



**HAL**  
open science

## Développement d'une nouvelle prestation : intégration de l'analyse des pénalités au catalogue d'analyses sensorielles

Simon Thuleau

### ► To cite this version:

Simon Thuleau. Développement d'une nouvelle prestation : intégration de l'analyse des pénalités au catalogue d'analyses sensorielles. Sciences du Vivant [q-bio]. 2016. dumas-01484657

**HAL Id: dumas-01484657**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01484657>**

Submitted on 13 Sep 2017

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

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

Année universitaire : 2015-2016

Spécialité :

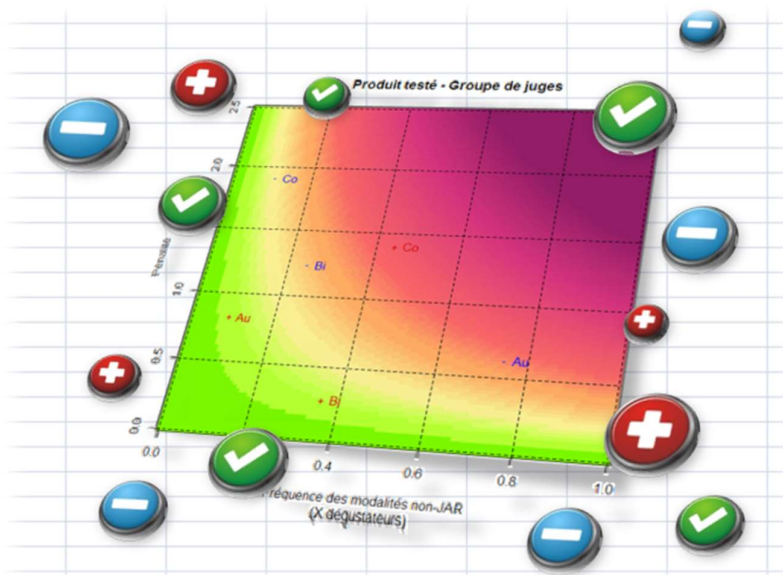
STATISTIQUE APPLIQUÉE

### Mémoire de fin d'études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

# Développement d'une nouvelle prestation : intégration de l'analyse des pénalités au catalogue d'analyses sensorielles

Par : Simon THULEAU



**Soutenu à Rennes, le 7 septembre 2016**

**Devant le jury composé de :**

Président :

Autres membres du jury (Nom, Qualité)

Maître de stage : Chantal Abadie

Enseignant référent : François Husson

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST



## Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

### Confidentialité

Non  Oui si oui :  1 an  5 ans  10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible <sup>(1)</sup>.

Date et signature du maître de stage <sup>(2)</sup> :

**A la fin de la période de confidentialité**, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

### Droits d'auteur

L'auteur<sup>(3)</sup>, **THULEAU Simon**, autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui  Non

Si oui, il autorise

- la diffusion papier du mémoire uniquement<sup>(4)</sup>
- la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé
- la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif)  accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-BY-Nc-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'auteur :

### Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui  Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

- la diffusion papier du mémoire uniquement<sup>(4)</sup>
- la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé
- la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3) Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

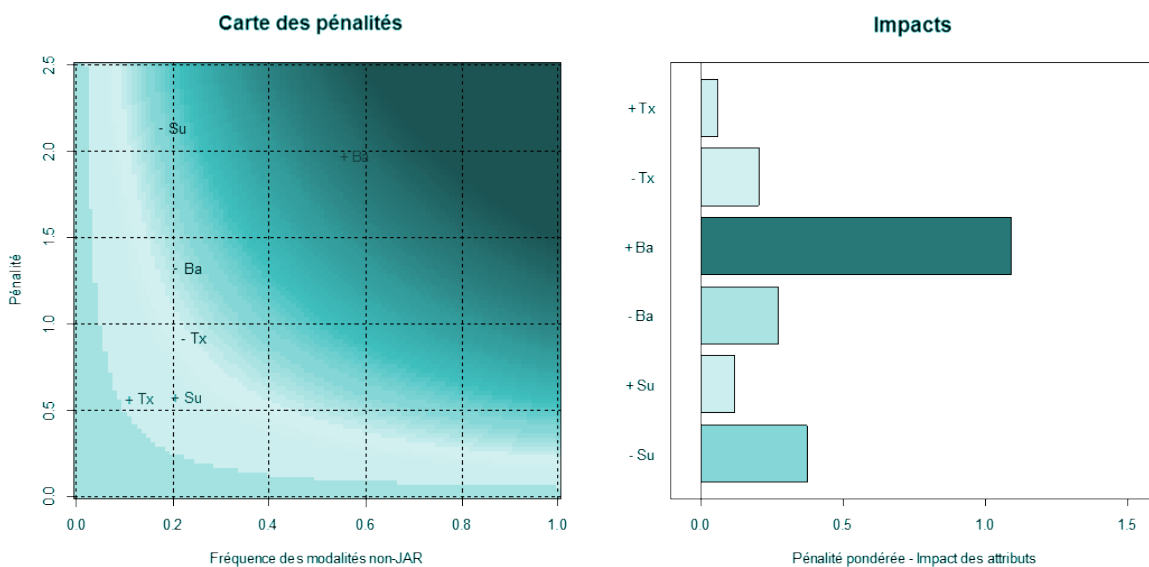
(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé



