

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 : QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE

1. Chimie des solutions et électrochimie
2. Solution ionique
3. Titrage acido-basique
4. Equilibration acido-basique
5. Equilibre oxydo-réduction
6. Equilibre de complexation

CHAPITRE 2 : ANALYSE SENSORIELLE

1. NOTIONS DE BASE EN PHYSIOLOGIE SENSORIELLE4

1.1. Introduction

- | | | |
|-------|--|----|
| 1.1 | La vision | 5 |
| 1.2 | L'odorat | 6 |
| 1.3 | La somesthésie | 8 |
| 1.4 | Le goût..... | 9 |
| 1.5 | L'audition | 9 |
| 1. | La réponse sensorielle | 11 |
| 1.3.1 | Intensité de la sensation et perception..... | 11 |

2. ANALYSE SENSORIELLE 13

- | | | |
|-------|-----------------------------------|----|
| 2.1 | Introduction | 13 |
| 2.2 | Le personnel | 13 |
| 2.3 | Le local..... | 13 |
| 2.3.1 | La salle de préparation | 14 |
| 2.3.2 | La salle de dégustation | 14 |
| 2.3.3 | La salle de réunion | 14 |
| 2.4 | Le jury d'experts | 14 |
| 2.4.1 | La sélection..... | 15 |
| 2.4.2 | L'entraînement | 18 |
| 2.4.3 | Le suivi du groupe | 19 |
| 2.5 | Consignes pour le jury..... | 19 |
| 2.6 | Description des épreuves..... | 20 |
| 2.6.1 | Les épreuves discriminatives..... | 20 |
| 2.6.2 | Les épreuves descriptives | 22 |

3. METHODES INSTRUMENTALES 23

- | | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | Introduction | 23 |
| 3.2 | L'appréciation instrumentale de la couleur | 24 |
| 3.3 | L'évaluation instrumentale de l'odeur | 25 |
| 3.3.1 | Les analyses chimiques | 25 |
| 3.3.2 | Les nez électroniques | 26 |
| 3.4 | Les méthodes instrumentales d'analyse de la texture | 27 |
| 3.4.1 | La perception sensorielle de la texture | 27 |
| 3.4.2 | L'analyse instrumentale de la texture | 27 |



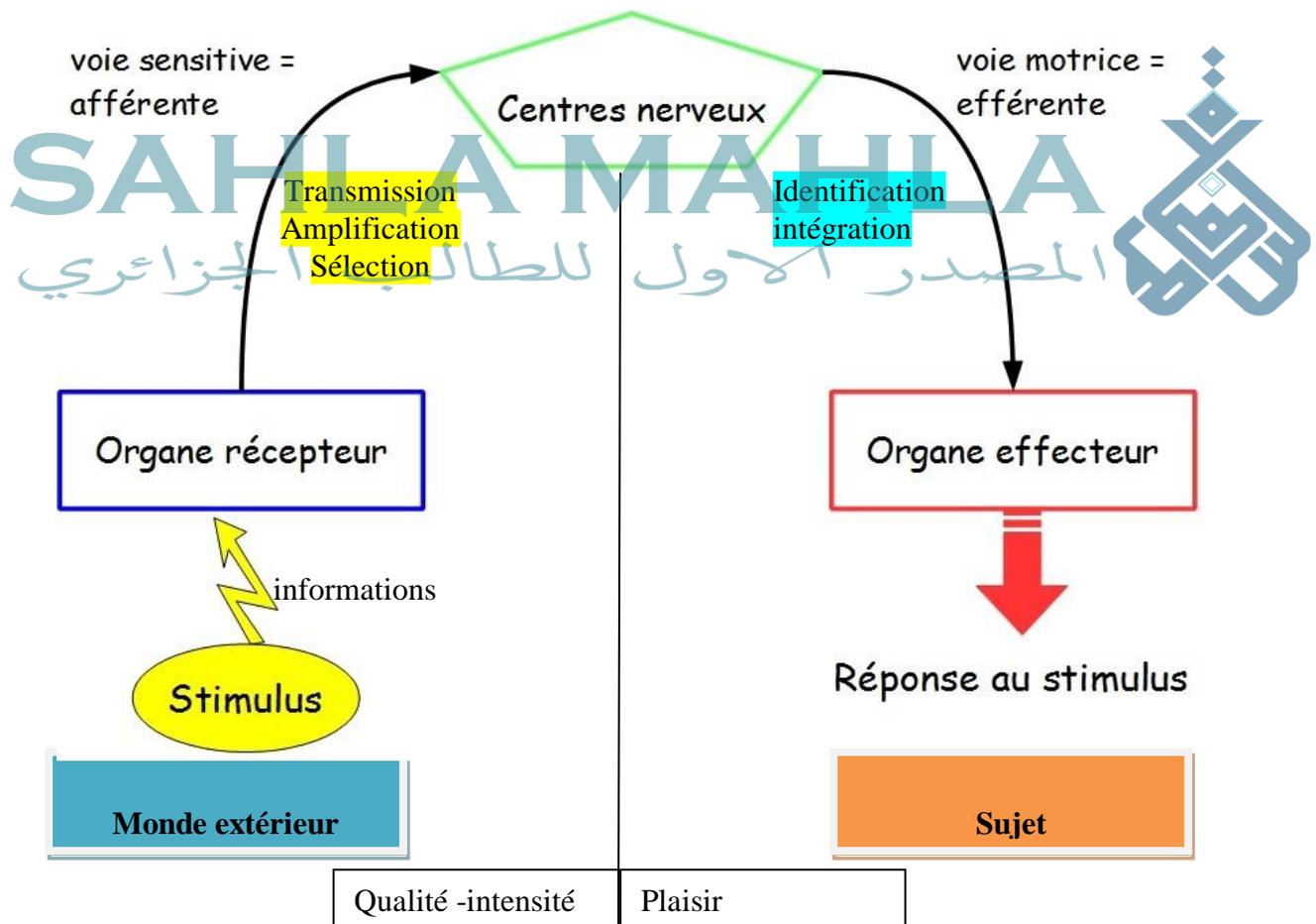
CHAPITRE 2 : ANALYSE SENSORIELLE

1. NOTIONS DE BASE EN PHYSIOLOGIE SENSORIELLE

Nos sens nous permettent de capter un stimulus venant du monde extérieur et de le traduire en une information utilisable par le cerveau.

Les organes sensoriels sont sensibles aux stimulations de l'environnement, agissant ainsi comme des capteurs. En effet, chaque sens présente des récepteurs spécifiques et active des zones distinctes du cortex cérébral. Ainsi, pour la vision, les cônes et les bâtonnets de la rétine répondent aux stimulations électromagnétiques de la lumière. Pour le toucher, les mécanorécepteurs de la peau répondent aux stimulations mécaniques qui les sollicitent. Les récepteurs sensoriels transforment l'énergie captée dans l'environnement, c'est-à-dire le stimulus physique ou chimique, en un signal électrochimique (l'impulsion nerveuse) qui est envoyé au cerveau pour y être traité : c'est le processus de transduction. La sensation peut alors être définie comme la réponse immédiate de nos récepteurs sensoriels à une sollicitation extérieure.

Sans entrer dans le détail, le schéma général du codage sensoriel est le même pour tous les sens. Il peut se résumer ainsi:



2. LE MECANISME DE TRANSMISSION :

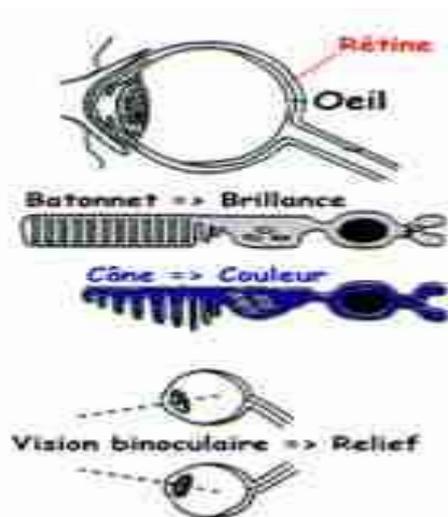
- L'information est captée par un organe récepteur (une cellule réceptrice), subit un premier traitement durant son passage dans les fibres nerveuses puis est intégrée au niveau du cerveau.
- Nos sens sont constamment en éveil, transmettant sans cesse des informations au cerveau. Le fait de passer les systèmes sensoriels en revue un par un ne doit pas nous faire oublier qu'ils fonctionnent simultanément et en continu. Les informations qui parviennent au cerveau sont d'origines très diverses.
- La réception et la transmission de l'information sont indépendantes pour chaque système, ce n'est qu'au niveau des centres supérieurs que les informations convergent vers un système intégrateur.
- A ce stade, l'information est comparée au stock d'informations déjà acquises entraînant une réponse sous la forme d'une attente ou d'un comportement, d'une satisfaction.
- l'aliment est déjà jugé via la vue, l'odorat et le toucher avant toute dégustation.

2.1 Physiologie sensorielle

2.1.1 La vision

En présence d'un stimulus visuel, une image se forme sur la rétine via ses photorécepteurs que sont les cônes et les bâtonnets (cellule réceptrice). Les cônes sont les moins sensibles à la lumière. Ils permettent une vision des couleurs et une vision précise des objets. Les bâtonnets en revanche, peuvent réagir à des éclaircissements très faibles, mais Ils ne permettent de différencier ni les couleurs ni les détails.

Ces cellules contiennent des pigments photosensibles. Il existe 3 types de pigments (rouge, vert et bleu). Ces pigments se trouvent dans les disques à l'intérieur des cellules réceptrices. Ces disques sont renouvelés tous les 30 jours.



De nos cinq sens, la vision possède quelques particularités :

- C'est la principale source d'informations sur le monde extérieur. La vision seule représente 40 % des informations perçues;
- La vision est constamment sollicitée dans toutes nos activités;
- La vision est généralement le 1er sens à entrer en action quand le sujet se saisit d'un produit;
- C'est le seul de nos cinq sens qui permet une comparaison simultanée d'échantillons (pour autant qu'il n'y en ait pas trop).

