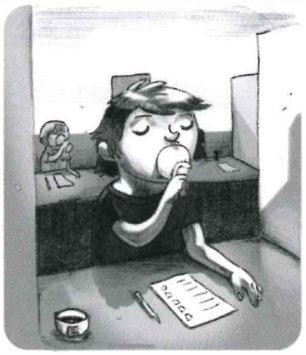
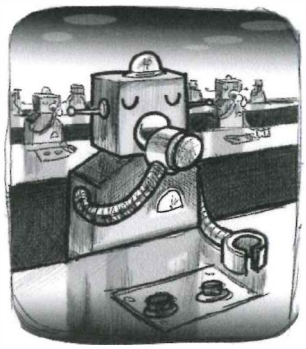
PERSYST
UMR Qualisud
Laboratoire d'analyse sensorielle

Angelo Jacquet
Téléphone : 0658161862
Messagerie : angelo.jacquet@gmail.com

ANALYSE SENSORIELLE : APPROCHE METHODOLOGIQUE POUR L'EVALUATION DES PERFORMANCES D'UN PANEL D'ANALYSE SENSORIELLE SUR LE CAFE

Rapport de stage : Master 2 Mention Biologie Santé Spécialité Pharmacie industrielle Parcours Qualimétrie en analyse et contrôle des produits de santé





Sous la tutelle de Fabienne Ribeyre et encadré par Laurent Berthiot

Département PERSYST, UMR Qualisud, laboratoire d'analyse sensorielle

Angelo Jacquet **Avril-Septembre** **2009**

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Fabienne Ribeyre et Laurent Berthiot de m'avoir accueilli au sein du laboratoire d'analyse sensorielle et de m'avoir permis d'effectuer mon stage dans les meilleures conditions possibles. Je les remercie surtout pour la confiance qu'ils m'ont accordée dans tout ce que j'ai entrepris au cours de ce stage.

Je remercie évidement toutes les personnes de l'équipe café et les qualiticiens pour le temps qu'ils m'ont accordé et les conseils qu'ils ont pu me donner, toujours avec bonne humeur.

Un grand merci pour la confiance et l'aide accordée concernant la rédaction de mon premier article scientifique.

Je remercie le CIRAD d'avoir embauché autant de stagiaires, pour tous les bons moments passés en leur compagnie.

Un remerciement particulier à Chloé, Sadak, Aly et Claire, à tous les thésards, techniciens et chercheurs que j'ai appris à connaître.

RESUME

En accord avec la politique qualité du CIRAD, une politique qualité a été élaborée par le laboratoire d'analyse sensorielle de l'UMR Qualisud. Celui-ci a décidé de mettre en place un Système de Management de la Qualité selon la norme ISO 17025, pour les prestations d'analyses sensorielles descriptives sur cafés torréfiés.

A travers cette démarche, le laboratoire souhaite, par la mise en œuvre de bonnes pratiques professionnelles, garantir l'aptitude du panel, la conformité des échantillons et le respect des délais d'analyse.

Durant mon stage, ma mission a été de garantir l'aptitude du panel. L'objectif principal de mon travail est d'améliorer la procédure de qualification et d'entraînement du jury, de mettre en place un système de validation du jury. Préliminairement, afin de prouver que les bonnes pratiques de laboratoire sont respectées, j'ai été chargé de la finition de l'aspect métrologie (vérification machines et étalons).

Ainsi durant le stage l'aspect métrologique et les procédures d'entraînements ont été finalisés ; la procédure de qualification du jury à été rédigée et appliquée ce qui a permis de cibler les performances à améliorer. De plus la méthodologie élaborée durant le stage a fait l'objet d'un article scientifique.

Plan

1 Introduction 5
1.1 Présentation de l'établissement d'accueil 5
1.2 Présentation de l'unité mixte de recherche QUALISUD 7
1.3 Le laboratoire d'analyse sensorielle 8
1.4 Introduction générale à l'évaluation du panel et des panelistes 10
2 Problématique 12
3 Points critiques 13
4 Critères de performance 14
5 Maîtrise des bonnes pratiques de laboratoire 16
5.1 Démarche métrologique 16
5.2 Entraînement 19
6 Mise en place de la procédure de qualification du jury 20
6.1 Généralités - Domaine d'application 20
6.2 Eléments de maîtrise 20
6.3 Protocole 21
6.4 Conditions de dégustation 21
6.5 Choix des descripteurs utilisés 22
6.6 Calcul de la répétabilité et reproductibilité du panel et des panélistes 23
6.7 Contrôle de l'aptitude à discriminer 25
6.8 Homogénéité du panel 25
7 Fichier de calcul automatisé 25
7.1 Entrée des données 25
7.2 Calculs 28
7.3 Résultats 29
8 Application : évaluation d'un panel « café » 30
8.1 Corps 33
8.2 Acide, amer et intensité odeur. 33
8.3 Astringence 33
8.4 Vert 34
8.5 Puant 34
8.6 Discussion 35
8.7 Perspectives 35
9 Conclusion 36
10 Références 37

1 Introduction

Durant mon stage, j'ai participé à la démarche qualité du laboratoire d'analyse sensorielle du CIRAD qui vise l'accréditation fin 2009. Le champ d'application concerne les activités de prestations d'analyses pour les cafés torréfiés.

Le CIRAD possède un laboratoire d'analyse sensorielle. Un jury interne spécialisé décrit les caractéristiques de cafés pour des sociétés de distribution (suivi de qualité), des industriels, des chercheurs ou des pays producteurs.

L'analyse sensorielle du café est un outil très utilisé dans la filière, des producteurs aux torréfacteurs. La dégustation est devenue une méthode scientifique qui fournit une image sensorielle d'un produit. L'évaluation sensorielle met en œuvre des techniques qui utilisent les sens humains (audition, goût, olfaction, somesthésie, vision) pour mesurer la qualité sensorielle ou la qualité hédonique d'un produit. A l'heure où le maître mot est différenciation, cette technique est un outil capital d'aide à la décision pour apprécier l'adéquation des produits au marché et leur situation au sein de la concurrence.

De plus, l'être humain est le seul instrument de mesure capable de prendre en compte plusieurs caractéristiques du produit à la fois, de transmettre des informations multidimensionnelles ainsi que de communiquer verbalement des appréciations. Cette sollicitation de sujets humains, qui a longtemps laissé planer sur cette technique un doute de crédibilité, est reconnue aujourd'hui grâce aux progrès accomplis en terme de méthodologie ou des protocoles d'étude rigoureux, des panels correctement sélectionnés et entrainés limitant la subjectivité et la variabilité des réponses et permettant d'obtenir des résultats fiables.

La performance de l'analyse sensorielle pour l'ensemble des acteurs d'une filière sera d'autant plus élevée qu'un dispositif de normalisation permettra d'élaborer des outils méthodologiques consensuels et actualisés.

1.1 Présentation de l'établissement d'accueil

Le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) est l'institut français de recherche agronomique au service du développement des pays du Sud et de l'outre-mer français.

Depuis 1984, le CIRAD à un statut d'Établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), sous la tutelle de deux ministères français : la recherche et la coopération.

Le CIRAD a choisi le développement durable comme ligne de force de son action à travers le monde. Cette démarche prend en compte les conséquences écologiques, économiques et sociales, à long terme, des processus de transformation des sociétés et des territoires du Sud.

Le CIRAD intervient par des recherches et expérimentations, des actions de formation, d'information et d'innovation, et des expertises. Ses compétences relèvent des sciences du vivant, des sciences humaines et des sciences de l'ingénieur, appliquées à l'agriculture et l'alimentation, à la gestion des ressources naturelles et aux sociétés.

Depuis 1984, le CIRAD à un statut d'Établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), sous la tutelle de deux ministères français : la recherche et la coopération.

1. Organisation

Le CIRAD comprend 56 unités de recherche réparties dans trois départements scientifiques, correspondant à un effectif de 1820 personnes. Ces 3 départements sont répartis comme suit :

- Systèmes biologiques
- **Performance des systèmes de production et de transformation tropicaux (PERSYST)**
- Environnements et sociétés

2. Missions

La mission première du CIRAD est de « contribuer au développement rural des régions chaudes, par des recherches et des réalisations expérimentales, principalement dans les secteurs agricoles, forestiers et agroalimentaires », et également d'assurer la formation par la recherche et la diffusion de l'information scientifique et technique au profit du développement.

Il lui est aussi demandé de mettre son intelligence collective au service des politiques publiques en matière de recherche pour le développement, au Sud comme au Nord.

3. Le CIRAD dans le monde et ses partenaires

Organisme de recherche finalisée au service des pays du Sud, le CIRAD intervient dans plus de 50 pays différents. Tout au long de son histoire, il a noué et entretenu des liens étroits avec les sociétés humaines, les lieux de production agricole, animale et forestière, les milieux physiques et biologiques des pays tropicaux et subtropicaux. La majorité des recherches menées par le CIRAD se fait en partenariat. Les programmes que les

chercheurs conduisent au sein de ce partenariat sont conçus et réalisés en commun. Les partenaires du CIRAD sont nombreux et variés : pouvoirs publics, instituts de recherche, universités, entreprises du secteur agro-industriel, organisations non gouvernementales.

4. Le département PERSYST

Le département Performances des systèmes de production et de transformation tropicaux s'intéresse aux processus biologiques en interaction avec les conditions environnementales et les interventions techniques.

Ses recherches sont réalisées à l'échelle de la parcelle, du troupeau, de l'exploitation agricole ou du produit tout au long de sa filière de transformation. Elles concernent les relations entre le génotype, l'environnement et le système technique. Ses études s'appuient sur les concepts et les outils de l'agronomie et de la zootechnie, de l'analyse des systèmes, de l'aide à la décision, de l'écologie fonctionnelle et de l'ingénierie des procédés. Elles débouchent sur la conception, l'évaluation et la mise en œuvre de systèmes agricoles, sylvicoles et pastoraux et de procédés de transformation des produits, sur l'étude de l'impact environnemental des pratiques agricoles et sur l'analyse de l'élaboration de la qualité au sein d'une filière.

1.2 Présentation de l'unité mixte de recherche QUALISUD

L'UMR QUALISUD a été créée le 1er janvier 2007. Cette Unité Mixte de Recherche regroupe des chercheurs du CIRAD, des Universités Montpellier 1 et 2, et de Sup Agro.

1. Equipes

73 Chercheurs dont 15 habilités à diriger les recherches, 6 enseignants chercheurs, 30 Techniciens, 6 Assistantes et 50 doctorants.