---

Développement d'une nouvelle prestation :  
*intégration de l'analyse des pénalités au catalogue d'analyses  
sensorielles*

---



## Mémoire d'ingénieur

AGROCAMPUS OUEST  
Cursus : Statistiques

Simon THULEAU  
3 octobre 2016

# Sommaire

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1 Contextualisation</b>	<b>2</b>
1.1 Identification du cadre d'étude	2
1.1.1 Les données JAR, pilier de l'étude	2
1.1.2 La perception du produit, source du plaisir procuré	3
1.2 Exploration des méthodes adaptées	3
1.2.1 Le traitement réalisé par le laboratoire	4
1.2.2 Les analyses descriptives	4
1.2.3 Les analyses factorielles	4
1.2.4 L'analyse des pénalités	5
<b>2 Réflexion</b>	<b>7</b>
2.1 État des moyens disponibles	7
2.1.1 Ressources matérielles	7
2.1.2 Ressources humaines	7
2.2 Analyse des besoins	8
2.3 Choix de la méthode	8
2.3.1 État des solutions existantes	8
2.3.2 Solution privilégiée	9
2.4 Matériel nécessaire	9
2.5 Pérénisation	10
2.6 Suivi de l'avancement et respect des délais	11
<b>3 Conception</b>	<b>12</b>
3.1 Validation du projet	12
3.1.1 Essais techniques	12
3.1.2 Réalisation d'une maquette de l'outil	12
3.1.3 Approbation des équipes	12
3.2 Programmation	13
3.2.1 Script R : le traitement statistique	13
3.2.2 Script VBA : la présentation des résultats	13
3.3 Mise à l'épreuve	13
3.3.1 Recueil des données sur une échelle à 3 ou 5 points	13
3.3.2 Traitement des pénalités en 3 ou 5 modalités	13
3.3.3 Segmentation du panel	14
3.3.4 Choix de la variable hédonique de référence	14
3.3.5 Attributs JAR variables entre les produits	14
3.3.6 Traitement d'un produit unique	14
3.3.7 Gestion des cas d'effectifs nuls ou solitaires	14
3.3.8 Ajustement des seuils d'interprétation à l'échelle employée	14
3.4 Revue de projet et finalisation	14
3.4.1 Rédaction d'une maquette de rapport	15

3.4.2	Rédaction d'une procédure d'utilisation . . . . .	15
3.4.3	Communication interne . . . . .	15
<b>4</b>	<b>Application</b>	<b>16</b>
4.1	Cadre de l'étude : Essais Inter-Laboratoires . . . . .	16
4.2	Analyse des profils de réponses JAR . . . . .	17
4.2.1	Histogrammes de distributions empilés . . . . .	17
4.2.2	Appuyer l'interprétation par les analyses descriptives complémentaires . . . . .	18
4.3	Analyse des pénalités . . . . .	18
4.4	Exploitation des résultats . . . . .	21
4.4.1	Choix des critères JAR dépendant du produit . . . . .	21
4.4.2	Formulation des questions JAR . . . . .	21
4.4.3	Interprétation d'une pénalité « positive » . . . . .	22
4.4.4	Pénalisation nette malgré une appréciation similaire . . . . .	22
4.4.5	Influence du panel - segmentation <i>a posteriori</i> . . . . .	22
4.4.6	Analyse critique . . . . .	23
	<b>Conclusion</b>	<b>24</b>
<b>A</b>	<b>Analyses descriptives des profils JAR</b>	<b>26</b>
A.1	Observation visuelle . . . . .	26
A.2	Analyses intra-produit . . . . .	26
A.3	Analyses inter-produits . . . . .	27
A.3.1	données appariées (au sein d'un même test) . . . . .	27
A.3.2	données indépendantes (au sein de tests différents) . . . . .	28
<b>B</b>	<b>Comparatif Mean Drop vs ANOVA : les raisons du choix d'un modèle statistique pour le calcul des pénalités</b>	<b>30</b>
B.1	Mean drop . . . . .	30
B.2	ANOVA . . . . .	31
B.3	Interprétation des résultats . . . . .	32
<b>C</b>	<b>Suivi de gestion de projet</b>	<b>34</b>
<b>D</b>	<b>Programmation : l'association de 2 langages aux fonctionnalités complémentaires</b>	<b>36</b>
D.1	Script R . . . . .	36
D.2	Script VBA . . . . .	41
	<b>Ressenti</b>	<b>46</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>47</b>