Le stimulus capable d'activer les pigments est un photon. L'énergie d'un photon est fonction de sa longueur d'onde. L'œil humain perçoit des longueurs d'ondes comprises entre 380 et 740 nm. L'œil perçoit des informations relatives à la couleur (qualité et intensité), la forme (information sur la texture), et le mouvement.



2.1.2 L'odorat

Les cellules réceptrices sont les cellules ciliées situées dans les fosses nasales. Ces cellules se renouvellent très rapidement (en 24 heures) et en permanence. Elles réagissent aux molécules dont le poids moléculaire est compris entre 30 et 300.

Ces molécules parviennent aux fosses nasales par deux voies :

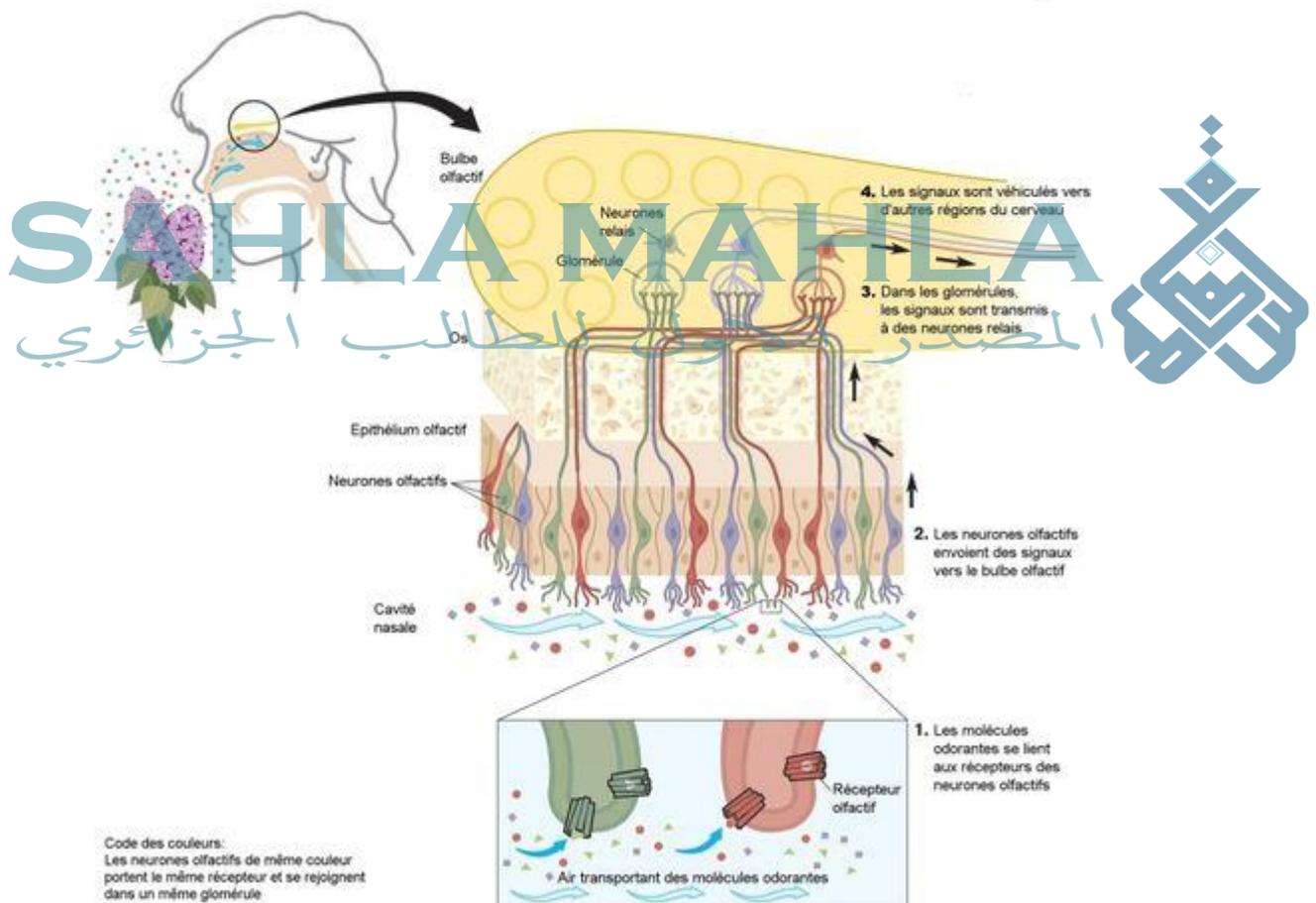
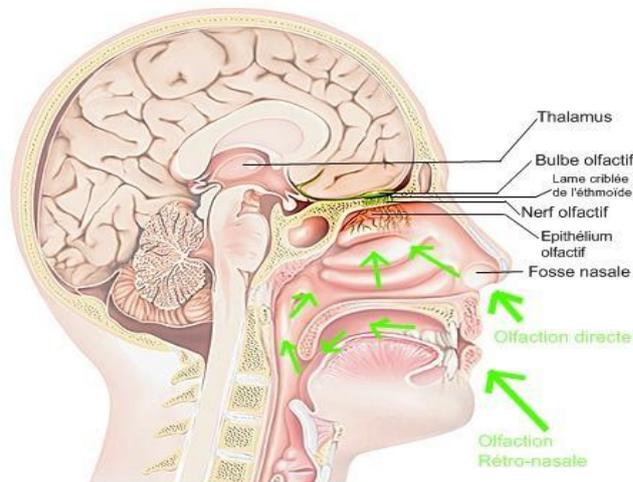
- la voie directe et la voie rétronasale via la cavité buccale. Le terme arôme désigne la propriété organoleptique perceptible par l'organe olfactif
- La voie rétronasale lors de la dégustation. Le terme odeur désigne la propriété organoleptique perceptible par l'organe olfactif (par voie directe) en flairant certaines substances volatiles (AFNOR 1991).

Ces molécules sont d'une grande diversité:

- composés minéraux : H₂S, NH₃, SO₂, acides minéraux,
- composés organiques : aldéhydes, cétones, alcools, acides gras, acides organiques.

L'intensité de la sensation est fonction de la quantité de molécules qui parviennent aux cellules réceptrices. Durant une respiration normale, le flux d'air transportant les molécules stimulantes ne remplit pas l'entièreté des fosses nasales.

La technique de flairage, augmente le flux d'air pénétrant dans les fosses nasales et le propulse dans toute la cavité augmentant ainsi à la fois la quantité de molécules et la surface d'échange.



Les arômes naturels sont composés d'un certain nombre (parfois très important) de molécules. Chaque molécule étant responsable d'un certain pourcentage de l'arôme global, ainsi le parfum de la vanille est composé de plus de 300 molécules dont la vanilline qui participe pour 80 à 90 % à l'arôme total.

2.1.3 La somesthésie

Le sens du toucher a de particulier qu'il n'est pas localisé dans un organe bien précis mais dispersé à travers tout le corps. De plus, la répartition des récepteurs est inégale, certaines zones étant plus innervées que d'autres. Il faut souligner la diversité des stimulus et donc des sensations couvertes par ce sens.

selon les modalités physiques du type de stimuli :

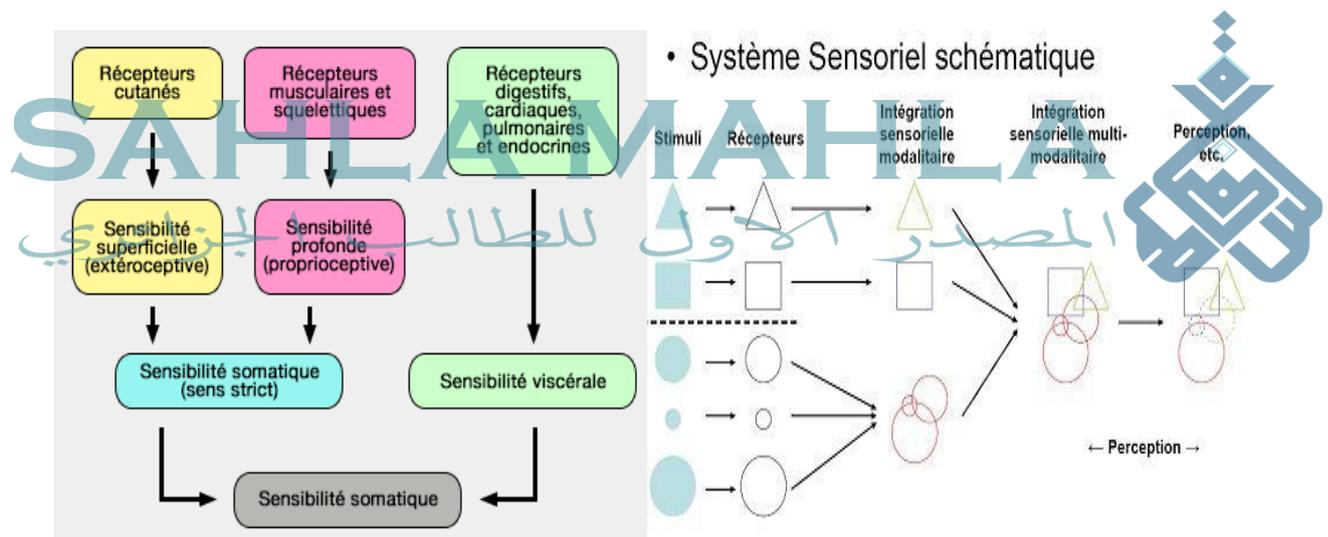
- sensibilité thermique
- sensibilité mécanique
- sensibilité chimique!

selon la perception ressentie:

-Le tact correspondant à la sensibilité fine, au niveau cutané et plus particulièrement au niveau des doigts.

-La kinesthésie qui correspond à la sensibilité du mouvement et de la position des articulations.

-La douleur et la température qui sont véhiculées par les mêmes fibres, et donc étudiées ensembles.



La somesthésie désigne les sensations éveillées par des stimulations de nature mécanique, thermique ou chimique. Les stimuli seront de nature mécanique, thermique ou chimique, chacun identifié par une ou plusieurs cellules réceptrices particulières. Ces cellules seront localisées sur la peau, les muqueuse, ou dans les muscles, les tendons, les ligaments.