Equipe 1 : Déterminants de la qualité organoleptique et nutritionnelle des produits frais et des produits transformés. **Animateurs** : Ziya GUNATA - Emile CROS

Équipe 2 : Typicité, préservation et contrôle de la qualité des produits végétaux. Animateurs : Marie-Noëlle DUCAMP - Philippe BASTIDE

Équipe 3 : Procédés de stabilisation et de transformation. **Animateurs** : Manuel DORNIER - Dominique PALLET

Équipe 4 : Maîtrise des contaminants de la chaîne alimentaire. **Animateurs** : Didier MONTET - Sabine GALINDO

2. Thèmes et projets de recherche

La qualité de l'alimentation, dans ses différentes composantes (sanitaire, nutritionnelle et hédonique), est au cœur des préoccupations aussi bien des consommateurs que des industriels de l'agroalimentaire et des professionnels de santé. Pour répondre à ces enjeux et mieux positionner tous les opérateurs des filières, y compris les producteurs, il faut adapter les produits frais et transformés aux demandes des marchés et des consommateurs. En ce qui concerne les problèmes spécifiques des pays du Sud, la structure du tissu agro-alimentaire fait apparaître un très grand nombre de petites, voire très petites entreprises qui connaissent de nombreuses contraintes pour commercialiser leurs produits. Au niveau des consommateurs, et quelle que soit la zone géographique, les aliments doivent être accessibles, à des prix abordables, ce qui se traduit par des améliorations des conditions de conservation pour assurer des approvisionnements stables et de qualité optimale dès la récolte. L'acceptabilité répond aussi à des notions d'aliments santé et plaisir, et de satisfaction qualitative.

Dans ce contexte, complexe dans ses multiples aspects, seule une approche pluridisciplinaire associant de manière étroite connaissance des produits et impact des procédés sur la qualité permet de proposer des procédés innovants à même de mieux valoriser les productions agricoles locales. C'est dans ce but que l'UMR rassemblera dans une même structure des compétences en chimie et biochimie alimentaires, en microbiologie, en génie des procédés et des équipements. Se basant donc sur deux axes principaux pour leur recherche :

- Identification des déterminants de la qualité
- Préservation et élaboration de la qualité par la maîtrise des procédés

1.3 Le laboratoire d'analyse sensorielle.

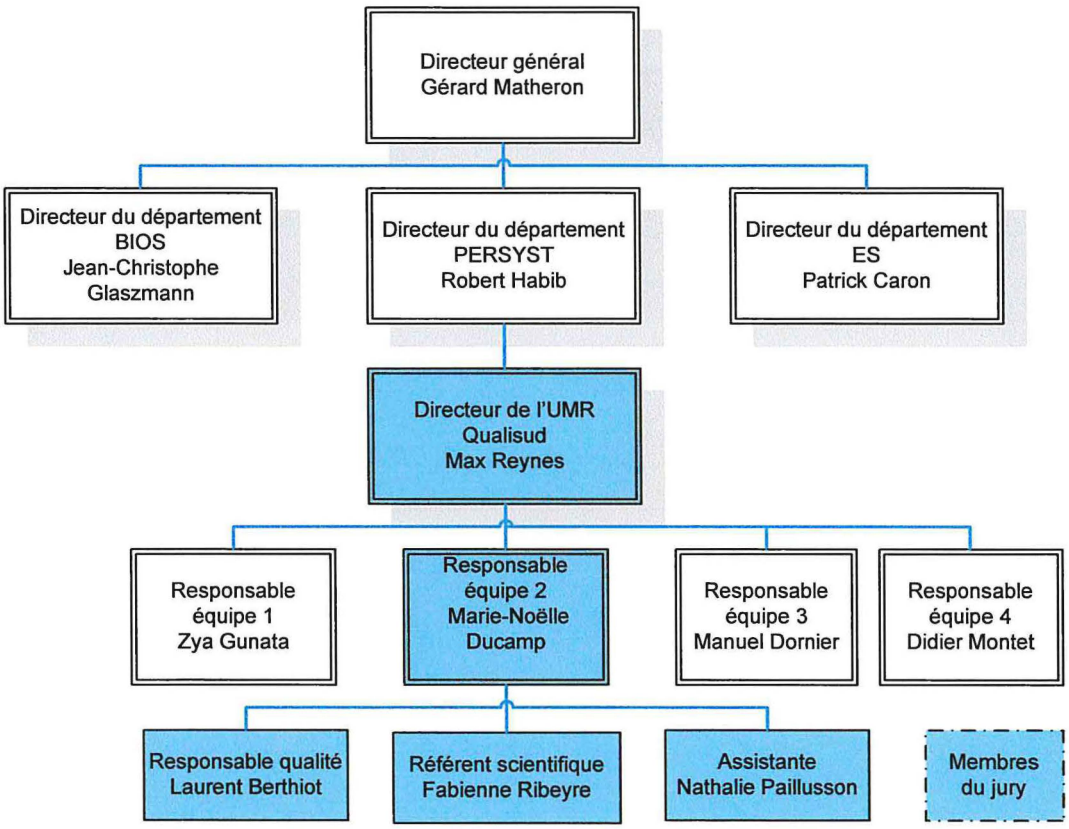
Le laboratoire d'analyse sensorielle est un laboratoire de l'UMR Qualisud qui est rattaché au département PERSYST du CIRAD. Il fonctionne comme une plateforme accessible à tous les chercheurs. Il y est réalisé essentiellement des profils descriptifs. Les aliments étudiés sont décrits objectivement grâce à des dégustateurs entraînés (panélistes). La plateforme accueille des tests sensoriels sur des produits très variés : les fruits (mangue, physalis, vanille...), le café, le cacao, le riz, les poissons et fruits de mer. La plateforme est un lieu de formation en relation avec l'Université. Au sein du laboratoire il est réalisé des expertises pour les industriels et surtout de nombreux projets de recherche y sont réalisés.

Plusieurs actions de recherche et de développement sont menées, en partenariat avec les acteurs des filières et les opérateurs économiques.

- Définition de terroirs café (Bali Minagri, République dominicaine PROCA2, Côte d'Ivoire OIAC, La Réunion).

- Détermination des facteurs influençant les caractéristiques organoleptiques (Cacao CFC/ICCO/Bioversity, Café Laos PAB, Arômes du riz ONIC).
- Relation entre les caractéristiques sensorielles et les caractéristiques physico-chimiques (texture du riz, arômes du café et du cacao, mangue).
- Appui méthodologique au montage et à la gestion de laboratoires d'analyse sensorielle (Démarche qualité en République dominicaine, Ethiopie)
- Influence de nouveaux processus technologiques (Moules, poissons fumés, jus de fruits).

1. Organigramme du laboratoire d'analyse sensorielle



2. La politique qualité du laboratoire d'analyse sensorielle

En accord avec la politique qualité du CIRAD, une politique qualité a été élaborée par le laboratoire d'analyse sensorielle de l'UMR Qualisud. Celui ci a décidé de mettre en place un Système de Management de la Qualité selon la norme ISO 17025 version 2005.

A travers cette démarche, le laboratoire souhaite, par la mise en œuvre de bonnes pratiques professionnelles, garantir la qualité des essais qu'il réalise.

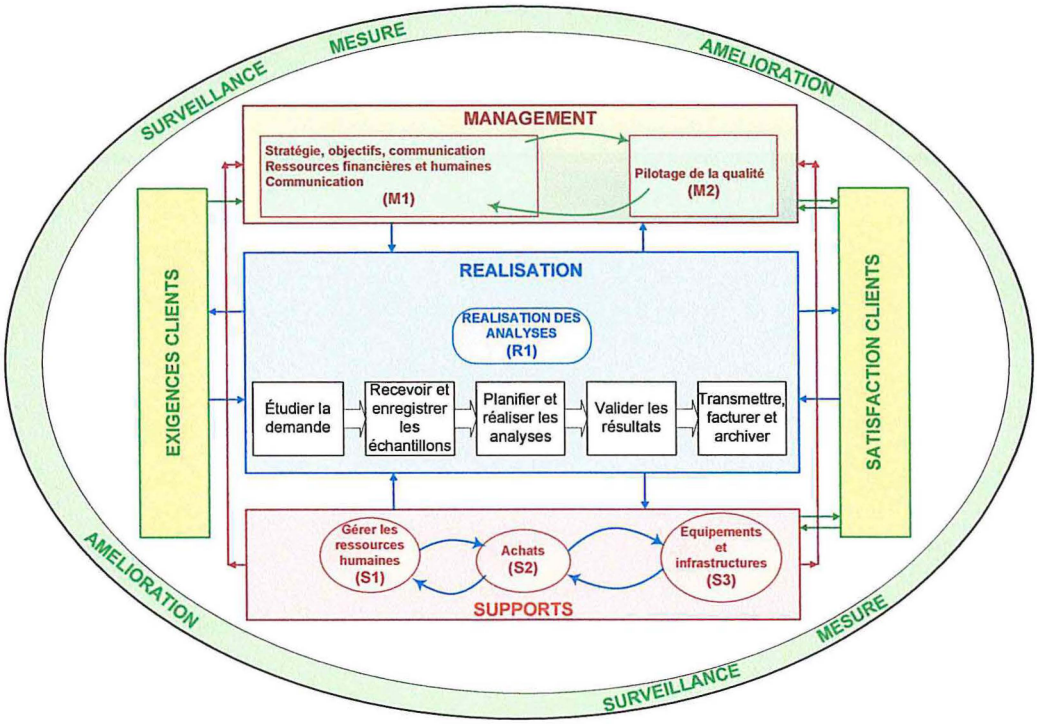
Cela passe par :

- La garantie de l'aptitude du panel,
- La conformité des échantillons,

- Le respect des délais d'analyse.

Le domaine d'application du SMQ concerne les activités de prestations d'analyses pour les cafés torréfiés.

3. Cartographie générale des processus



1.4 Introduction générale à l'évaluation du panel et des panelistes

Durant mon stage, on m'a confié l'élaboration d'une méthode simple et accessible pour évaluer les performances d'un panel réalisant des tests sensoriels descriptifs sur le café. Cette méthode doit répondre aux exigences du Système de Management de la Qualité (SMQ) mis en place dans le laboratoire d'analyse sensorielle (LAS).

La notion de qualité du café est variable selon l'interlocuteur dans la filière. L'aspect économique (le prix) est un aspect commun à tous les maillons de la chaîne; mais les caractéristiques organoleptiques prennent une importance croissante en se rapprochant du consommateur (Montagnon and Biggins, 2006).

L'analyse sensorielle descriptive est considérée comme la méthode la plus complète pour obtenir des informations détaillées sur les attributs sensoriels perçus dans des produits alimentaires (Murray et al., 2001). Elle est utilisée comme technique de mesure basée

sur l'utilisation de dégustateurs qualifiés (panelistes). Il est de ce fait très important, pour justifier les travaux réalisés, de fournir des preuves du bon fonctionnement du LAS.

L'utilisation de personnes formées (panélistes ou panel) est équivalente à l'utilisation de tout appareil scientifique pour la mesure de paramètres, qui sont associés à la qualité d'un produit alimentaire. De la même façon que les instruments doivent être étalonnés pour entreprendre la mesure désirée, les panélistes doivent être formés pour mener à bien l'évaluation sensorielle. Ils peuvent alors être utilisés comme un outil d'analyse pour mesurer la caractéristique des produits à évaluer (Feria-Morales, 2002).

