] Mojet J. and Köster E.P., « Sensory memory and food texture », *Food Quality and Preference*, 16, pp.251-266, 2005.
- [20] [Pérez et al., 2007] Pérez Elortondo F.J., Ojeda M., Albisu M., Salmeron J., Etayo I., Molina M., « Food quality certification: An approach for the developpement of accredited sensory evaluation methods », *Food Quality and Preference*, 18, pp. 425-439, 2007.
- [21] Sauvageot F., 1991. L'évaluation sensorielle. In : *Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire*, G. Linden ed., Lavoisier Tec.& Doc – APRIA, Paris.
- [22] [Sauvageot et al., 2005] Sauvageot F., Urdapilleta I., Peyron D., « Within and between variations of texts elicited from nine wine experts », *Food Quality and Preference*, In Press, Corrected Proof, 2005.
- [23] [SSHA, 1998] Soc. Sci. D'Hygiène Alimentaire, Evaluation Sensorielle, *Manuel Méthodologique.* 2^{ème} éd, *Techniques et Documentation*, Lavoisier, Paris, 1998.



- [24] Tomassone R., Flanzly C., 1997. Présentation synthétique de diverses méthodes d'analyse de données fournies par un jury de dégustateurs. Ann. Technol. Agric.
- [25] Urdapilleta I., Ton Nu C., Saint Denis C., Huon de Kermaedec F., 2001. Traité d'évaluation sensorielle. Aspects congitifs et métrologiques des perceptions. Dunod, Paris.
- [26] Watts M., Ylimaki-Jeffers M, and Elias M., 1989. Basic sensory methods for food evaluation. EDRC, Ottawa (Canada).
- [27] [Weller et al., 2002] Weller J.-N., Stanton K.J., 2002, « The establishment and use of a QC analytic/descriptive/consumer measurement model for the routine evaluation of products at manufacturing facilities », *Food Quality and Preference*, 13, pp. 375-383, 2002.
- [28] 3ème Journée du Sensolier : "*Catégorisation et catégories : des théories cognitives aux pratiques en évaluation sensorielle*", Paris, 2005.