Les informations perçues seront de nature très variées. On identifiera :

- des caractéristiques de surface (rugueux, lisse),
- des caractéristiques mécaniques (dureté, élasticité, cassant),
- des caractéristiques rhéologiques (résistance à l'écoulement, viscosité),
- des températures au sens physique du terme (chaud-froid),
- des caractéristiques chimiques (brûlant, frais, irritant).

2.1.4 Le goût

Il existe (dans notre culture) quatre saveurs de base (sucré, salé, acide, amère) auxquelles viennent s'en ajouter d'autres (métallique, umami,...).

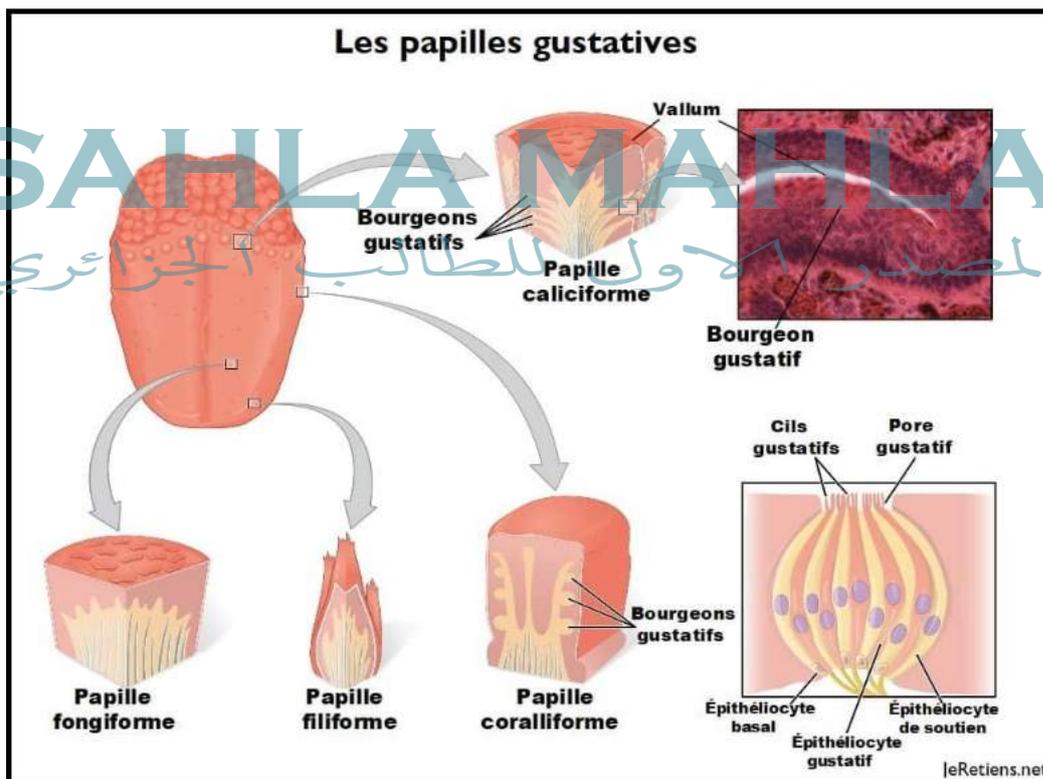
Les cellules réceptrices sont les bourgeons du goût situés sur la longueur et dans la cavité buccale. Elles ont une durée de vie moyenne de 7 à 10 jours.

Les stimuli sont de nature chimique, soit organiques (sucré, amer) soit ioniques (salé, acide).

Les quatre goûts de base peuvent être perçus en des zones différentes de la langue. Le sucré sur la pointe, le salé sur les cotés et devant, l'acide sur le milieu et l'amer au fond de la langue.

Bien que les sensations perçues et le vocabulaire pour les décrire soient comparativement moins importantes que dans le cas de l'olfaction et de la somesthésie, il est ici aussi nécessaire de permettre au sujet d'associer terme et sensation avant d'exiger de lui une identification qualitative ou quantitative.

Les informations recueillies sont suffisantes pour décider de l'acceptation ou du rejet de l'aliment. De plus, elles vont préparer le sujet aux stimuli qui vont être perçus durant la mastication, c'est ce qu'on appelle l'attente. La concordance de ces prévisions avec la réalité va à nouveau entraîner un comportement vis-à-vis de l'aliment.

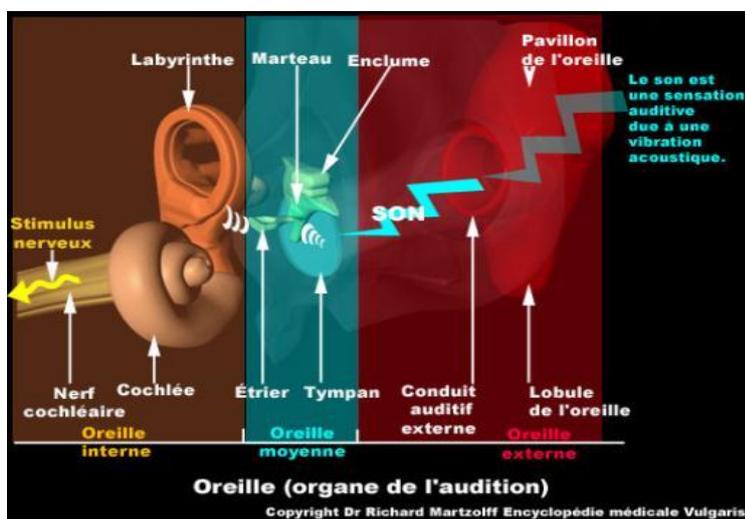


2.1.5 L'audition

Les cellules réceptrices sont les cellules de la cochlée située dans l'oreille interne. Le stimulus est une onde qui se propage dans l'air ou dans les os de la boîte crânienne. C'est ce dernier mode de transmission qui nous permet d'apprécier le «croquant» ou le «croustillant» de certains produits.

Comparativement aux autres sens, l'audition est celui qui intervient le moins lors d'une dégustation. On aurait cependant tort de le négliger dans la mesure où les stimuli auditifs peuvent servir de références hédoniques et déterminer l'acceptation ou le rejet d'un produit.

2.2



SAHLA MAHLA 

المصدر الأول للطالب الجزائري

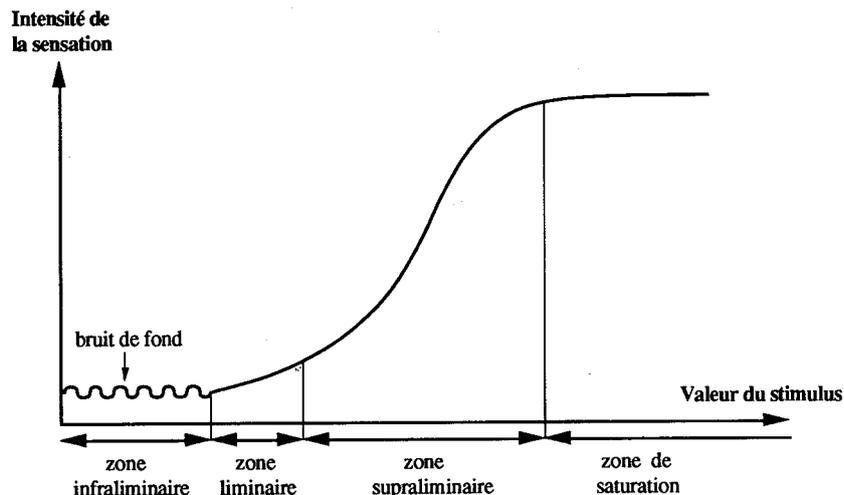
La réponse sensorielle

2.2.1 Intensité de la sensation et perception

Toute sensation perçue possède une qualité et une intensité.

A partir de quelle intensité d'un stimulus, un sujet perçoit-il quelque chose ?

Schématiquement, une courbe donnant l'intensité de la sensation en fonction de la grandeur du stimulus présente quatre domaines:



On distingue en fait:

- Un domaine infraliminaire où la sensation est confuse, instable et perdue dans un bruit de fond;
- Un domaine liminaire où la sensation est de façon aléatoire, soit nette soit confuse mais d'intensité toujours très faible;
- Un domaine supraliminaire où la sensation est nette, identifiable et d'intensité croissante avec le stimulus;
- Une zone de saturation où l'intensité de la sensation ne varie plus quand l'intensité du stimulus augmente. A partir de ce stade, l'augmentation du stimulus pourra causer une gêne voire une douleur.

2.2.2 Qualité de la perception

Pour chaque individu et pour chaque stimulus, on peut déterminer un seuil de détection, et un seuil d'identification. Percevoir la qualité d'une sensation implique qu'elle possède une intensité suffisante. Identifier une sensation implique que le stimulus ait une intensité suffisante (parfois supérieure à l'intensité de détection) et que le sujet ait déjà fait l'expérience de cette sensation. On parle alors de reconnaissance, la sensation est reconnue si elle est identique à une sensation déjà mémorisée. Le cerveau est capable de travailler par association et de trouver des analogies entre la sensation perçue et les informations mémorisées.

2.2.3 Variations interindividuelles

Un individu peut être très sensible à un stimulus et moins à un autre. Ces différences de perception peuvent être dues à des facteurs physiologiques ou génétiques aussi bien qu'aux habitudes alimentaires du sujet.

Il semble que l'âge puisse affecter les performances des sujets, surtout en ce qui concerne l'olfaction. Concernant le sexe, malgré quelques controverses, il apparaît maintenant que les femmes sont plus sensibles du point de vue olfactif.

L'absence de perception des stimulus olfactifs s'appelle anosmie. Les cas d'anosmie totale sont rares, par contre les cas d'anosmie partielle, c'est-à-dire une faible sensibilité pour une substance donnée, sont courants. Les seuils de détection peuvent varier d'un individu à l'autre et d'une substance à l'autre pour un même individu.

Pour certains produits, on constate que la distribution des seuils de perception d'une population prend une allure bimodale. Il s'agit dans ce cas de caractéristiques génétiques.

Les mêmes phénomènes sont constatés pour le goût. On parle d'ageusie pour désigner la perte du goût.