La démarche qualité d'un LAS est la base de la validité et de la crédibilité des mesures et des essais. Ainsi, plusieurs normes internationales ont été mises en place ; Il s'agit des lignes directrices générales sur la méthodologie de l'analyse sensorielle(ISO 6658, 2005), ainsi que les directives générales pour la conception de locaux destinés à l'analyse sensorielle de produits (ISO 8589, 2007). Plusieurs normes ont été mises en place pour standardiser les procédures d'entraînement (France ISO 8586-1, 1993) ainsi que les tests sensoriels (France ISO 5495, 2007a; France ISO 4120, 2007b; ISO 10399, 2004). Ces normes décrivent comment sélectionner, former les panélistes et les entrainer pour la discrimination et la description des produits. L'utilisation de ces normes permet la détection et la description des différences sensorielles entre les produits alimentaires. Cependant elles ne permettent pas d'établir et d'évaluer leur qualité ou de définir des procédures de formation d'experts dans des aliments spécifiques (Elortondo et al., 2007).

La maîtrise du matériel d'analyse et des essais fait partie des exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnage et d'essais par la norme ISO 17025 ; norme permettant une accréditation donc une valorisation du laboratoire.

Pour l'évaluation du panel, il existe plusieurs méthodes statistiques complexes (Couronne; Dijksterhuis, 1995; Lea et al., 1995; Martens et al., 2000; Qannari et al., 1998;Bianchi et al., 2009; Derndorfer et al., 2005). Cependant certaines de ces méthodes peuvent être assez complexes et exigent des connaissances importantes dans les statistiques de l'utilisateur, afin d'interpréter correctement les résultats.(Tomic et al., 2007).

Dans le cadre du SMQ du laboratoire, pour répondre aux exigences de la norme internationale ISO 8586-1:1993, les sujets qualifiés doivent être contrôlés régulièrement pour évaluer si un nouvel entrainement est nécessaire (Fig.1.). Pour cela, une méthode rapide, simple, efficace et accessible a été mise au point de manière à cibler les lacunes individuelles ou collectives et à déterminer les domaines de performance du panel qui doivent être améliorés.

Dans cette optique, à partir des méthodes d'analyses existantes, nous avons sélectionné les critères de performance évaluables pour l'analyse descriptive du café :

- la capacité du panel à être répétable et reproductible, dans notre cas la capacité du panel à donner des réponses identiques sur une courte période et une période de temps étendue dans les mêmes conditions

- la capacité du panel à discriminer les produits (rendre compte des différences sensorielles entre les produits lorsqu'elles existent)
- la capacité des panélistes à être homogène (consensus au sein du panel).

La finalité de cette démarche est de conduire à une amélioration continuelle du panel ; le principe d'amélioration continue est effectivement primordial car les performances du panel sont variables dans le temps (Pineau et al., 2007)

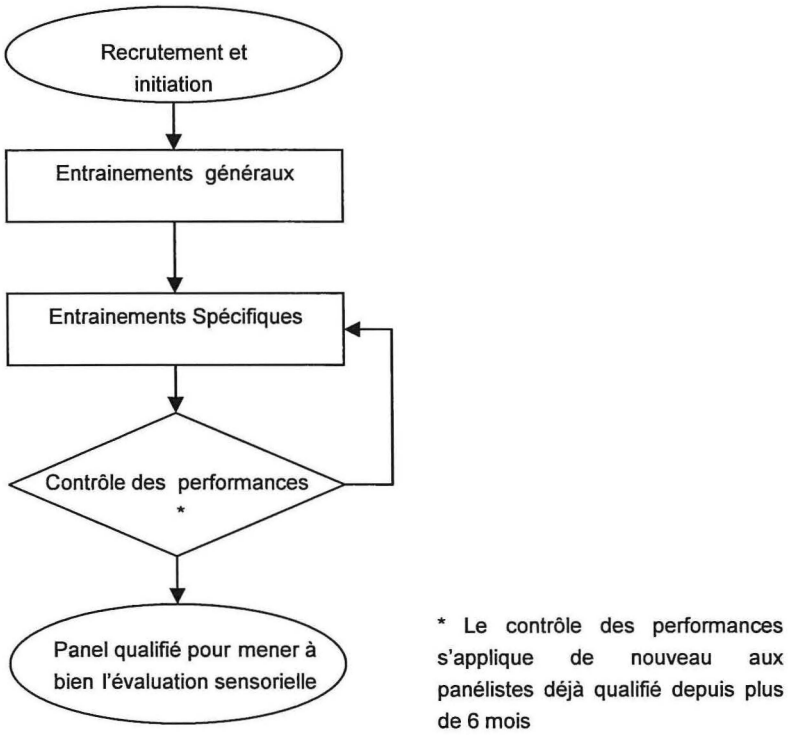


Fig. 1

Logigramme de la procédure d'entrainement et de qualification du panel

2 Problématique

Dans cette démarche qualité, la mission principale est de garantir l'aptitude du panel. Cela consiste principalement à maîtriser l'entraînement et le contrôle du panel. Comme cité précédemment, la norme ISO 8586-1 :1993 : « Guide général pour la sélection, l'entraînement et le contrôle des sujets » décrit l'ensemble des exigences pour l'entraînement et le contrôle du panel, mais renvoie aussi à d'autres normes pour maîtriser les points dits critiques qui pourront influencer la réponse sensorielle des panélistes.

Les exigences décrites dans les normes sont-elles maitrisées ?

La première partie du travail consiste donc à dresser un état des lieux des normes actuelles afin de lister les points critiques et d'évaluer les éléments non maîtrisés.

Ensuite dans un deuxième temps, pour l'entrainement du panel, mon travail consiste à lister les exigences de la norme et vérifier que la procédure actuelle y répond.

Pour l'évaluation du jury aucune procédure n'a été mise en place. Avant sa rédaction, il faut identifier les domaines de performance à évaluer sur le panel, étant donné le manque d'information sur ce sujet apporté par la norme.

Enfin, pour permettre une utilisation de la procédure par une personne ayant des connaissances basique des statistiques, un fichier d'analyse de données à caractère automatisé doit être créé.

3 Points critiques

L'objectif de cette partie est de dresser un état des lieux des facteurs pouvant influencer la réponse sensorielle. D'une façon générale, de nombreuses études ont pu montrer que la réponse liée à l'image sensorielle était affectée par des facteurs temporaires comme le contexte, l'adaptation, l'ordre de présentation des échantillons, ou encore par le nombre d'échantillons présentés et la fatigue sensorielle. Les principaux points critiques se trouvent dans les étapes ou conditions suivantes :

- la préparation des échantillons
- la présentation des échantillons
- les conditions de dégustation
- le respect des bonnes pratiques

Le respect des normes actuelles permet de les maîtriser :

- La norme ISO NF ISO 6668 Août 2008 « Café vert - Préparation des échantillons en vue de l'analyse sensorielle » décrit l'ensemble des exigences sur la préparation du café en vue d'une analyse sensorielle.
- Les lignes directrices générales sur la méthodologie de l'analyse sensorielle (ISO 6658, 2006) et les directives générales pour la conception de locaux destinés à l'analyse sensorielle de produits (ISO 8589, 2008) décrivent les exigences sur les conditions de préparation et de présentation des échantillons

A partir des recommandations des normes citées ci-dessus, j'ai pu me rendre compte que la plupart des exigences étaient maîtrisées dans les procédures déjà mises en place. Les procédures qui ne répondent pas à la totalité des exigences seront par la suite actualisées ou finalisées. De plus, les exigences recueillies dans ces normes me serviront pour la rédaction de la procédure d'évaluation des performances du panel.

Un élément de maîtrise important à toute démarche qualité n'a pas été finalisé, il s'agit de la maitrise des appareillages utilisés dans la préparation des échantillons. Il m'a été demandé de finaliser cette partie (chapitre 4.1 démarche métrologique)

4 Critères de performance

La norme 8586-1 :1993 : « Guide général pour la sélection, l'entraînement et le contrôle des sujets » (partie 1 sujet qualifié) ne décrit pas les domaines de performance à évaluer pour le contrôle du jury.

Problématique : il faut trouver les éléments qui sont évaluables dans le contexte particulier de l'analyse sensorielle.

A partir de recherche bibliographique sur ce sujet et particulièrement en référence à la thèse « Contribution méthodologique à l'analyse sensorielle du vin » de Lucie PERRIN (avril 2008), nous avons pu dresser un état des lieux concernant les critères de performance utilisés dans ce domaine.

Ainsi comme tout outil de mesure, l'analyse sensorielle se doit de refléter au plus juste les propriétés sensorielles des produits étudiés (Lawless et al., 1998). Les qualités d'un instrument de mesure sont sa justesse, son exactitude, sa fidélité et sa sensibilité.

1. La justesse : la concordance entre plusieurs mesures

La justesse d'une mesure est l'étroitesse de l'accord entre le résultat de la mesure et la valeur vraie de la grandeur à mesurer, c'est-à-dire celle qu'on obtiendrait avec une mesure parfaite. Dans la pratique, il s'agit souvent d'établir la correspondance entre les valeurs données par la méthode à valider avec des valeurs obtenues indépendamment par un autre instrument correctement calibré (Lawless et al., 1998). Dans notre cas, il n'existe pas de café de référence. Aucune valeur vraie ne pourrait être attribuée sur un café avant dégustation. La perception sensorielle d'un stimulus donné est différente pour chaque panéliste. Il n'existe donc pas d'intensité « exacte » dans l'absolu. La justesse ne peut être évaluée dans notre cas.

2. La fidélité : la répétabilité et la reproductibilité

La fidélité est l'aptitude à donner, dans des conditions d'utilisation définies, des réponses très voisines lors de l'application du même signal d'entrée. Cette information n'est donc accessible que lorsque des répétitions de mesure sont effectuées. La répétabilité est définie comme étant « l'étroitesse de l'accord entre les résultats successifs obtenus avec la même méthode sur une matière identique soumise à l'essai dans les mêmes conditions (même opérateur, même appareil, même laboratoire et court intervalle de temps)» (ISO 17025, 2005). La répétabilité est un critère important de performance de la méthode

même si la mesure concerne des jugements humains. La répétabilité peut être évaluée au niveau individuel ou au niveau du groupe.

Le second critère de fidélité correspond à la reproductibilité. Elle est définie comme étant « l'étroitesse de l'accord entre les résultats successifs obtenus avec la même méthode sur une matière identique soumise à l'essai en faisant varier les conditions» (ISO 17025, 2005). On parle de reproductibilité lorsque l'on fait varier d'une répétition à l'autre certaines conditions comme le lieu, l'expérimentateur ou l'instrument de mesure lui-même. Dans notre cas, il serait intéressant de faire varier le facteur temporel, c'est-à-dire d'observer si le panel a la capacité de fournir des résultats proches pour un même échantillon sur un long intervalle de temps. On parlera plus précisément de fidélité intermédiaire.

3. L'exactitude : l'accord entre les sujets

L'exactitude est une combinaison de la justesse et de la fidélité de la mesure. Elle qualifie un instrument qui donne des indications individuelles très voisines de la valeur à mesurer. On cherche à diminuer l'erreur observée entre la valeur et la valeur mesurée, et à limiter les variations dans la mesure, notamment en contrôlant les conditions expérimentales. Par ailleurs, afin de compenser le manque d'exactitude, il est important de réaliser plusieurs mesures : en analyse sensorielle, les mesures sont toujours effectuées par plusieurs juges.