# Table des figures

1.1	Exemple d'échelles JAR . . . . .	3
1.2	Exemple de l'ancien modèle d'analyse JAR proposé par le laboratoire . . . . .	4
1.3	Calcul de la pénalité : modèles Grand Mean (gauche) et JAR Mean (droite) . . . . .	5
2.1	Ruban Excel personnalisé . . . . .	10
3.1	Analyse des pénalités en 3 ou 5 modalités . . . . .	13
4.1	Onglet d'affichage des distributions . . . . .	17
4.2	Onglet d'affichage des distributions . . . . .	18
4.3	Onglet d'analyses complémentaires . . . . .	19
4.4	Onglet d'analyse des pénalités . . . . .	19
4.5	Cartes des pénalités . . . . .	20
4.6	Histogrammes horizontaux d'impacts . . . . .	21
4.7	Clivage des panels autour de la perception de la saveur de banane . . . . .	23
B.1	Exemple d'un critère JAR satisfaisant à 70% néanmoins pénalisant . . . . .	31
B.2	Exemple d'une modalité JAR d'effectif inférieur à 70% néanmoins pénalisante . . . . .	32
B.3	Comparaison des pénalités brutes issue d'un Mean Drop et d'une ANOVA incluant 1 ou plusieurs (6) critères JAR . . . . .	33
D.1	Capture d'écran de l'interface de développement du script R : RStudio . . . . .	36
D.2	Résumé des données : réponses JAR au format <i>numeric</i> . . . . .	37
D.3	Résumé des données : réponses JAR au format <i>factor</i> . . . . .	37
D.4	Effectifs des profils JAR calculés par R . . . . .	38
D.5	Histogrammes empilés de distribution des réponses JAR en 5 points, sans pourcentage . . . . .	39
D.6	Histogrammes empilés de distribution des réponses JAR en 3 points, avec pourcentages . . . . .	39
D.7	Pénalités propres à chaque produit . . . . .	40
D.8	Pénalités globales, tous produits confondus . . . . .	40
D.9	Carte des pénalités et histogramme horizontal des pénalités pondérées . . . . .	40
D.10	Carte des pénalités usuelle . . . . .	41
D.11	Comparaison des séries de réponses à une distribution idéale - test de Student . . . . .	41
D.12	Évaluation du taux de satisfaction et des causes d'insatisfaction - tests binomiaux . . . . .	41
D.13	Groupes de produits de mêmes profils - PPDS . . . . .	42
D.14	Identification des sources de divergence entre profils JAR - tests de McNemar . . . . .	42
D.15	Capture d'écran de l'interface de développement du script VBA . . . . .	43
D.16	Formulaires d'importation des données . . . . .	43
D.17	Formulaires de conversion des données . . . . .	44
D.18	Formulaires d'export des données vers R . . . . .	44
D.19	Formulaire de paramétrage graphique de l'analyse des pénalités . . . . .	45

# Liste des tableaux

1.1	Seuils d'interprétation des pénalités . . . . .	6
3.1	Seuils d'interprétation des pénalités selon l'échelle hédonique . . . . .	15
4.1	Plan d'expérience des Essai Inter-Laboratoires 2016 . . . . .	16
4.2	Tableaux d'analyses descriptives . . . . .	20
A.1	Profils de données JAR . . . . .	26
A.2	Profil de données JAR . . . . .	27
A.3	Comparaison par paire du profil « Pas assez » . . . . .	28
A.4	Comparaison par paire du profil « Juste bien » . . . . .	28
A.5	Comparaison par paire du profil « Trop » . . . . .	28
B.1	Exemple de Tableau disjonctif complet . . . . .	32
C.1	Suivi des délais - liste des tâches . . . . .	35
D.1	Tableau disjonctif complet produit avec R . . . . .	37

# Glossaire

**Caractère clivant :** Un caractère du produit responsable d'une scission au sein des consommateurs, entre ceux appréciant le caractère et ceux l'appréciant moins voire pas du tout.