2.2.4 Le phénomène d'adaptation

L'adaptation est la modification temporaire de l'acuité d'un organe sensoriel à la suite d'une stimulation continue ou répétée. Si le stimulus est supprimé, il y a récupération totale de la sensibilité après un certain temps.

Il s'agit d'un phénomène entièrement physiologique qui peut être limité en appliquant quelques consignes simples, à savoir : attendre quelques minutes entre chaque échantillon, et se rincer la bouche.

Par ailleurs, la monotonie d'une situation ou le manque d'intérêt que porte le juge à l'épreuve peut aussi affecter ses performances. On parle alors d'habituation. Il s'agit d'un phénomène purement psychologique, peu fréquent si les séances sont de courte durée (moins de deux heures).

3. ANALYSE SENSORIELLE

3.1 Introduction

L'analyse sensorielle est la technique qui utilise les sens de l'homme pour connaître et décrire les caractéristiques organoleptiques d'un produit.

Il s'agit bien d'analyser le produit seul en utilisant un sujet humain comme instrument de mesure. On attend de cet instrument toutes les qualités requises d'un autre instrument : fidélité, répétabilité, reproductibilité, justesse, et exactitude. Or, si l'appareil sensoriel humain peut être très performant, la démarche qui consiste à analyser et à verbaliser les sensations perçues en termes objectifs en faisant abstraction de ses préférences personnelles, donc subjectives, n'est pas une démarche normale pour un sujet.

L'analyse sensorielle ne s'improvise pas, cette démarche réclame un équipement particulier, du personnel qualifié, et un jury sélectionné sur base de ses performances et entraîné pour un produit bien précis.

3.2 Le personnel

Afin d'éviter tout jugement subjectif, il est nécessaire que le jury reçoive le strict minimum d'informations concernant l'objectif des tests et la nature des produits testés. Il est donc essentiel que le personnel qui va organiser et mettre en œuvre les tests ne fasse pas partie du jury.

La personne responsable des analyses sensorielles, du recrutement, de la sélection et de l'entraînement du jury, du choix et de la mise en œuvre des tests sera appelée l'animateur.

Cette personne doit avoir une formation dans les domaines suivants:

- Analyse sensorielle afin de connaître et de pouvoir choisir les tests les plus appropriés pour résoudre le problème posé;
- Technologie alimentaire de façon à être capable de préparer des produits de référence, et d'analyser les résultats en termes de procédé;
- Statistique, une bonne formation sera nécessaire afin de construire les plans d'expérience, de traiter les réponses et d'interpréter les résultats;
- Technique de communication afin d'instaurer un dialogue entre les juges, de les amener à confronter leurs expériences et à les verbaliser.

En outre, l'animateur devra faire preuve de rigueur et d'organisation et devra posséder de bonnes qualités relationnelles. Une connaissance de base en informatique lui sera utile si les séances sont gérées par un logiciel, ce qui est de plus en plus le cas. C'est de l'animateur que dépend en grande partie la réussite du fonctionnement du groupe.

L'animateur pourra être aidé dans sa tâche par un technicien ou un préparateur.

3.3 Le local

Le local où se déroule les analyses doit répondre à des normes bien précises (AFNOR NF V 09-105).

Ce local doit comprendre au moins trois pièces réservées à l'analyse sensorielle: une salle de préparation, une salle de dégustation, et une salle de réunion, auxquelles s'ajoute un bureau pour le personnel.

3.3.1 La salle de préparation

Il s'agit en fait d'une cuisine, c'est dans cette salle que seront préparés les échantillons. Du point de vue équipement, cette salle comprendra tout le matériel se trouvant habituellement dans une cuisine, sachant que ce matériel devra avoir une capacité suffisante pour préparer des échantillons pour tous les juges. Cette salle doit être isolée de la salle de dégustation afin que les juges n'y aient pas accès. Les odeurs doivent également être évacuées vers l'extérieur et ne doivent pas envahir la salle de dégustation.

3.3.2 La salle de dégustation

Cette salle sera équipée de cabines individuelles permettant l'isolement des juges. Les dimensions des cabines font partie de la norme. Les cabines peuvent être équipées de différents accessoires :

- éclairage modulable,
- passe-plats,
- crachoir,
- système de saisie des données (formulaires papier ou PC).

La salle de dégustation sera aménagée de façon à garantir un maximum de confort et de concentration aux juges :

- couleurs claires, absence de cadres, décorations etc.,
- température et humidité de l'air correct,
- absence de sources de distraction, d'odeurs, de bruits,
- propreté impeccable.

3.3.3 La salle de réunion

Au cours de leur entraînement et durant les tests, les juges seront amenés à confronter leurs expériences et leurs perceptions, pour cela il faudra travailler de façon à permettre à chacun de s'exprimer, la salle de réunion sera aménagée dans cette optique. Etant donné que des produits devront être préparés et distribués aux juges, cette salle ne devra pas se situer trop loin de la salle de préparation. Cette salle doit présenter les mêmes caractéristiques d'ambiance que la salle de dégustation. Certaines cabines de dégustation ont des parois amovibles ou escamotables permettant de travailler aussi bien en isolement qu'en groupe.

3.4 Le jury

Avant de recruter et de sélectionner un jury, il est nécessaire de définir quelle en sera la composition. Pour les entreprises ou les centres de recherches, deux possibilités se présentent : un jury interne constitué du personnel de la société ou un jury externe constitué de personnes ne travaillant pas dans la société. Chacune de ces options présente des avantages et des inconvénients.

3.4.1 La sélection

Puisque les juges travaillent dans l'entreprise, il ne sera pas nécessaire de les rémunérer, il ne faut cependant pas oublier que le temps passé à l'analyse sensorielle sera compté dans les heures de travail. Les juges venant de divers services, il est probable qu'ils auront du mal à s'absenter de leur travail, il sera nécessaire que la direction signifie clairement son accord quant à la participation des juges aux séances d'analyse sensorielle. Les sociétés étant souvent de faible taille, le choix des juges internes sera souvent limité. Les juges peuvent avoir acquis une certaine habitude du produit, voire certains préjugés (exacts ou erronés) concernant le produit de la société. Ceci peut créer un biais qui sera évité par l'anonymat des échantillons présentés. Ce type de démarche permet aux juges de participer au développement des produits de la société. Cela peut être positif tant pour leur motivation au travail que pour leur motivation en tant que juges.

Les membres de ce jury sont donc recrutés en dehors de la société. Si la société est installée près d'un centre urbain ou dispose d'un siège social en ville, la possibilité de choix est quasiment illimitée. Etant donné que les juges se déplacent, la moindre des choses est de participer aux frais de déplacement, on compte généralement une rémunération de 100 à 150 Euros/heure. Les juges n'ayant en principe aucune expérience particulière du produit, aucun biais n'est à suspecter. A condition de convenir d'une tranche horaire fixe pour les séances, et de choisir correctement les juges, il ne devrait pas y avoir de problèmes de disponibilité.

Une fois le type de jury choisi, l'animateur devra passer au recrutement des membres du jury. Il ne devra pas perdre de vue qu'un jury d'expert est destiné à fonctionner plusieurs années, donc que les personnes recrutées soient susceptibles de rester jusqu'à la fin.

La sélection peut se faire en deux étapes.

La première consiste à effectuer un premier tri rapide sur base de la fiche d'identité. Les candidats susceptibles de ne pas rester durant toute la durée de vie espérée du jury seront éliminés. De même, seront écartées, les personnes présentant des troubles (daltonisme, allergies, port d'une prothèse dentaire, rhume des foies) susceptibles d'altérer la perception de caractéristiques jugées importantes ou celles ayant développé une aversion pour les produits proposés. Cette étape visera également, grâce à un entretien, à retenir les sujets présentant les traits de caractères requis pour ce type de travail à savoir : l'honnêteté, la faculté de fixer son attention de façon prolongée et la persévérance. L'entretien aura également pour objectif d'identifier les sujets les plus motivés et les plus intéressés.

La seconde étape comprendra deux séances de tests au terme desquelles les sujets les plus performants seront retenus. Le type de tests sera choisi en fonction des objectifs du jury. Des normes existent qui proposent des tests destinés à la sélection des juges experts.

L'efficacité de ces tests dépendra du choix de sujets au départ, si le choix est limité, la sélection ne sera pas discriminante. L'AFNOR recommande de partir d'une base deux à trois fois supérieure au nombre de juges requis en fin de sélection, mais certains auteurs proposent de partir d'un contingent cinq fois plus important. Les tests ne devront être ni trop faciles, ni trop difficiles, dans un cas comme dans l'autre, ils ne seraient pas discriminants.

Les tests de sélection auront trois objectifs :

- l'élimination des sujets présentant des anomalies sensorielles (anosmie ou agueusie partielle),
- la détection des sujets présentant la meilleure acuité sensorielle,

- l'évaluation de la capacité des sujets à percevoir et à décrire des sensations.

Afin de répondre à ces trois objectifs, l'animateur proposera aux candidats différents types de tests. Ces tests seront choisis en fonction des tâches qui seront assignées au jury.

Test de reconnaissance des saveurs: on ne peut pas demander aux sujets d'utiliser un terme particulier pour décrire une sensation donnée s'il n'a pas appris à associer ce terme à cette sensation. Il est donc nécessaire dans un premier temps de permettre aux sujets d'identifier les saveurs en leur présentant un témoin. Plus tard au cours de la même séance ou au cours d'une séance ultérieure, les mêmes échantillons, mais codés sont présentés, le sujet reçoit alors pour tâche de les identifier. Pour ce type de test, la concentration des échantillons est telle qu'ils sont perçus à un niveau supraliminaire, donc détectable par la majorité de la population, un échec indiquera vraisemblablement une agueusie partielle chez le sujet.

Le tableau ci-dessous indique pour quatre saveurs et une sensation trigéminal, les substances, la concentration à utiliser et le pourcentage de réponses correctes observées.