Le niveau d'accord entre les juges peut être évalué pour connaître la variabilité autour de la mesure.

L'accord correspond au degré de ressemblance qui existe entre les notations des sujets pour différents produits. Deux sujets sont d'autant plus en accord que leurs écarts entre produits sont similaires. Cependant, le niveau moyen de notation (sur tous les produits) propre à chaque panéliste et l'étalement des notes sur l'échelle ne doivent pas être considérés comme des sources de désaccord.

4. La sensibilité : le pouvoir discriminant

Le dernier critère permettant d'évaluer la fiabilité du panel est sa sensibilité, c'est-à-dire sa capacité à détecter les variations du signal d'entrée. En analyse sensorielle, la sensibilité est appelée « pouvoir discriminant » et elle correspond à la capacité de la méthode à différencier les produits évalués lorsque des différences existent. Mais attention : la notion de discrimination est reliée à la répétabilité puisqu'il est d'autant plus difficile d'être discriminant que le niveau de répétabilité est faible. Mais il est également possible qu'un sujet moins répétable qu'un autre soit pourtant plus discriminant.

5. Choix des critères de performance

Ainsi, le panel (l'ensemble des panélistes) sera évalué sur ses aptitudes à :

- être répétable (fidélité)
- être reproductible (fidélité)
- discriminer les produits (sensibilité)
- être homogène (exactitude)

5 Maîtrise des bonnes pratiques de laboratoire

Avant de pouvoir évaluer le panel sur ses performances, il est nécessaire de maîtriser l'aptitude à l'emploi des équipements pouvant avoir une influence sur la qualité des résultats d'analyse. Aucune démarche qualité ne peut être crédible sans maîtrise des équipements de mesure. On peut alors distinguer deux éléments critiques : les locaux destinés à l'analyse sensorielle et le matériel de préparation des échantillons.

5.1 Démarche métrologique

Les locaux destinés à l'analyse sensorielle de produits ont été jugés conformes à la norme ISO 8589 :2008, lors d'un audit interne.

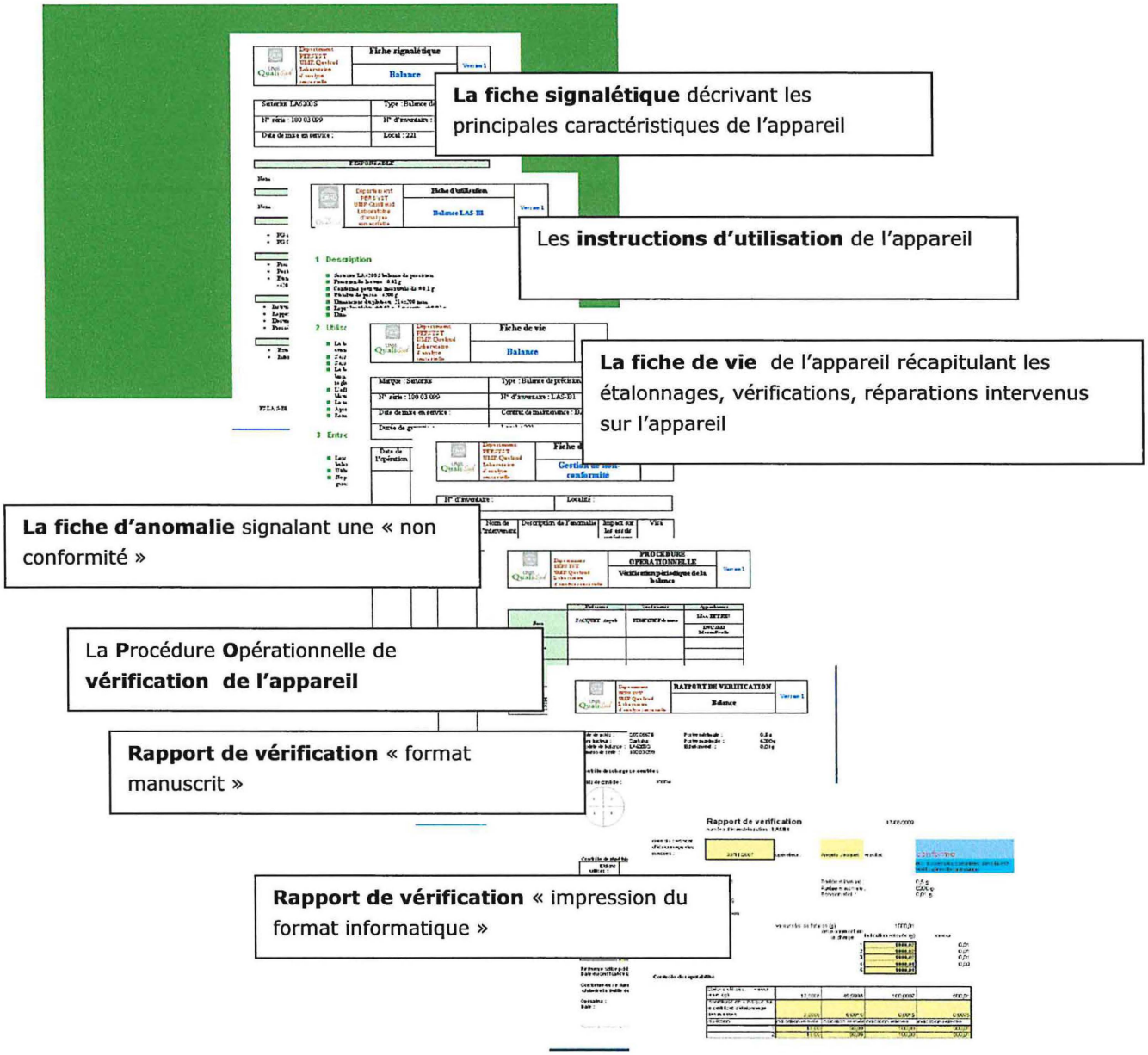
Pour le matériel de préparation des échantillons, à partir de l'état des lieux effectué, il a été jugé que la démarche métrologique doit être finalisée. En effet, lors de la préparation des échantillons, une balance - pour peser le café - et un thermomètre - pour contrôler la température à laquelle les cafés sont servis - sont nécessaires.

Ma première mission au sein du laboratoire est de créer le suivi et l'entretien de ces appareils de mesures afin de garantir le bon fonctionnement des équipements dans le respect des normes. Ce suivi se réalise par les étalonnages et vérifications (internes et externes) des équipements de mesure et d'essais (et étalons) ainsi que par leur maintenance ; le but étant de garantir la qualité du matériel utilisé pour la réalisation des essais et la traçabilité des différents entretiens et mesures effectués.

La norme ISO NF ISO 6668 Août 2008 « Café vert - Préparation des échantillons en vue de l'analyse sensorielle » décrit l'ensemble des exigences sur la préparation du café en vue d'une analyse sensorielle. J'ai donc adapté le niveau de contrôle du matériel en me basant sur les exigences de cette norme.

J'ai, durant mon stage, mis en place les dossiers matériels et étalons en différentes étapes :

- Un numéro d'identification a été attribué à chaque équipement (plus étiquetage des appareillages) en se référant à la liste d'identification du parc, et un dossier matériel a été représenté par un classeur (par appareillage et par étalons) (voir figure 1)
- La planification des contrôles - internes et externes - a été élaborée et la procédure générale de gestion du parc matériel de mesure et d'essais a été mise a jour (voir figure 2)



- + Les documents administratifs liés à l'achat de l'appareil (bon de commande, garantie, etc.)
- + Certificat d'étalonnage.
- + Les documents commerciaux fournis par le constructeur.

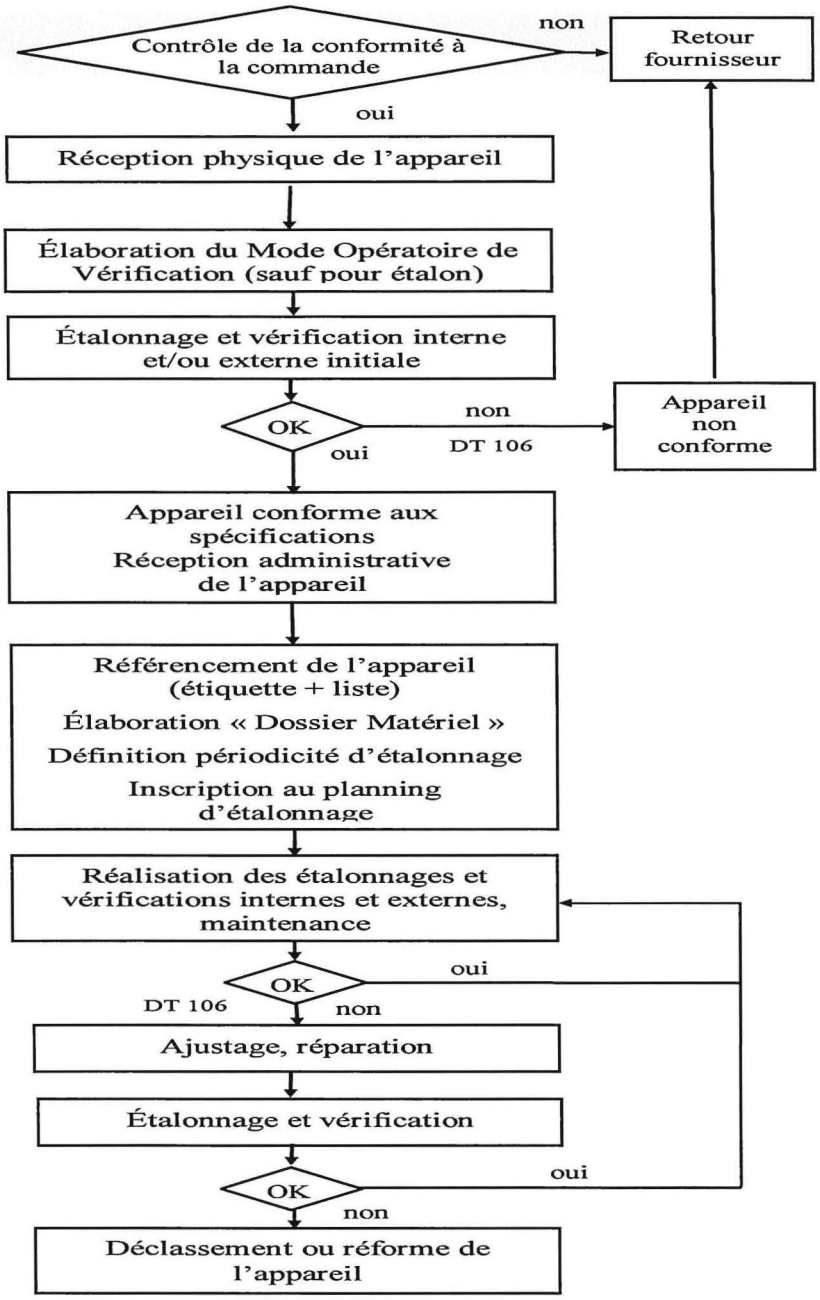


Figure 2. Logigramme de la procédure générale de gestion du parc matériel de mesure et d'essais.