**Caractéristique organoleptique :** Caractéristique d'un produit perçue par l'un des 5 sens olfactif, gustatif, visuel, auditif ou tactile.

**Consommateur :** Individu de la population ciblée par un produit.

**Défaut perçu d'un produit (ici) :** Modalité d'un caractère JAR (« Trop » ou « Pas assez » prononcé) significativement exprimé par le panel enquêté.

**Dégustateur :** Individu de l'échantillon enquêté pour l'étude d'un produit.

**Données JAR :** Indice de perception d'une caractéristique spécifique d'un produit selon une notion d'équilibre (acronyme de « Just about right »).

**Évaluation hédonique :** Évaluation du plaisir procuré par l'objet d'étude (ici, un produit alimentaire).

**Impact :** Influence d'un défaut sur le produit, évalué par la pénalité pondérée.

**Panel :** Ensemble des dégustateurs recrutés pour une étude sensorielle.

**Pénalité :** Baisse d'appréciation hédonique due à la perception d'un défaut spécifique du produit.

**Pénalité globale :** Baisse d'appréciation hédonique due à une perception non-satisfaisante du produit, quelle qu'elle soit.

**Pénalité pondérée (ou pénalité totale) :** Pénalité d'un défaut, rapportée à l'effectif partageant la perception de ce défaut.

**Scores JAR :** Réponses possibles à une question JAR.

**Suivi routinier (ici) :** Évaluation annuelle de qualité.

# Remerciements

Le cadre de ce stage de fin d'étude fait de cette expérience professionnelle la plus agréable et la plus formatrice qu'il m'ait été donné de vivre, aussi je ne peux en parler sans remercier les personnes à qui je dois ces 6 mois de plaisir :

Merci à Yollanda Justes-Monso qui m'a supervisé avec bienveillance et beaucoup d'attention au sein de l'équipe où je fus en poste, et dont la bonne humeur communicative a égayé mon stage.

Merci à Pauline Belleil et Justine Welty pour leur aide régulière, leur camaraderie quotidienne et leurs contributions multiples à la validation de ce projet.

Merci à Laure Pouret, Dado N'diaye et Elisabeth pour avoir été également très présentes et soucieuses de m'intégrer comme il se devait au quotidien avec beaucoup de convivialité.

Merci à Julien Fontmorin pour sa patience malgré mes nombreuses sollicitations fastidieuses et son implication sans faille pour répondre à mes besoins.

Merci à Katel Lerat pour sa contribution active au projet d'Essais Inter-Laboratoire.

Merci enfin, et surtout, à Chantal Abadie, ma maîtresse de stage, qui a su faire un travail d'encadrement admirable ; me laisser la liberté d'expression nécessaire pour exprimer ma créativité et m'épanouir dans ce stage, mais aussi m'orienter dans les moments de besoin. Grâce à elle ce stage fut un enseignement riche des pratiques institutionnelles et en particulier de la conduite de projet. Elle a parfaitement su m'aider à produire le meilleur de moi-même et corriger mes faiblesses, et pour tout cela je lui suis extrêmement reconnaissant.

# Avant-propos

AQUALEHA, la structure encadrant ce stage, est issue de la fusion d'AQUA, cabinet d'audit, et du LEHA : Laboratoire d'Études et d'Hygiène Alimentaire. Le LEHA est un laboratoire prestataire de services en analyse sensorielle, réalisant essentiellement du suivi routinier (évaluation annuelle de qualité) pour de grandes enseignes de distribution, ainsi qu'un moindre volume d'études *ad hoc* pour des clients plus ponctuels. Il s'agit d'un établissement indépendant, regroupant un total de 4 sites de tests (à Rennes, à Vitré, à Bruxelles en Belgique et à Torres Novas au Portugal) et dont l'historique couvre une période totale de 25 ans.