Saveur	Substance	Concentration (g/l)	Pourcentage de reconnaissance
Sucrée	Saccharose	8	94
Salée	NaCl	1,5	89
Acide	Acide citrique	1	81
Amère	Quinine	0,015	78
Astringente	Alun de potasse	0,5	68

L'AFNOR propose un autre test appelé test d'appariement. Dans ce test, les sujets reçoivent une première série d'échantillons codés avec lesquels ils doivent se familiariser. Plus tard dans la même séance, les sujets reçoivent une deuxième série d'échantillons codés différemment et doivent appairer les échantillons des deux séries. La deuxième série comprend deux fois plus d'échantillons que la première. Les concentrations utilisées sont à peu près les mêmes.

Test de reconnaissance des odeurs: la même remarque que pour le test précédent peut être faite. Elle est d'autant plus marquante que le nombre de stimuli olfactifs est encore beaucoup plus grand. Outre l'adaptation des tests présentés ci-dessus, il est possible de proposer aux sujets une série d'échantillons accompagnés d'une liste de termes. Les sujets ont pour mission de les appairer. Ce type de test ne permet pas de distinguer les erreurs dues à la confusion des termes des erreurs dues à un défaut de perception.

Le tableau ci-dessous donne les descripteurs, les substances utilisées, les concentrations préconisées et les taux de reconnaissance.

Odeur	Substance	Concentration	Pourcentage de
-------	-----------	---------------	----------------

		(mg/l)	reconnaissance
Menthe	Menthol	10,0	65
Violette	β - ionone	0,1	41
Amande amère	Benzaldéhyde	1,0	48
Citron	Citral	1,0	44
Champignon	Octène-1-ol-3	0,1	92
Rose	Géranol	5,0	47
Vanille	Vanilline	25,0	97
Clou de girofle	Eugénol	1,0	75

Tests de classement: ce type de test vise à évaluer la capacité des sujets à réaliser un classement d'intensités différentes d'un même stimulus. Des solutions sapides ou odorantes peuvent être utilisées.

Remarque: ce test vise à évaluer les sujets et non les produits, or ce type de test peut être plus ou moins difficile selon l'ordre de présentation des produits. Il faudra donc impérativement présenter les échantillons dans le même ordre à tous les sujets.

Le tableau ci-dessous donne quelques substances et concentrations de référence.

Essai	Produit	Concentrations dans l'eau à T° ambiante
Goût	Acide citrique	0,1 - 0,15 - 0,22 - 0,34 g/l
Odorat	Acétate d'isoamyle	5 - 10 - 20 - 40 mg/l

Test portant sur la mémoire des odeurs: ce test a pour objectif de sélectionner les sujets les plus constants. Il consiste à donner aux sujets 15 odeurs différentes et à leur demander de faire 5 groupes de trois odeurs. Ils sont prévenus que les mêmes 15 odeurs leur seront présentées à la séance suivante et que le même exercice leur sera demandé. Les sujets devront refaire les mêmes groupements que lors du premier test. Pour chaque trio reconstitué, le sujet marque 2 points, pour chaque couple d'un trio reconstitué, le sujet marque 1 point. Cette épreuve est assez difficile.

Test portant sur l'aptitude à décrire: ce test permet d'évaluer l'aptitude à décrire des sensations. Le sujet est invité à goûter ou sentir des échantillons et à décrire ce qu'il perçoit de la façon la plus complète et la plus précise possible et sans utiliser des termes à connotation hédonique. Le test est répété sur deux séances afin de vérifier la constance des sujets et leur aptitude à mémoriser. Ce test peut être fait avec différents stimuli (odeurs, textures, etc.).

Tests de différence des produits: des tests de type triangulaire ou 2 sur 5 (voir point 2.6.1) peuvent être proposés afin d'évaluer l'aptitude des sujets à discriminer deux stimuli différents ou deux stimuli d'intensité différente.

Sélection finale: une fois les tests corrigés, il peut être fructueux de recevoir les candidats un à un, de leur exposer leurs résultats, et de leur expliquer, sans entrer dans les détails, la suite des événements. L'animateur mettra l'accent sur l'importance de la formation et la durée prévue des tests. Le juge ainsi informé pourra prendre l'engagement de rester toute la durée des tests.

3.4.2 L'entraînement

Le groupe sélectionné n'est pas immédiatement opérationnel. Les candidats doivent passer par une phase d'entraînement. Celle-ci doit permettre au sujet:

- de se familiariser avec le vocabulaire,
- d'apprendre à évaluer les produits,
- d'augmenter sa connaissance sensorielle,
- de donner des jugements purement qualitatifs sans tenir compte de ses préférences,
- de comparer sa perception à celle des autres juges afin de réduire les différences interindividuelles.

L'entraînement comprendra une partie théorique et une partie pratique.

La formation théorique comprend les notions de base en physiologie sensorielle, différences inter et intraindividuelles, phénomène d'adaptation, consignes générales.

La partie pratique sera constituée des différents tests qui seront proposés aux juges durant les séances d'analyse à la différence près que l'animateur connaîtra la composition des échantillons, donc la réponse correcte (tests de différence, tests de classement). Dans ce cas, après le test, l'animateur vérifiera les réponses et invitera les sujets qui se sont trompés à regoûter et à confirmer ou à infirmer la réponse (un juge a toujours le droit de ne pas être d'accord avec la réponse supposée correcte).

Dans les cas où l'animateur ne connaît pas avec précision la réponse correcte (évaluation de la tendreté d'un morceau de viande sur une échelle de 0 à 10) celui-ci calculera la moyenne des cotations et en fera part au jury, les membres qui sont le plus éloignés de cette moyenne seront invités à regoûter. Enfin dans le cas d'épreuves descriptives, l'animateur discutera des réponses avec les juges et préparera au besoin des produits de référence.

L'animateur poursuivra l'entraînement jusqu'à ce que les performances qu'il s'est fixé soient atteintes. A partir de ce moment, le groupe sera considéré comme un groupe qualifié et pourra travailler en routine.

3.4.3 Le suivi du groupe

Une fois le groupe formé, l'animateur devra régulièrement vérifier ses performances.

Il sera en outre utile d'entretenir la motivation du groupe par exemple en organisant une dégustation portant sur d'autres produits que les produits habituels, en informant les sujets de l'évolution de leurs performances, en indiquant (sans donner trop de détail) les répercussions du travail du groupe sur la vie de l'entreprise, en encourageant les efforts de chacun.

3.5 Consignes pour le jury

Les séances d'analyse sensorielle demandent un très gros effort de concentration aux sujets. Il est donc essentiel d'éviter toute source de distraction. La salle sera conçue et aménagée dans ce but (voir point 2.3.2), il sera également nécessaire de demander aux sujets un minimum de coopération. Les consignes suivantes doivent être remises aux sujets et rappelées courtoisement chaque fois que nécessaire.

Consignes	Commentaires
<i>Avant la séance</i>	
- Ne pas fumer, boire du café, manger des bonbons, chewing-gums ou autres aliments à forte saveur juste avant la dégustation. - Ne pas utiliser de rouge à lèvres.	Ces produits peuvent perturber la perception du sujet en créant des saveurs parasites.
- Eviter l'emploi de lotions après rasage ou de parfum. - Ne pas fumer dans la salle de dégustation.	En plus de créer des odeurs parasites, ces produits peuvent incommoder d'autres personnes.
- Signaler au responsable un état maladif, une grossesse, la prise d'éventuels médicaments.	Le responsable ainsi tenu au courant pourra expliquer d'éventuels changements de performance du juge.
- Etre ponctuel et prévenir en cas d'absence.	Si vraiment les circonstances font que le juge se présente à la séance dans un état psychologique qui ne permet pas sa concentration, il est préférable que celui-ci se désiste.
<i>Pendant la séance</i>	
- Lire attentivement le questionnaire avant de commencer le test.	
- Ne pas hésiter à poser une question ou à demander une explication si un point ne semble pas clair.	Si une question doit être posée, le juge appelle discrètement le responsable et pose sa question à voix basse.

- Se rincer la bouche et attendre quelques minutes entre chaque échantillon.	Eviter le phénomène d'adaptation.
- Ne pas parler pendant le test. - Ne pas influencer les autres juges.	
- Vérifier qu'aucune question n'a été oubliée avant de quitter la séance.	

3.6 Description des épreuves

Il existe deux types d'épreuves dont la finalité est différente. Selon que l'on désire mettre en évidence des différences ou que l'on désire connaître la nature des différences, on aura recours à un test discriminatif ou à un test descriptif. Les tests discriminatifs ont pour finalité de découvrir l'existence ou l'absence de différences faiblement perceptibles entre deux produits.

Les tests descriptifs ont pour objectifs de mettre en évidence la nature de différences nettement perceptibles et de les quantifier.

L'animateur devra avant toute démarche poser correctement le problème, recourir éventuellement à une épreuve préliminaire avant de mettre en place un protocole expérimental qui répondra à la question posée.

3.6.1 Les épreuves discriminatives

Ces épreuves permettent de tester l'hypothèse de l'identité entre deux produits.

Elles sont utilisées lorsque les différences entre produits sont faibles et lorsque la nature des différences n'est pas connue. Il s'agit d'épreuves simples à mettre en œuvre et à interpréter.

Elles fonctionnent toutes sur le même principe, à savoir la comparaison de plusieurs échantillons et la reconnaissance des échantillons identiques. La décision d'acceptation ou non de l'hypothèse de départ est prise sur base de la proportion de réponses correctes pondérée par la probabilité de réponses correctes dues au hasard.

Ces tests peuvent être utilisés lors de l'entraînement pour améliorer ou contrôler les performances du jury. Il ne faudra jamais perdre de vue que, en phase d'entraînement, l'animateur connaît la réponse et teste les sujets, tandis qu'en routine, l'animateur analyse le produit et ne connaît pas la réponse.

L'aspect visuel des produits va grandement influencer la décision du sujet. L'animateur devra faire en sorte d'éliminer toute influence visuelle et de présenter des échantillons de façon absolument homogène sous peine de biaiser les résultats.