Les difficultés ont été principalement d'adapter les contrôles aux exigences de la norme citée précédemment. J'ai en effet commis une erreur lors de la première mise en place de la « procédure de vérification de la balance », en vérifiant les capacités de l'appareil en fonction de ses performances réelles. Cette procédure fut jugée trop stricte par rapport aux exigences. L'échelon réel de la balance est de 0,01 g alors que la norme demande une tolérance à 0,1 g. Apres une autocorrection, les procédures que j'ai créées ont été validées lors d'un contrôle interne. De plus, les appareils de mesure ont été jugés conformes lors de chaque vérification.

5.2 Entraînement

L'entraînement à l'évaluation sensorielle des cafés a pour objectif :

- D'expliquer les notions de base de l'analyse et de la physiologie sensorielle.
- De mémoriser les saveurs fondamentales (sucrée, salée, acide, amère), les odeurs, les arômes et les textures du café.
- De retrouver ces éléments dans le café.
- De s'étalonner sur des gammes de concentration connues.
- De comparer sa perception avec celle des autres.

La norme 8586-1 :1993 : « Guide général pour la sélection, l'entraînement et le contrôle des sujets » décrit les modes opératoires pour l'ensemble des entraînements à effectuer. Une procédure d'entraînement du panel a été mise en place. La mission que l'on m'a confiée dans le cadre de mon stage a été de mettre en conformité la procédure par rapport aux exigences de la norme.

Dans un premier temps, la norme décrit les exigences vis-à-vis des entraînements à la détection et à la reconnaissance des saveurs et des odeurs :

Pour expliquer ce que sont les saveurs à fortes ou faibles concentrations, et pour entraîner les sujets à les reconnaître et à les décrire correctement, la norme exige l'utilisation d'essais dont les instructions sont référencées dans les normes suivantes:

- ISO 6658 : Norme NF ISO 6658 (2006) : Analyse sensorielle - Méthodologie Lignes directrices générales
- Norme NF ISO 5496(2006) : Analyse sensorielle - Méthodologie - Initiation et entraînement des sujets à la détection et à la reconnaissance des odeurs
- Norme NF ISO 5495(2007) : Analyse sensorielle - Méthodologie - Essai de comparaison par paires
- Norme NF ISO 4120 (2007) Analyse sensorielle - Méthodologie - Essai triangulaire
- Norme NF ISO 10399 (2004) : Analyse sensorielle - Méthodologie - Essai duo-trio
- Norme NF ISO 3972 (2005) : Analyse sensorielle - Méthodologie - Méthode d'éveil à la sensibilité gustative

Les instructions aboutissent à 6 essais à réaliser:

Essai d'appariement, de reconnaissance des saveurs, de comparaison par paire, triangulaire, duo trio et de reconnaissance des odeurs.

Seuls les essais de reconnaissance des saveurs et des odeurs étaient déjà appliqués dans la procédure. Il m'a donc fallu rajouter au programme d'entraînement les autres essais.

Il est exigé d'entraîner les sujets à l'utilisation des échelles de cotation. Pour cela il faut se référer à la norme NF ISO 4121(2004) : Analyse sensorielle - Lignes directrices pour l'utilisation d'échelles de réponses quantitatives
La procédure pour ce type de test, répondant déjà aux exigences normatives, n'a pas été modifiée.

Enfin, pour les autres tests recommandés par la norme, c'est-à-dire l'entraînement à la familiarisation des descripteurs, et ce sur les produits spécifiques (ici le café), la procédure n'a pas subi de modification car elle répondait déjà aux exigences.

La majeure partie du travail fut de dresser un état des lieux des éléments non maîtrisés dans la procédure. De plus, il a fallu tester chaque nouvel essai avec différents niveaux de difficulté pour identifier l'apport des nouveaux entraînements. Par ailleurs, des niveaux de difficulté (non exigés par la norme) ont été rajoutés à la procédure, et ce afin d'établir une amélioration continue du panel.

La maîtrise des entraînements est primordiale pour le reste de mon travail, l'évaluation du panel va permettre de cibler les entraînements nécessaires afin de corriger les éventuelles baisses de performance du panel.

6 Mise en place de la procédure de qualification du jury

6.1 Généralités - Domaine d'application

L'objectif de cette procédure est de donner les lignes directrices de la vérification de la validité d'un jury de dégustation café.

De plus, elle a été élaborée dans un souci de limitation du temps de calcul statistique concernant la vérification du jury. Les performances du panel et des panélistes seront évaluées pour chaque descripteur.

Le fichier Excel « vérification du jury » permet d'effectuer l'ensemble des tests statistiques (cf. chapitre 5).

6.2 Eléments de maîtrise

La vérification du jury pour son évaluation sensorielle des cafés a pour objectifs :

- De démontrer la validité du jury en tant qu'instrument de mesure.
- D'analyser les performances du jury et les performances individuelles.
- D'identifier les juges qui devront procéder à un nouvel entraînement.
- De démontrer le statut « sujet qualifié » des panélistes.

6.3 Protocole

On fait analyser par le jury deux séries de quatre cafés selon la procédure opérationnelle « préparation café moulu en vue d'une dégustation » pendant deux jours dans le but d'évaluer la répétabilité du panel, sa reproductibilité intra-laboratoire (fidélité intermédiaire), son aptitude à discriminer (sensibilité), et enfin sur l'aptitude des panélistes à être homogène (exactitude).

Afin de pouvoir réaliser les tests statistiques appropriés, deux cafés identiques seront dégustés 6 fois chacun. Les propriétés organoleptiques de ces cafés devront être connues préalablement par l'évaluateur, ceci ayant pour but de permettre une interprétation correcte des résultats. Étant donné que l'on évalue l'aptitude à discriminer, les deux cafés doivent avoir un maximum de différence sur les caractéristiques organoleptiques. Par défaut, un arabica et un robusta seront sélectionnés et seront nommés : CE1 et CE2.

Dans les essais de dégustation, on utilise 4 autres cafés (CE3, CE4, CE5, CE6), pour éviter que les juges ne reconnaissent les cafés répétés.

L'ordre de présentation des cafés se fait selon le tableau 1

Tableau 1 : ordre de présentation des cafés au jury.

Jour1 essai 1	**CE1**	**CE1**	**CE2**	CE3
Jour1 essai 2	CE4	**CE2**	**CE1**	**CE2**
Jour2 essai 1	**CE1**	**CE2**	CE5	**CE1**
Jour2 essai 2	**CE1**	CE6	**CE2**	**CE2**

On attribue un code à trois chiffres pour les quatre tasses à chaque série par le logiciel TASTEL®.

Ensuite, le logiciel TASTEL® ordonne les cafés selon un carré latin sur les différents postes.

Un carré latin est un tableau carré de n lignes et n colonnes remplies de n éléments distincts dont chaque ligne et chaque colonne ne contiennent qu'un seul exemplaire.

Pour chaque café, les juges noteront sur une échelle de 10 les intensités perçues pour chaque descripteur.

6.4 Conditions de dégustation

Les essais sont effectués dans des conditions empêchant toute communication entre les sujets pendant une évaluation, en utilisant des installations et des cabines conformes à l'ISO 8589. Les échantillons sont préparés à l'abri des regards des sujets et de manière identique pour chacun d'eux : même Cafetière Bodum®, mêmes récipients. Avant chaque session, les contrôles sont effectués sur la température ambiante. Les

échantillons sont servis à la même température entre 50°C et 60°. Enfin, pendant les séances d'essais, aucune information sur l'identité du test n'est révélée, afin que les panélistes effectuent leur mesure dans les mêmes conditions de routine.

Les cafés utilisés pour les contrôles sont moulus avant chaque session et sont conservés sous vide et à -18°C afin de préserver les qualités organoleptique pour les essais du deuxième jour.

6.5 Choix des descripteurs utilisés

Une liste de descripteurs est établie et communiquée à l'ensemble du panel avant les essais. On choisit des descripteurs utilisés pour les analyses descriptives de café au sein du laboratoire d'analyse sensorielle. Pour éviter que les échantillons refroidissent ce qui peut être une cause éventuelle d'erreur, sept descripteurs seront utilisés afin de limiter le temps d'analyse pour un café.

Par défaut on choisit d'évaluer le «corps», « acide », « amer », « astringent », « vert », « puant » et « intensité odeur ». (Tableau 1).

Tableau 1 : Définition des différents descripteurs

Descripteur	Définition
Acide	qualifie la saveur élémentaire provoquée par des solutions aqueuses diluées de la plupart des corps acides (tels que l'acide citrique ou l'acide tartrique)
amer	qualifie la saveur élémentaire provoquée par des solutions aqueuses diluées de diverses substances telles que la quinine et la caféine
Astringent	qualifie la sensation complexe résultant de la contraction de la surface des muqueuses de la bouche, produite par des substances telles que les tanins du kaki et de la prunelle : sensation d'assèchement
Corps	puissance de la flaveur et consistance (épaisseur en bouche, viscosité)
Intensité odeur	force de l'odeur, qu'elle soit agréable ou non
Vert	goût d'herbe fraîchement coupée, de poivron vert, de petits pois ou autres légumes verts
Puant	goût de fruits en décomposition, fermenté

6.6 Calcul de la répétabilité et reproductibilité du panel et des panélistes

L'ensemble des analyses est effectué avec Microsoft Excel® et vérifier avec XL-STAT(composante de Microsoft Excel®). La variance de répétabilité ($\sigma^2 r$) est calculée comme la moyenne des variances à la session. La variance de reproductibilité ($\sigma^2 R$) est calculée comme la somme des variances entre les sessions ($\sigma^2 j$) plus la variance due à la répétabilité ($\sigma^2 r$). (tableau 2) (Elortondo et al., 2007).

Les résultats de répétabilité et de reproductibilité sont interprétés à partir du coefficient défini par :

$$répétabilité(\%) = 100 - \left(\frac{\sqrt{\sigma_r^{\,2}}}{M} \times 100 \right)$$

$$reproducti\ bilité\ (\%) = 100 - \left(\frac{\sqrt{\sigma R^2}}{M} \times 100 \right)$$

Avec :

$\sigma^2 r$ = La variance de répétabilité ; calculée selon le tableau2.
$\sigma^2 R$ = variance de reproductibilité ; calculée selon le tableau2
M = moyenne des notes attribuées par le panéliste ou le panel pour le descripteur étudié.

On calcule la répétabilité et la reproductibilité pour chaque panéliste et pour chaque descripteur. La répétabilité et la reproductibilité pour le panel sont également calculées ; les notes du panel sont les notes moyennes des panélistes.

Dans le cadre de notre étude, une répétabilité et une reproductibilité supérieures à 75% sont déterminées comme acceptables.