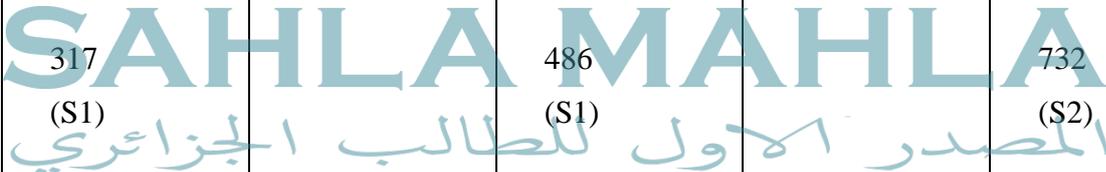
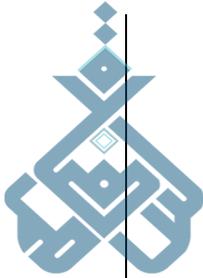
L'épreuve duo-trio: le sujet reçoit un échantillon témoin, identifié comme tel et deux autres échantillons codés dont un est identique au témoin. Le sujet doit désigner l'échantillon codé qui est identique au témoin. Le sujet doit donner une réponse même s'il ne perçoit pas de différence entre les échantillons.

TEMOIN (S1)	486 (S1)	732 (S2)
----------------	-------------	-------------

L'interprétation des résultats se fera sur base du nombre de réponses correctes, comparées à une table de valeurs. Cette table tient compte de la probabilité de donner la bonne réponse au hasard. Les résultats peuvent s'analyser pour l'ensemble du groupe sur une seule séance, ou pour chaque sujet en particulier sur plusieurs séances.

L'épreuve triangulaire: le sujet reçoit trois échantillons codés dont deux sont identiques et un différent. Le sujet doit indiquer lequel est différent, comme dans le premier cas, il doit donner une réponse.

317 (S1)	486 (S1)	732 (S2)
-------------	-------------	-------------

L'interprétation se fait sur base du nombre de réponses correctes, comparées à une table de valeur. Cette table est différente de celle utilisée pour le test précédent puisque la probabilité de donner la réponse au hasard est $1/3$ dans le cas du test triangulaire et $1/2$ dans le cas du test duo-trio.

Remarques: ces deux tests sont très proches. Il semble qu'en phase d'entraînement la présence d'un témoin aide le sujet à se faire une référence.

Dans l'optique de diminuer la probabilité de donner une réponse juste au hasard, il existe des tests p parmi n (exemple 2 sur 5) qui sont basés sur les mêmes principes d'appariement. L'épreuve triangulaire n'étant qu'un cas particulier (1 parmi 3) de celles-ci.

Certains auteurs ajoutent des questions supplémentaires portant sur l'intensité de la différence perçue, sur la description des différences ou sur l'appréciation hédonique des produits. Ces questions ne sont pas recommandées dans la mesure où elles n'apportent pas d'informations supplémentaires et où leur présence détourne l'attention du sujet vers une

tâche qui n'est pas celle qu'on lui demande. De plus dans le cas de l'appréciation il s'agit d'une erreur grave puisqu'il n'est pas conseillé de mélanger les deux types de tests.

3.6.2 Les épreuves descriptives

Ces épreuves permettent d'identifier la nature des différences et de les quantifier. Leur mise en œuvre réclame pour la plupart un jury suffisamment entraîné et un traitement statistique complexe. Elles font appel à différentes échelles de cotation.

L'épreuve de classement: elle consiste à ranger par ordre d'intensité croissante ou décroissante des échantillons présentés simultanément. Cette épreuve présente de nombreux avantages:

- Elle est relativement simple à mettre en œuvre;
- Elle ne requiert pas de témoin ou de référence;
- Elle est facile à comprendre;
- Son processus est un processus naturel, nous effectuons régulièrement et spontanément des classements;
- A l'usage, elle se révèle assez efficace.

Elle possède toutefois deux inconvénients :

- Elle ne donne pas de valeur absolue pour un produit, mais seulement une valeur relative, le classement réalisé n'est valable que pour les produits testés au cours d'une même séance;
- Elle ne donne que des indications indirectes sur l'intensité des différences entre échantillons.

Cette épreuve est utilisée quand l'animateur connaît (ou soupçonne) la nature de la caractéristique responsable des différences, mais ignore quels échantillons sont différents.

Le nombre d'échantillons présentés est variable et dépend de la nature de la caractéristique incriminée. Il sera acceptable de classer une vingtaine d'échantillons sur base de leur couleur, mais sûrement pas sur base de leur goût. Si le nombre d'échantillons est trop élevé, on recourra à un plan d'expérience en blocs incomplets équilibrés.

L'interprétation statistique recourt à des tests de rang tels que les tests de Friedman qui indiqueront si une différence significative existe entre tous les échantillons. Si tel est le cas, il faudra déterminer quels couples sont différents grâce à un test de comparaisons multiples.

L'épreuve de profil: les produits alimentaires sont des produits complexes engendrant une multitude de sensations. Lorsque l'animateur a mis en évidence une différence, mais qu'il ne connaît pas sa nature, il est nécessaire de recourir à un profil.

Cette méthode consiste à décrire le produit le plus complètement possible à l'aide de descripteurs. Chaque descripteur représentant une grandeur sensorielle simple. Les descripteurs devront être non redondants.

Une fois les descripteurs définis ils sont accompagnés d'une échelle graduée qui permet d'exprimer leur intensité. Le profil permet donc de décrire les sensations apportées par un produit en qualité et en intensité.

Des listes de descripteurs se trouvent dans la littérature. Si celles-ci ne conviennent pas, le jury pourra créer lui-même sa propre liste.

La création d'une liste de descripteurs comprends plusieurs étapes :

- Recherche du plus grand nombre de descripteurs: le jury est invité à goûter une série de produits représentant la gamme des produits à tester et à décrire ces produits en utilisant le plus de mots possible;
- Premier tri: les termes générés sont listés, et tous les termes à connotation hédonique sont rejetés. Les synonymes sont retenus si ils satisfont à la première condition;
- Deuxième tri: les descripteurs retenus sont listés et accompagnés d'une échelle graduée. Les juges sont invités à refaire une séance de dégustation avec différents produits bien typés et à coter ces produits sur l'échelle pour tous les termes retenus. Ces résultats sont ensuite traités statistiquement de façon à éliminer les termes qui ont le moins de sens, ou qui contiennent le moins d'information, ainsi qu'à regrouper les termes qui ont la même signification de façon à garder les plus significatifs;
- Entraînement: l'animateur devra fabriquer des références, c'est-à-dire faire en sorte que chaque descripteur représente la même sensation pour tous les juges (aspect qualitatif). De même, il devra construire des produits qui permettront aux juges de se calibrer sur l'échelle d'intensité qui accompagne chaque descripteur (aspect quantitatif).

Dans le cas où une liste existe déjà dans la littérature, le travail du groupe commencera à la dernière étape. L'entraînement des juges sera une étape très importante. Elle prendra un temps considérable (12 à 15 semaines, voire plus en fonction de la longueur du profil). L'entraînement ne devrait prendre fin qu'en fonction des performances de juges et non à une date convenue à l'avance.

4. METHODES INSTRUMENTALES

4.1 Introduction

Les industriels du secteur alimentaire visent de plus en plus à utiliser l'analyse instrumentale en complément ou en remplacement de l'analyse sensorielle. Les jurys d'experts restent cependant incontournables dans certains cas, et en particulier pour valider les méthodes instrumentales.

Les méthodes instrumentales visent à opérer selon le même principe que nos sens. Ainsi, se retrouve de nos jours sur le marché une panoplie d'appareils permettant une évaluation de

la couleur des produits alimentaires (vision), de leur odeur (odorat) ou de leur texture (somesthésie et/ou audition).

4.2 L'appréciation instrumentale de la couleur

De nombreuses méthodes ont été mises au point pour quantifier la couleur et permettre de l'exprimer avec plus de facilité et de précision. Les premières mesures de la couleur reposaient sur des mesures de transmission ou de réflectance à des longueurs d'ondes données, à l'aide d'un spectrophotomètre.

D'autres méthodes ont ensuite été développées par un organisme international qui s'occupe des questions d'éclairage et de couleur: la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Les deux méthodes les plus connues sont l'espace couleur Yxy, développé en 1931, qui se base sur les valeurs tristimulus XYZ définies par la CIE, et l'espace couleur $L^*a^*b^*$ (auss appelé CIELAB), conçu en 1976. L'espace couleur $L^*a^*b^*$ essaie de rapprocher les écarts de couleur mesurés aux écarts de couleur tels qu'ils sont perçus par l'œil humain. Aujourd'hui, les espaces couleur Yxy et $L^*a^*b^*$ sont utilisés dans le monde entier pour exprimer la couleur.

Remarque: l'espace couleur est défini comme étant la méthode qui permet d'exprimer la couleur d'un objet ou d'une source lumineuse au moyen d'une notation spécifique, telle que des chiffres.

Le concept des valeurs tristimulus XYZ vient de la théorie que la perception des couleurs se fait selon trois composants: l'œil possède des récepteurs pour les trois couleurs primaires (rouge, vert et bleu; voir 1.2.1) et toutes les couleurs sont perçues comme des mélanges de ces trois couleurs. Les valeurs tristimulus XYZ sont calculées en utilisant les fonctions de mélanges de l'observateur standard défini par la CIE. L'espace couleur Yxy découle de ce concept. Y est la clarté (identique à la valeur tristimulus Y) et x et y sont les coordonnées de chromaticité calculées à partir des valeurs tristimulus XYZ.

L'espace couleur $L^*a^*b^*$ a été défini bien plus tard, de façon à réduire l'un des principaux problèmes de l'espace couleur Yxy, à savoir que des distances égales sur le diagramme de chromaticité x,y ne représentent pas des différences égales des couleurs perçues. Dans l'espace couleur $L^*a^*b^*$, L^* indique la clarté tandis que a^* et b^* sont les coordonnées de chromaticité (a^* et b^* indiquent le sens des couleurs: $+a^*$ va vers le rouge, $-a^*$ vers le vert, $+b^*$ va vers le jaune, $-b^*$ vers le bleu).

Une autre variante mise au point par Hunter, l'espace couleur Hunter Lab, est également largement utilisée.