Tableau 2

Calcul de la répétabilité et la reproductibilité pour un panéliste (ou le panel) pour un descripteur :

Indice de variance	calcul
Répétabilité ($\sigma^2 r$)	$\boldsymbol{\sigma^2 r} = \dfrac{\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}(X_{ij}-\overline{X}_i)^2}{N\ k}$ avec : k le nombre de jour : 2 ; Xij est la donnée j dans le jour i ; $\overline{X}_i$ est la moyenne arithmétique des données d'un jour (i) N est l'effectif des k groupes réunis - On peut calculer la variance de répétabilité ($\sigma^2 r$) avec Excel (ou autre logiciel de calcul d'ANOVA). L'outil « analyse de variance à 1 facteur » permet de calculer la somme des carrés des écarts entre les groupes (CMER ou résiduel) qui correspondent à $\sigma^2 r$. Il faut prendre comme facteur le jour. $\sigma^2 r$ = « somme des carrés des écarts entre les groupes» (CMER) (résiduel) - Autre méthode de calcul : $\sigma^2 r$ = moyenne des variances (variance du jour 1 et jour 2)
Reproductibilité ($\sigma^2 R$)	$\sigma^2 R = \sigma^2 r + \sigma^2 j$ avec $\sigma^2 j$ = variance jour = $\dfrac{CMEJ - \sigma^2 r}{n}$ CMEJ carré moyen des écarts du facteur (jour) = $\dfrac{\sum_{i=1}^{k} n_i(\overline{X}_i - \overline{X})^2}{k-1}$ k le nombre de jour : 2 ; $\overline{X}_i$ est la moyenne arithmétique des données d'un jour (i) ; $\overline{X}$ est la moyenne arithmétique de toutes les données des k groupes réunis ; ni est le nombre de répétitions par jour Autre méthode de calcul : CMEJ = variance des moyennes multipliée par le nombre de répétitions par jour

6.7 Contrôle de l'aptitude à discriminer

On calcule la probabilité que les notes attribuées pour chaque descripteur soient égales pour les deux cafés par un test paramétrique de Student. Si la probabilité (p) est inférieure à 0.05, les notes attribuées sont significativement différentes entre les deux cafés pour un descripteur donné. Avec : P égale à la probabilité que « la différence observée soit due uniquement au hasard » sous l'hypothèse « HO » de l'égalité des moyennes. La notion de discrimination est reliée à la répétabilité ; si la répétabilité est mauvaise, la discrimination ne peut être interprétable.

6.8 Homogénéité du panel

On utilise une méthode graphique pour tester l'homogénéité du panel. Pour chaque café et chaque descripteur, on calcule les moyennes des notes attribuées par chaque paneliste, puis on calcule la différence des moyennes entre les deux cafés.

On établit ensuite pour chaque descripteur un graphique avec en abscisse les panélistes, et en ordonnée la différence entre les notes moyennes attribuées pour le café CE2 et le café CE1. Une bonne homogénéité correspond à un accord des panélistes sur le choix du café plus intense pour un descripteur. Cependant, le niveau moyen de notation propre à chaque panéliste et l'étalement des notes sur l'échelle ne doit pas être considéré comme des sources de désaccord.

7 Fichier de calcul automatisé

Afin de rendre accessibles les calculs statistiques à un évaluateur ayant des connaissances basiques en statistiques, une feuille de calcul Excel a été élaborée.

7.1 Entrée des données

Les cases jaunes sont les seules cases à compléter par l'évaluateur (cases non verrouillées).

Elles correspondent au numéro d'identification des cafés, des numéros des panélistes, le nom des panélistes et enfin les notes attribuées par chaque panéliste, par café et par descripteur. (ce numéro est attribué automatiquement par le logiciel TASTEL®)

1	cafes			
2	Café	repetition	jour	id
3	CE1	1	1	361
4	CE1	2	1	592
5	CE1	3	1	352
6	CE2	1	1	891
7	CE2	2	1	953
8	CE2	3	1	193
9	CE1	1	2	428
10	CE1	2	2	88
11	CE1	3	2	53
12	CE2	1	2	875
13	CE2	2	2	942
14	CE2	3	2	904
15				

Numéros d'identifications des cafés

numéro juge	nom
1	Laurent Berthiot
5	Philip Aguilar
6	Michel Jacquet
7	Jean Claude Manez
8	Noel Durand
11	Christine Char
14	Alexia Prades
44	Dominique Gueule
46	Mathieu Weil
90	Olaya ramirez
13	Nathalie Pallusson
91	Claire Nodet
10	Renaud Boulanger
2	Fabienne Ribeyre
4	Philippe Bastide

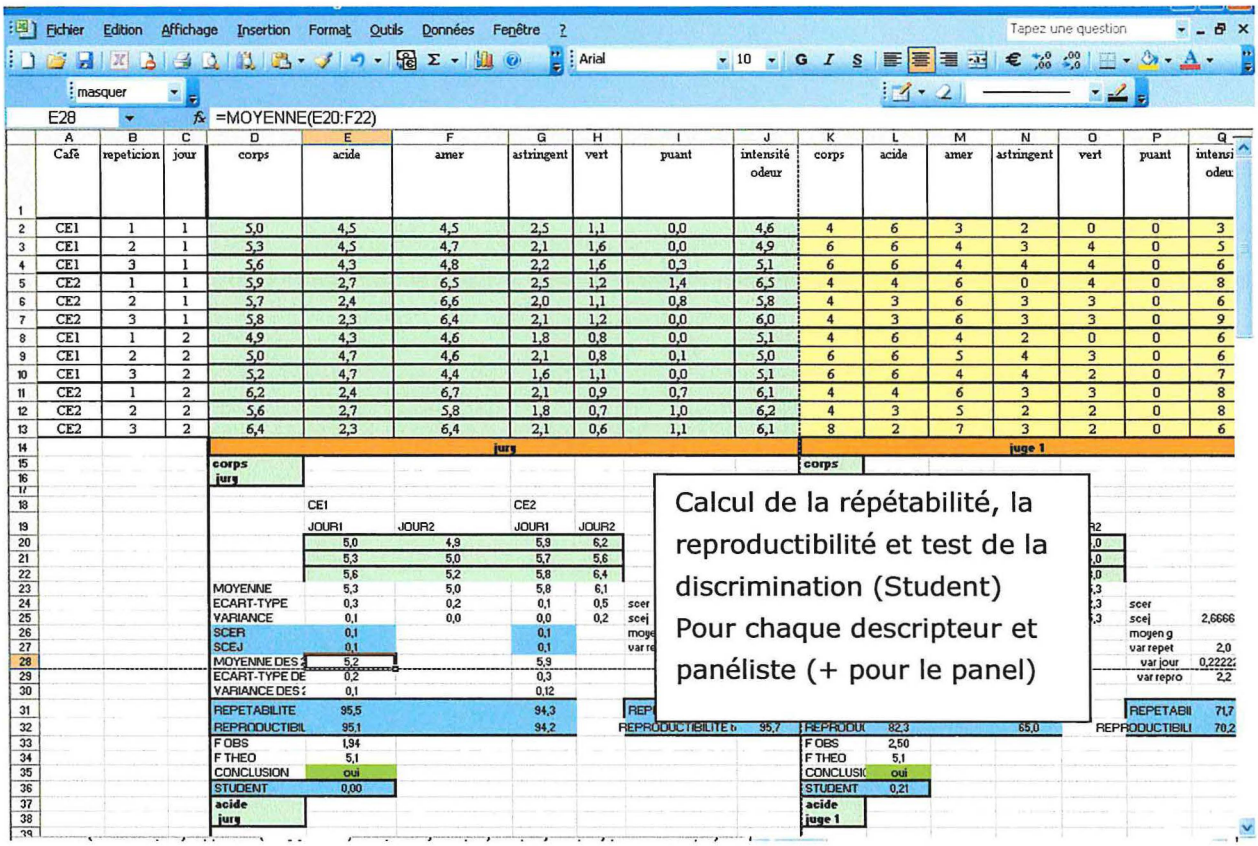
Nom et numéro des juges (panélistes)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	N° du juge	JOUR	CAFE	id café	N° du juge	corps	acide	amer	astringent	vert	puant	intensité odeur
2	1	1	CE1	361	1	4	6	3	2	0	0	3
3	1	1	CE1	592	1	6	6	4	3	4	0	5
4	1	1	CE1	352	1	6	6	4	4	4	0	6
5	1	1	CE2	891	1	4	4	6	0	4	0	8
6	1	1	CE2	953	1	4	3	6	3	3	0	6
7	1	1	CE2	193	1	4	3	6	3	3	0	9
8	1	2	CE1	428	1	4	6	4	2	0	0	6
9	1	2	CE1	88	1	6	6	5	4	3	0	6
10	1	2	CE1	53	1	6	6	4	4	2	0	7
11	1	2	CE2	875	1	4	4	6	3	3	0	8
12	1	2	CE2	942	1	4	3	5	2	2	0	8
13	1	2	CE2	904	1	8	2	7	3	2	0	6
14	5	1	CE1	361	5							
15	5	1	CE1	592	5							
16	5	1	CE1	352	5							
17	5	1	CE2	891	5							
18	5	1	CE2	953	5							
19	5	1	CE2	193	5							
20	5	2	CE1	428	5							
21	5	2	CE1	88	5							
22	5	2	CE1	53	5							
23	5	2	CE2	875	5							
24	5	2	CE2	942	5							
25	5	2	CE2	904	5							

Notes attribuées pour chaque café et chaque descripteur

7.2 Calculs

Les calculs sont effectués automatiquement, et ont été préalablement vérifiés avec le logiciel XL-Stat (composante de Microsoft Excel)



7.3 Résultats

Les cases vertes déterminent les résultats qui sont en dessus des critères d'acceptation. Chaque panéliste est représenté ainsi que le panel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	discriminat	descrip	carpr	acide	amer	astringent	vert	puant	intensité ma	r
2		1	0,21	0,00	0,00	0,11	0,			
4		6	0,06	0,00	0,01	0,09	0,			
7		11	0,12	0,12	0,09	0,13	0,			
9		44	0,00	0,01	0,01	0,10	0,			
10		46	0,10	0,00	0,00	0,24	0,			
12		13	0,50	0,50	0,04	0,13	0			
13		91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,			
14		10	0,02	0,14	0,08	0,38	0,28	0,17	0,03	
15		2	0,00	0,00	0,00	0,02	0,20	0,17	0,00	
16		4	0,18	0,02	0,05	0,01	0,02	0,10	0,00	
17		jury	0,00	0,00	0,00	0,37	0,14	0,01	0,00	
18										
19										
20										
21										
22										
23	répétabilité	descrip	carpr	acide	amer	astringent	vert	puant	intensité odeur	
24		1	72	87	87	57	42	100	81	
26		6	83	76	82	87	100	100	81	
29		11	86	71	80	70	-1			
31		44	90	41	89	-69				
32		46	91	76	84	-30	1			
34		13	83	67	80	76				
35		91	95	90	85	80	1			
36		10	77	20	76	60	-			
37		2	96	65	83	58				
38		4	94	83	86	74	18	-157	95	
39		jury	95	95	96	88	81	18	96	
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50	reproductibi	descrip	carpr	acide	amer	astringent	vert	puant	intensité odeur	
51		1	70	89	86	56	26	100	74	
53		6	80	55	85	76				
56		11	86	49	50	76				
58		44	89	26	80	-49				
59		46	77	80	87	-66				
61		13	86	73	77	40				
62		91	95	81	67	71				
63		10	78	34	78	21				
64		2	95	67	86	58	35	100	92	
65		4	93	85	89	51	-15	-130	94	
66		jury	96	96	94	75	30	28	95	
67										
68										
69										
70										