Toute une série de colorimètres exploitant ces principes sont actuellement commercialisés afin de répondre aux demandes des industrielles. Ces appareils comportent généralement une source lumineuse incorporée ainsi qu'un jeu de photocellules filtrées pour correspondre aux fonctions de l'observateur standard.

4.3 L'évaluation instrumentale de l'odeur

Si le nez humain peut se montrer d'une très haute performance et d'une grande sensibilité, son utilisation pour le contrôle de routine reste difficile à mettre en œuvre. Dans ce contexte, des méthodes instrumentales peuvent constituer une alternative moins coûteuse et plus rapide pour l'évaluation de l'odeur des produits alimentaires.

Quatre caractéristiques des composés volatils responsables de l'odeur et de l'arôme rendent leur étude instrumentale délicate:

- Sauf cas exceptionnel, ils sont très nombreux, en général une ou plusieurs centaines, le millier dans le cas des aliments torréfiés comme le café ou le cacao;
- Ils appartiennent à toutes les classes chimiques possibles, hydrocarbures, acides, alcools, hétérocycles, ... ;
- Ils sont à des concentrations faibles, de l'ordre de quelques microgrammes voir nanogrammes par kilogramme;
- Enfin, ils peuvent être sensibles à l'oxygène ou à la chaleur.

4.3.1 Les analyses chimiques

Comme dans toute analyse chimique, l'analyse instrumentale de l'arôme comprend trois étapes: l'extraction de l'arôme, la séparation des différents constituants de l'extrait et l'identification de chacun de ces constituants.

L'extraction: cette étape est certainement la plus délicate à mettre en œuvre étant donné la diversité des composés volatils à extraire, et leur concentration dans l'aliment. Les techniques d'extraction sont nombreuses et il n'existe pas de technique idéale s'appliquant à tous les aliments et tous les composés. Le choix sera effectué en fonction de l'aliment à étudier et du résultat attendu.

Les méthodes de prélèvement d'effluves (*headspace* en anglais) sont les plus faciles à mettre en œuvre, les plus rapides et les moins coûteuses. Dans la version statique, la phase gazeuse en équilibre avec l'échantillon placé dans une enceinte fermée est prélevée avec une seringue à gaz et directement analysée par chromatographie en phase gazeuse. Dans la version dynamique, un courant de gaz inerte passant sur, ou traversant, l'échantillon permet de prélever une plus grande quantité de composés. Ces derniers sont soit condensés par refroidissement à très basse température, soit piégés sur un adsorbant, avant d'être injectés sur la colonne de chromatographie.

Contrairement aux techniques d'analyse des effluves, la distillation permet d'isoler de plus grandes quantités de composés, mais elle nécessite un matériel plus coûteux et une mise en œuvre plus longue.

Un troisième type d'extraction très courant en chimie utilise les propriétés d'extraction des solvants organiques vis-à-vis des molécules apolaires dont font souvent partie les molécules responsables d'arômes. Cette méthode ne peut s'appliquer à des aliments contenant des lipides, mais s'adapte bien aux boissons alcoolisées ou non.

Une technique beaucoup plus récente, la SPME (*Solid Phase Micro Extraction*) utilise aussi le caractère souvent apolaire des composés responsables d'arômes. Son principe consiste à absorber ces composés dans une phase apolaire déposée sur une fibre de silice. L'appareil est très simple, il s'agit d'une seringue dont le piston est constitué d'une fibre de silice

recouverte de phase. Lorsque le piston est poussé, la phase sort de l'aiguille et entre en contact avec la phase gazeuse au-dessus de l'aliment ou liquide alimentaire lui-même. Une fois la répartition des composés en équilibre entre le milieu à extraire et la phase, le piston est rétracté. L'aiguille de la seringue est introduite dans l'injecteur du chromatogramme, et le piston est repoussé de façon à désorber les composés par la chaleur.

La séparation et l'identification: autant l'extraction de l'arôme demande des techniques spécifiques, autant le fractionnement d'un extrait aromatique est devenu désormais aisé grâce aux développements de la chromatographie en phase gazeuse.

L'étape d'identification des molécules est fortement liée à l'étape de séparation. Le couplage chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse permet d'identifier directement les composés élués de la colonne et il n'est plus nécessaire d'isoler le composé pour l'identifier.

L'olfactométrie se situe à l'interface de l'analyse instrumentale et de l'analyse sensorielle. Cette technique consiste à évaluer l'odeur des composés dès leur sortie de la colonne chromatographique. Généralement, l'effluent de la colonne est divisé en deux parties: l'une est dirigée vers le détecteur en vue d'obtenir un chromatogramme (le détecteur le plus courant reste le détecteur à ionisation de flamme à cause de sa large gamme de linéarité et de son universalité), l'autre traverse la paroi du four en passant par un tube chauffé pour éviter les condensations. Le juge place son nez à l'extrémité de ce tube et détecte les composés odorants au fur et à mesure de leur élution, ce qui permet d'établir un aromagramme. La comparaison du chromatogramme et de l'aromagramme permet de repérer les composés clés de l'arôme d'un produit.

4.3.2 Les nez électroniques

Le concept d'un système intelligent basé sur un réseau de capteurs chimiques pour la classification des odeurs a été introduit en 1982 par Persaud et Dodd (*Warwick University*). Au début des années 1990, les termes de "nez artificiel" et "nez électronique" sont utilisés pour désigner un tel système. Dans la foulée, les premiers appareils apparaissent sur le marché.

Un nez électronique est de nos jours défini comme un instrument constitué d'un réseau de capteurs chimiques à spécificité partielle et d'un système de reconnaissance de formes, capable de reconnaître des odeurs simples ou complexes. Pour le grand public, mais également pour les industriels, le nez électronique est une boîte noire dans laquelle on introduit un échantillon, et qui en échange fournit un résultat. En réalité, l'instrumentation comprend 4 parties:

- le système d'introduction de l'échantillon (pompe, débitmètre, unité de concentration),
- la chambre des capteurs (réseau de capteurs),
- les éléments électroniques (conversion signal chimique/électronique, amplification, conditionnement, multiplexage, conversion A/DI, alimentation),
- le système central (processeur, mémoire, logiciels de traitement des données, affichage).

Les principaux types de capteurs connus pour la détection de gaz et de composés volatiles sont les semi-conducteurs dopés, les polymères conducteurs, les cristaux à onde acoustique de

volume, les résonateurs à onde acoustique de surface. D'autres types de capteurs sont utilisés de manière marginale, ou sont en cours de développement. Les qualités attendues d'un capteur idéal sont une haute sensibilité aux composés chimiques, une faible sensibilité à l'humidité et à la température, une haute stabilité, une bonne reproductibilité, un temps de réponse court, un calibrage aisé, une bonne robustesse, un bas prix, ...

Les applications des nez électroniques en agro-alimentaire sont nombreuses. Elles touchent notamment la caractérisation des produits carnés, des céréales, des boissons alcoolisées ou non, certains fruits et légumes, du café, ...

4.4 Les méthodes instrumentales d'analyse de la texture

4.4.1 La perception sensorielle de la texture

La texture est l'ensemble des propriétés rhéologiques et de structure (géométrique et de surface) d'un produit alimentaire, perceptible par les mécano-récepteurs, les récepteurs tactiles et, éventuellement, par les récepteurs visuels et auditifs (définition AFNOR).

Au cours d'une dégustation, la texture est appréciée en trois phases:

- La phase d'attente: rien qu'à la vue et, dans certains cas, à la prise en main de l'aliment, le dégustateur manifesterait une certaine attente vis-à-vis de sa texture;
- La mastication: cette étape va entraîner la dégradation mécanique de l'aliment, le transformant en un bol alimentaire dont la texture va permettre une déglutition plus aisée. La mastication est partiellement volontaire, partiellement réflexe: le mouvement continu des mâchoires est commandé par la pression sur les mécano-récepteurs des joues, des gencives et de la langue. Ce sont les mêmes récepteurs qui permettent d'identifier les propriétés mécaniques et rhéologiques du produit.
- La déglutition: cette phase correspond à un mécanisme complexe permettant le passage du bol alimentaire de la bouche à l'estomac. Elle fait intervenir l'activité synchronisée de la langue, du palais mou, du pharynx, de l'œsophage et de plus de 22 groupes de muscles différents.

4.4.2 L'analyse instrumentale de la texture

On peut distinguer trois grandes catégories de mesures instrumentales de la texture correspondant à des objectifs différents:

- les mesures comparatives pour comparer des produits entre eux ou par rapport à des produits de référence,
- les mesures imitatives pour quantifier objectivement une propriété d'usage ou de texture,
- les mesures fondamentales, du domaine de la rhéologie, pour comprendre les mécanismes de formation de la texture dans les systèmes alimentaires.

Les mesures comparatives et imitatives sont des mesures empiriques qui permettent de caractériser les produits de manière relative. Elles dépendent des appareils et des conditions opératoires et peuvent être exprimées en unités arbitraires ou physiques (force de rupture par exemple).

Les tests comparatifs peuvent être effectués à l'aide d'appareils très simples (viscosimètres Brookfield, viscosimètres à chute de bille, pénétromètre, ...) ou plus performants (analyseurs de texture).

Les analyseurs de texture comme par exemple le TAXT2 de Stable Micro Systems, mesurent des forces, des déplacements ou des vitesses pour un échantillon soumis à un effort de compression ou de traction contrôlé.

Les mesures imitatives sont obtenues par des dispositifs qui essaient de reproduire un acte sensoriel comme la mastication par exemple (test TPA de la *General Foods* notamment). Ce sont également des mesures comparatives mais facilement corrélables aux appréciations sensorielles. On peut citer comme autres exemples de tests imitatifs, les tests de tranchage, ou les tests concernant des propriétés d'usage comme la facilité de pelage d'opercules de pots de yaourt. Ces tests mesurent des grandeurs physiques qui sont fortement corrélées à certains paramètres sensoriels et l'expérience acquise dans ces corrélations est l'un des arguments forts des analyseurs de texture.

Les mesures fondamentales sont souvent basées sur la caractérisation de comportements rhéologiques plus complexes: rhéofluidification, thixotropie, seuil d'écoulement et viscoélasticité. Elles concernent davantage les aliments fluides ou les liquides épaissis.