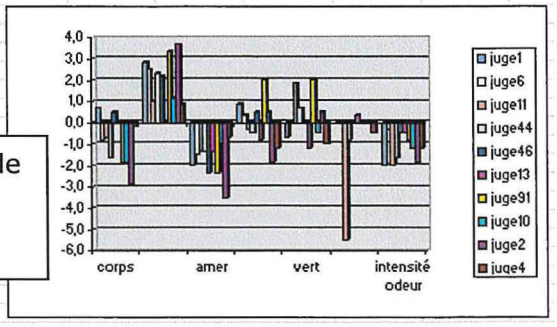
Regroupe les résultats des tests de discrimination

Regroupe les résultats de répétabilité

Regroupe les résultats de reproductibilité

TS analyse graphique

	corps	acide	amer	astringent	vert	puant	intensité odeur
juge1	0,7	2,8	-2,0	0,8	-0,7	0,0	-2,0
juge6	-0,8	2,5	-1,5	0,3	0,0	0,0	-0,3
juge11	-0,7	1,0	-1,3	-0,3	1,8	-5,5	-2,0
juge44	-1,7	2,3	-1,3	-0,[illegible]			
juge46	0,5	2,2	-2,3	0,[illegible]			
juge13	0,0	0,0	-1,3	-0,[illegible]			
juge91	-1,8	3,3	-2,3	2,[illegible]			
juge10	-1,8	1,2	-1,0	0,[illegible]			
juge2	-2,8	3,7	-3,5	-1,[illegible]			
juge4	-0,2	0,8	-0,7	-1,[illegible]			



Analyse graphique de l'homogénéité des panelistes

8 Application : évaluation d'un panel « café »

Les capacités sensorielles d'un panel composé de 10 personnes pour les prestations d'analyses de cafés torréfiés ont été évaluées.

Afin de déterminer les domaines de performance qui doivent être améliorés, les résultats sont interprétés en fonction des descripteurs.

Le panel montre une capacité partielle à discriminer les cafés en fonction des descripteurs (tableau 3). Pour les descripteurs « astringent et vert » les membres du jury ne déterminent pas de différences significatives au seuil de 5% ($P > 0.05$). Le tableau 4 montre une répétabilité et une reproductibilité acceptables pour le panel excepté pour les descripteurs « vert et puant », où les panélistes ne sont pas performants (pourcentage inférieur au seuil fixé à 75 %).

La figure 3 est une représentation graphique du test d'homogénéité des panélistes. En abscisse, nous avons les descripteurs et, en ordonnée, l'écart entre les notes moyennes attribuées pour le café CE1 et CE2. Pour « le corps », « l'acide », « l'amertume » et « l'intensité odeur » le jury se montre dans l'ensemble homogène. Cependant On peut observer pour le descripteur « corps » qu'un juge est en désaccord avec le groupe (fig.3). Aucune tendance nette n'est mise en évidence pour les descripteurs « Astringent » et « vert ». Enfin pour le descripteur « puant », le juge 3 est le seul à noter une différence très importante entre les deux cafés (fig.3).

La figure 4 représente les notes moyennes du jury pour chaque dégustation (6 par café), et permet ainsi de distinguer directement les éventuels problèmes de performance du panel.

Tableau 3 Test de discrimination du panel : Student (seuil α = 0.05)

* significativement différent

Panel							
Café	corps	acide	amer	astringent	vert	puant	Intensité odeur
CE1	5,0	4,5	4,5	2,5	1,1	0,0	4,6
CE1	5,3	4,5	4,7	2,1	1,6	0,0	4,9
CE1	5,6	4,3	4,8	2,2	1,6	0,3	5,1
CE1	4,9	4,3	4,6	1,8	0,8	0,0	5,1
CE1	5,0	4,7	4,6	2,1	0,8	0,1	5,0
CE1	5,2	4,7	4,4	1,6	1,1	0,0	5,1
CE2	5,9	2,7	6,5	2,5	1,2	1,4	6,5
CE2	5,7	2,4	6,6	2,0	1,1	0,8	5,8
CE2	5,8	2,3	6,4	2,1	1,2	0,0	6,0
CE2	6,2	2,4	6,7	2,1	0,9	0,7	6,1
CE2	5,6	2,7	5,8	1,8	0,7	1,0	6,2
CE2	6,4	2,3	6,4	2,1	0,6	1,1	6,1
Echelle utilisée	3 à 8	0 à 7	2 à 9	0 à 7	0 à 6	0 à 7	2 à 9
Moyenne CE1	5,2	4,5	4,6	2,1	1,2	0,1	5,0
Moyenne CE2	5,9	2,5	6,4	2,1	0,9	0,8	6,1
Ecart type CE1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,4	0,1	0,2
Ecart type CE2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,5	0,2
Student	0,00*	0,00*	0,00*	0,37	0,14	0,01*	0,00*

Tableau 4

Test de répétabilité et de reproductibilité pour le jury

*% déterminés comme acceptables

	jour	corps	acide	amer	astringent	vert	puant	Intensité odeur
Moyenne CE1	1	5.3	4.4	4.7	2.3	1.4	0.1	4.9
Moyenne CE1	2	5.0	4.6	4.5	1.8	0.9	0.0	5.1
Ecart-type CE1	1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2
Ecart-type CE1	2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1
Moyenne CE2	1	5.8	2.5	6.5	2.2	1.2	0.7	6.1
Moyenne CE2	2	6.1	2.5	6.3	2.0	0.7	0.9	6.1
Ecart-type CE2	1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.7	0.3
Ecart-type CE2	2	0.5	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.1
Echelle utilisée		3 à 8	0 à 7	2 à 9	0 à 7	0 à 6	0 à 7	2 à 9
WMS		0,08	0,03	0,06	0,06	0,04	0,14	0,05
BMS		0,00	0,01	0,19	0,71	1,52	0,03	0,10
M		5,54	3,50	5,50	2,08	1,05	0,45	5,55
$\sigma^2 r$		0,08	0,03	0,06	0,06	0,04	0,14	0,05
$\sigma^2 j$		-0,03	-0,01	0,04	0,22	0,49	-0,04	0,02
$\sigma^2 R$		0,06	0,02	0,10	0,28	0,53	0,10	0,06
REPETABILITE %		95*	95*	96*	88*	81*	16	96*
REPRODUCTIBILITE %		96*	96*	94*	75*	30	28	95*

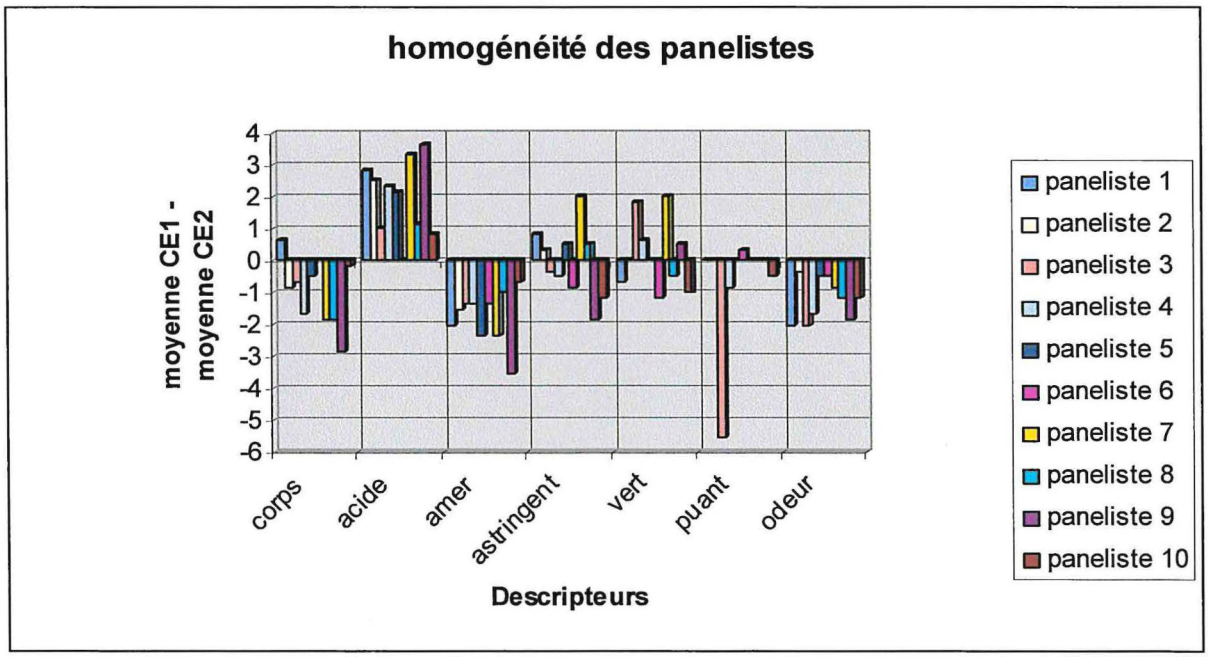


Fig.3. Homogénéité des panelistes

Ecart entre les moyennes des notes attribuées par chaque panéliste pour les cafés CE1 et CE2 en fonction des descripteurs

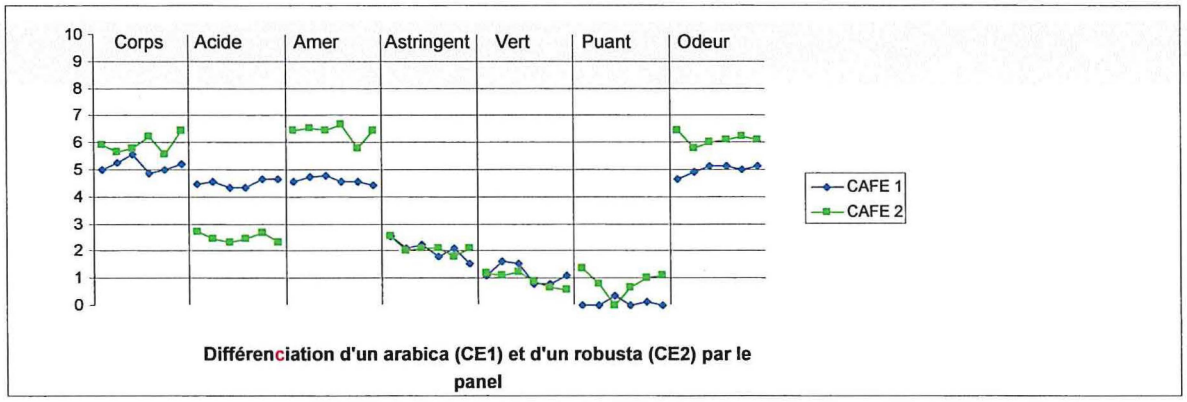


Fig. 4 Moyenne des notes attribuées par les panelistes pour chaque dégustation.