5. EVALUATION SENSORIELLE DES PRODUITS LAITIERS PAR COTATION

5.1 Introduction

Un groupe d'experts de la Fédération Internationale de Laiterie (FIL) a élaboré une norme pour l'évaluation sensorielle des produits laitiers (Norme FIL Internationale 99C:1997). Le document proposé se compose de plusieurs parties:

- une méthode générale recommandée pour l'évaluation sensorielle des produits laitiers,
- les méthodes spécifiquement recommandées pour l'évaluation sensorielle du beurre, du lait en poudre, du fromage, du lait de consommation, de la crème, des produits à base de lait fermenté, de la crème glacée.

5.2 Méthode générale pour l'évaluation sensorielle des produits laitiers

5.2.1 Objet

L'objet de cette méthode générale est de fournir des directives sur la cotation et l'utilisation d'une nomenclature terminologique commune exclusivement sur base d'une évaluation sensorielle, pour la classification des produits laitiers en termes de qualité.

La méthode est principalement conçue pour servir de méthode de référence dans le cadre de contrôle de conformité aux spécifications des produits sur le plan des propriétés sensorielles et au besoin pour servir en partie dans les systèmes de classification des produits pour le commerce national et international.

Remarques: la méthode générale doit être utilisée conjointement avec la méthode recommandée pour l'évaluation sensorielle spécifique à chaque produit.

Les systèmes de classification ne sont pas du ressort de cette norme internationale.

Cette norme ne couvre pas l'évaluation du conditionnement et de l'étiquetage.

5.2.2 Recommandations générales

La partie générale de la norme s'appuie sur une série de références normatives (normes ISO) dont la liste est reprise en Annexe I. Elle reprend les notions élémentaires indispensables au bon déroulement des séances d'analyse sensorielle (quelques définitions, les différentes consignes concernant la salle d'essai, le jury d'experts, etc.) telles que nous les avons décrites précédemment (voir point 3.).

Seules quelques recommandations sont purement spécifiques à cette norme qui porte sur les produits laitiers:

- Prélèvement des échantillons: les échantillons doivent être prélevés selon les besoins pour chaque produit conformément aux directives pour l'échantillonnage des produits laitiers (Norme FIL 50C:1995).
- Exigences envers le panel: le nombre de sujets de produits laitiers dans le panel doit être impair, le nombre minimum étant de trois.
- Evaluation: les membres du panel doivent évaluer séparément l'apparence, la consistance et la flaveur (sensations olfactives, gustatives et trigéminales au moment où l'on goûte le produit). Pour la notation de chacun de ces trois attributs, la magnitude de la déviation est donnée par une échelle à six points numérotés de 0 à 5 (voir Annexe II). A partir du moment où un sujet accorde à un attribut une déviation notable par rapport à la spécification sensorielle préétablie, il est invité à fournir une description de la déviation. Pour ce faire, il doit utiliser la nomenclature terminologique qui a été dressée séparément pour chaque produit ou groupe de produits.

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

P. Mac Leod, F. Sauvageot. 1986. Bases neurophysiologiques de l'évaluation sensorielle des produits alimentaires. *Cahiers ENS.BANA*, **5**, 3-165.

G. Jellinek. 1985. Sensory evaluation of food - Theory and practice. I.D. Morton (eds.). *Ellis Horwood Series in Food Science and Technology, Chichester (England)*.

CNERNA-CNRS. 1992. Plaisir & préférences alimentaires. I. Giachetti (coordonnateur). *Polytechnica, Paris (France)*.

SSHA. 1990. Evaluation sensorielle - Manuel méthodologique. *Technique & Documentation, Lavoisier, Paris (France)*.

AFNOR. 1991. Contrôle de la qualité des produits alimentaires - Analyse sensorielle. *AFNOR - Tour Europe, Paris La Défense (France)*, 4^{ème} édition.

D. Langlois. 1999. L'analyse instrumentale de l'arôme des aliments. *OCL*, **6(4)**, 325-329.

Norme FIL Internationale 99C. 1997. Evaluation sensorielle des produits laitiers par cotation - Méthode de référence. *FIL, Bruxelles (Belgique)*.

F. Bérodiér, P. Lavanchy, M. Zannoni, J. Casals, L. Herrero, C. Adamo. 1997. Guide d'évaluation olfacto-gustative des fromages à pâte dure et semi-dure. *Lebens.-Wiss. u.-Technol.*, **30**, 653-665.



ANNEXE I.

Références normatives	Normes AFNOR correspondantes
Norme FIL 50C:1995 Lait et produits laitiers - Directives pour l'échantillonnage	
ISO 5492:1992 Analyse sensorielle - Vocabulaire	NF V 00150
ISO 4121:1987 Analyse sensorielle - Méthodologie - Evaluation de produits alimentaires par des méthodes utilisant des échelles	NF V09-015
ISO 6658:1985 Analyse sensorielle - Méthodologie - Directives générales	NF V09-001
ISO 8589:1988 Analyse sensorielle - Directives générales pour la conception des salles d'essais	NF V09-105
ISO 8586-1:1993 Analyse sensorielle - Directives générales pour la sélection, la formation et le contrôle des évaluateurs - Partie 1 : Évaluateurs sélectionnés	NF V09 -003
ISO 8586-2:1994 Analyse sensorielle - Directives générales pour la sélection, la formation et le contrôle des évaluateurs-Partie 2 :Experts	NF V09-003
ISO 5496 :1992 Analyse sensorielle - Méthodologie - Initiation et formation d'évaluateurs à la détection et à la reconnaissance d'odeurs	3 NF V09-006
Norme FIL 136A :1992 Lait et produits laitiers - Echantillonnage – Inspection par variables	

ANNEXE II.

Echelle de la magnitude de la déviation

Points

- | | |
|----------|---|
| 5 | <i>conformité à la spécification sensorielle préétablie</i> |
| 4 | <i>déviatiion minime par rapport à la spécification sensorielle préétablie</i> |
| 3 | <i>déviatiion notable par rapport à la spécification sensorielle préétablie</i> |
| 2 | <i>déviatiion considérable par rapport à la spécification sensorielle préétablie</i> |
| 1 | <i>déviatiion très considérable par rapport à la spécification sensorielle préétablie</i> |
| 0 | <i>impropre à la consommation humaine</i> |



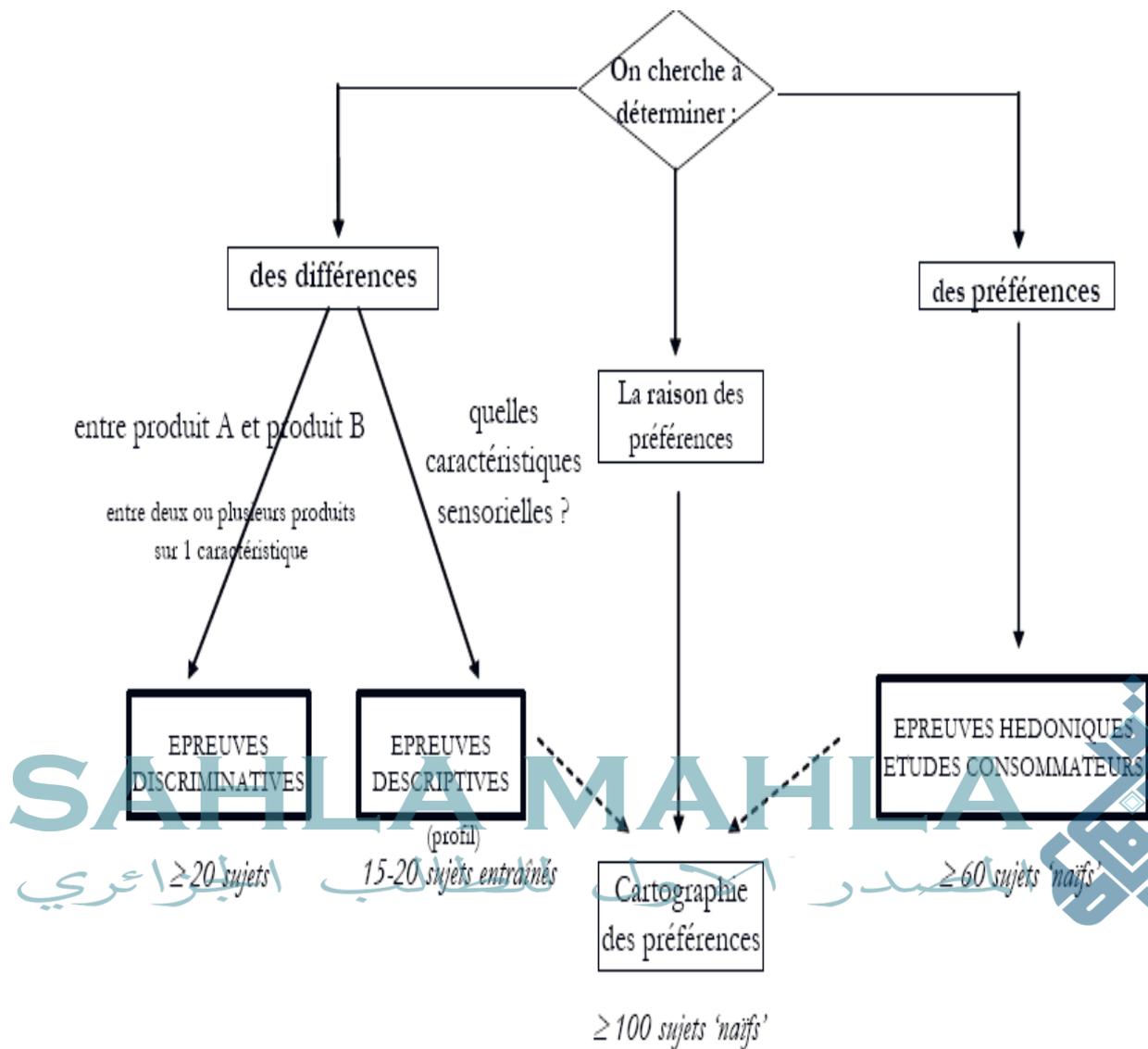


Schéma 1 : Les principales approches de l'évaluation sensorielle