Un café CE1 (arabica) et un café CE2 (robusta) on été dégustés par 10 panélistes, avec une répétition de 3 fois par jour pendant 2 jours.

8.1 Corps

L'ensemble du panel se montre discriminant et répétable, cependant le panéliste 1 (fig.3) est en désaccord avec les autres membres du panel. Ce défaut n'engendre pas de conséquence quant aux résultats du groupe, mais le panéliste 1 devra être exclu du groupe, ou bien entraîné afin de corriger le défaut.

8.2 Acide, amer et intensité odeur.

Pour les trois descripteurs « acide », « amer » et « intensité odeur », le panel est répétable, reproductible, discriminant et homogène. Le panel est donc dûment qualifié pour mener à bien l'évaluation sensorielle pour ces descripteurs.

8.3 Astringence

Le tableau 3 montre que le panel ne détermine pas de différence significative pour l'astringence entre les deux cafés (p-value = 0.37 > 0.05) ; la moyenne des notes pour les deux cafés est de 2,1. Le tableau 4 montre qu'il est répétable et reproductible. Cependant, la Fig.3. montre un désaccord global entre les panélistes pour ce descripteur (5 au dessus, 5 en dessous).

Ainsi, malgré la bonne répétabilité du panel, on ne peut pas conclure à une bonne maîtrise du descripteur « astringent ». Le panel sera donc amené à effectuer un entraînement pour corriger le problème.

8.4 Vert

Pour le descripteur « vert », on se trouve dans le même cas de figure que pour le descripteur « astringent », de plus le panel n'est pas reproductible. On conclut donc à une mauvaise performance du panel pour ce descripteur. Ainsi le panel sera amené à effectuer un entraînement pour corriger le problème.

8.5 Puant

Le panel est discriminant, mais ne montre pas de capacité à être répétable et reproductible (tableau 3 et 4). La fig.3. identifie le panéliste 3 comme la cause éventuelle du défaut observé pour ce descripteur. C'est à la lecture des résultats individuels (tableau 5) que l'on aperçoit que seul un panéliste fausse le résultat du panel. On ne peut pas juger acceptables les résultats du paneliste 3, il est possible que ce panéliste présente un défaut de mémorisation des flaveurs et confonde puant avec un autre descripteur. Dans ce cas, le panéliste sera entraîné spécifiquement sur la reconnaissance du caractère « puant ». Le tableau 4 montre une répétabilité et une reproductibilité très faibles, ces résultats peuvent s'expliquer du fait que le puant est noté très bas dans l'échelle ; la moyenne pour les deux cafés est inférieure à 1 (tableau 3).

Tableau 5

Résultat des tests de comparaison de moyenne (STUDENT) entre le café CE1 et CE2 pour le descripteur « Puant » avec $p < 0.05$: différence significative entre les deux échantillons.

Panélistes	Discrimination puant (p)
1	0.50
2	0.50
3	**0.00**
4	0.09
5	0.50
6	0.29
7	0.50
8	0.50
9	0.50
10	0.10
Panel total	**0.01**
Panel sans le juge 3	**0.13**

8.6 Discussion

Pour valider un panel, il faut considérer en détail les aptitudes individuelles et également prendre en compte le choix des échantillons. En effet, il n'existe pas de café de référence, ainsi les échantillons doivent être choisis judicieusement par l'évaluateur.

La figure 4 représente les notes moyennes du jury pour chaque dégustation (6 par café), et permet ainsi de distinguer directement les éventuels problèmes de performance du panel.

Ici, nous avons choisi un arabica et un robusta, dont les différences organoleptiques sont significatives et reconnues par l'évaluateur pour les descripteurs corps, amertume, acidité et intensité de l'odeur (Maeztu et al., 2001). On observe que le jugement des panélistes sur ces descripteurs correspond aux résultats attendus.

Concernant les descripteurs vert, astringent et puant, l'intensité de ces descripteurs n'est pas connue avant l'évaluation pour les cafés testés. Nous pouvons cependant déterminer que pour le puant, le panel fournissant une réponse homogène à l'exception du panéliste n°3, cette qualité organoleptique est plutôt bien distinguée par le panel. Cependant, au vu des résultats concernant les descripteurs vert et astringent, nous ne pouvons cibler les panélistes moins qualifiés. La connaissance des caractéristiques organoleptiques des cafés testés pour ces descripteurs nous aura permis de cibler les panélistes moins qualifiés.

L'ensemble des contrôles est complémentaire pour bien analyser le panel ; en effet un panel peut être répétable, reproductible et discriminant sans pour autant montrer une homogénéité.

La difficulté principale est de choisir des cafés très différents pour chaque descripteur afin d'éviter des erreurs d'interprétation.

8.7 Perspectives

Sept descripteurs ont été testés pour éviter les biais de température (dégustation rapide), alors que pour l'évaluation descriptive des cafés en routine, plus d'une dizaine sont utilisé. Durant la prochaine évaluation (après les entrainements jugée nécessaires), en plus des descripteurs qui sollicitaient un nouvel entraînement, les descripteurs non testés la première fois devront être évalués.

La prochaine évaluation devrait permettre de vérifier si les entrainements apportent une amélioration du panel. Cette prochaine étape sera très importante vis-à-vis de l'ensemble du travail effectué jusqu'à présent.

Il serait intéressant par la suite de vérifier la stabilité de la méthode (sa robustesse), par exemple en simulant des variations dans la composition du panel par ré-échantillonnage aléatoire des sujets.

9 Conclusion

Depuis 2007, le laboratoire d'analyse sensorielle – appartenant à l'UMR Qualisud - dans lequel j'ai effectué mon stage, a initié une démarche qualité afin d'obtenir une accréditation selon la norme ISO 17025. L'ensemble des procédures rédigées et finalisées durant ce stage a permis au laboratoire d'avancer dans ce projet d'accréditation.

De plus, la méthodologie d'évaluation mise en place durant le stage à permis de révéler les problèmes de performance des panélistes. A mon sens, cette évaluation fut une étape primordiale à l'amélioration des prestations d'analyses pour les cafés torréfiés.

Suite à la méthodologie élaborée pour l'analyse des performances du panel « café », il m'a été proposé de rédiger un article décrivant cette dernière, en vue d'une publication scientifique.

Ce stage m'a permis de m'immerger dans une structure désirant mettre en place une démarche qualité. Il a répondu à mes attentes d'application des enseignements scolaires, car j'ai pu travailler sur de nombreux points abordés lors de ma formation, à savoir : la qualification des appareillages, les calculs d'incertitude, les calculs statistiques et le management de la qualité. J'ai également appliqué mes connaissances théoriques via la création d'un outil informatique permettant le calcul automatique des données, où j'ai plus particulièrement pu m'épanouir. J'ai pu à la fois manipuler et rédiger des procédures, ce qui m'a permis d'avoir un aperçu des métiers de responsable qualité et d'ingénieur métrologue. Enfin, la mise en place d'un article proposé à « food quality and preference » chez « ELSEVIER », qui est une première dans ma carrière, me relie au parcours scientifique de ma formation initiale.

10 Références

Bianchi G., Zerbini P.E., Rizzolo A. (2009) SHORT-TERM TRAINING AND ASSESSMENT FOR PERFORMANCE OF A SENSORY DESCRIPTIVE PANEL FOR THE OLFACTOMETRIC ANALYSIS OF AROMA EXTRACTS. Journal of Sensory Studies 24:149-165. DOI: 10.1111/j.1745-459X.2008.00200.x.

Couronne T. A study of assessors' performance using graphical methods. Food Quality and Preference 8:359-365.

Derndorfer E., Baierl A., Nimmervoll E., Sinkovits E. (2005) A panel performance procedure implemented in R. Journal of Sensory Studies 20:217-227.
Dijksterhuis G. (1995) Assessing panel consonance. Food Quality and Preference 6:7-14.

Elortondo F.J.P., Ojeda M., Albisu M., Salmerón J., Etayo I., Molina M. (2007) Food quality certification: An approach for the development of accredited sensory evaluation methods. Food Quality and Preference 18:425-439.

Feria-Morales A.M. (2002) Examining the case of green coffee to illustrate the limitations of grading systems/expert tasters in sensory evaluation for quality control. Food Quality and Preference 13:355-367.

Franca A.S., Mendonça J.C.F., Oliveira S.D. (2005) Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. LWT - Food Science and Technology 38:709-715.

France ISO 8586-1. (1993) Sensory analysis. General guide to selection, training and monitoring of panellists. I. Selected panellists., French Standard: NF ISO 8586-1, 16pp.

France ISO 5495. (2007a) Sensory analysis. Methodology. Paired comparison test., French Standard: NF V09-012, NF EN ISO 5495, 31pp.

France ISO 4120. (2007b) Sensory analysis. Methodology. Triangle test., French Standard: NF V09-013,
NF EN ISO 4120, 22pp.

ISO 10399. (2004) Sensory analysis. Methodology. Duo-trio test, International Standard: ISO 10399, 19pp.

ISO 6658. (2005) Sensory analysis. Methodology. General guidance, International Standard: ISO 6658, 20pp.

ISO 8589. (2007) Sensory analysis. General guidance for the design of test rooms, International Standard: ISO 8589, 16pp.

ISO 6668 (2008) Green coffee. Preparation of samples for use in sensory analysis, International Standard: ISO 6668, 4pp.

ISO 17025 (2005). Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais. In Analyse sensorielle. Paris: AFNOR

Lawless, H. L., & Heymann, H. (1998c) Introduction and overview. In Chapman & Hall, Sensory evaluation offood: Principles and practices (pp 1-6). New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers.

Lea P., Rødbotten M., Næs T. (1995) Measuring validity in sensory analysis. Food Quality and Preference 6:321-326.

Maeztu L., Andueza S., Ibanez C., de Pena M.P., Bello J., Cid C. (2001) Multivariate methods for characterization and classification of espresso coffees from different botanical varieties and types of roast by foam, taste, and mouthfeel. Journal of Agricultural and Food Chemistry 49:4743-4747.

Martens M., Bredie W.L.P., Martens H. (2000) Sensory profiling data studied by partial least squares regression. Food Quality and Preference 11:147-149.

Montagnon C., Biggins P. (2006) Coffee: terroirs and qualities, Ed. Quae, Versailles. pp. 172 p.

Murray J.M., Delahunty C.M., Baxter I.A. (2001) Descriptive sensory analysis: past, present and future. Food Research International 34:461-471.

Pineau N., Chabanet C., Schlich P. (2007) Modeling the evolution of the performance of a sensory panel: A mixed-model and control chart approach. Journal of Sensory Studies 22:212-241.

Qannari E.M., MacFie H.J.H., Courcoux P. (1998) Performance indices and isotropic scaling factors in sensory profiling. Food Quality and Preference 10:17-21.

Tomic O., Nilsen A., Martens M., Næs T. (2007) Visualization of sensory profiling data for performance monitoring. LWT - Food Science and Technology 40:262-269.