# Introduction

L'analyse sensorielle, ou sensométrie, est la science dédiée à l'évaluation des perceptions sensorielles (le goût, la vue, l'ouïe, l'odorat et le toucher). Ces évaluations peuvent porter sur une mesure aussi objective que possible des caractéristiques organoleptiques (à l'aide d'un panel de dégustateurs entraînés) ou bien sur l'évaluation de l'appréciation d'un produit par les consommateurs (à l'aide d'un panel dit « naïf »). Les analyses réalisées par le laboratoire AQUALEHA relèvent uniquement du second cas. Il s'agit essentiellement d'évaluations hédoniques, permettant de répondre aux problématiques d'études de marché souhaitées par ses clients.

Jusqu'à maintenant, le laboratoire réalise en grande majorité du suivi routinier. Pour chaque test réalisé, les panels notent la sensation de plaisir que leur procurent dans l'ensemble (et éventuellement également au niveau du goût, de l'aspect, de l'odeur ou de la texture) les produits présentés. Cette évaluation hédonique s'accompagne également d'un recueil de commentaires libres, positifs ou négatifs, permettant au panel d'exprimer l'ensemble de ses impressions. En plus de ces 2 évaluations systématiques, d'autres éléments sont parfois souhaités par les clients : *l'intention de re-consommation du produit, la préférence entre 2 produits, le degré d'accord* avec une ou plusieurs propositions, ou *la perception sur une échelle JAR* d'une ou plusieurs caractéristiques spécifiques du produit.

Les données JAR sont des données particulièrement utiles permettant de cerner les causes de l'appréciation d'un produit par le consommateur. Cette information permet à l'industriel d'avoir une idée précise de la façon d'ajuster son produit pour que celui-ci réponde au mieux aux attentes du public ciblé, et de maximiser ainsi son succès. Le laboratoire a constaté que les demandes autour de telles données devenaient (bien que réduites à un faible volume) de plus en plus réclamées par certains industriels. Or, du fait du volume très restreint de demandes de données JAR, le laboratoire ne proposait jusqu'alors qu'une exploitation incomplète de l'information détenue par ces données. Afin de pouvoir répondre pleinement aux attentes de ses clients, et même de les anticiper, AQUALEHA souhaite intégrer à son catalogue de prestations la méthode de référence en matière d'analyse des données JAR : *l'analyse des pénalités*.

Ce projet de conception d'un outil de traitement est l'un des 2 principaux que j'ai été amené à prendre en charge au cours de ce stage, et le seul dont la gestion m'ait été confiée dans son intégralité : depuis sa conception jusqu'à sa finalisation, ainsi que la prise en charge de la communication interne (à destination des services commerciaux et d'analyse) et la préparation de la communication externe (à destination des clients). Par son ampleur, ce projet couvre partiellement le second (dédié à la réalisation d'Essais Inter-Laboratoires), qui sera évoqué à titre de présentation des résultats sur une étude de cas concret.

Ce travail est l'objet d'une réflexion en cours depuis maintenant un an, initié par un précédent stagiaire[1, LALLEMANT 2015]. C'est l'aboutissement de ce projet qui est présenté ici. Afin de rendre compte de la démarche suivie au cours de celui-ci, j'en détaillerai tout d'abord le contexte avant d'aborder la réflexion en ayant découlé, puis je mettrai l'accent sur la conception de l'outil pour en présenter finalement les performances à travers une analyse de données d'essai.

# Partie 1

## Contextualisation

### 1.1 Identification du cadre d'étude

Les dernières années, et celle-ci plus encore, ont vu l'émergence d'une nouveauté parmi les demandes des clients d'AQUALEHA : le traitement de données JAR, et parfois plus spécifiquement l'analyse des pénalités. Bien que le laboratoire ait pris en charge le recueil de données JAR, il manquait d'expertise sur la question et ne disposait pas de la capacité d'analyser les pénalités réclamées. N'ayant ni l'habitude, ni la compétence, ni même la connaissance du traitement de ces données et de l'interprétation des informations apportées, le laboratoire a engagé la réflexion sur les moyens d'intégrer cette inconnue à son portefeuille de compétences. Des recherches d'approfondissement sur le sujet ont donc été entreprises dès 2015 [1], qui ont donné lieu à une première esquisse du sujet, ainsi qu'aux éléments d'une première méthode d'analyse. Ces recherches d'apprentissage sur le sujet, poursuivies cette année, ont permis au laboratoire de mieux appréhender la nature des données JAR et l'intérêt de leur exploitation dans le cadre d'une analyse sensorielle, en particulier grâce à l'analyse des pénalités.

#### 1.1.1 Les données JAR, pilier de l'étude

Au cœur de la question d'amélioration d'un produit sont les données JAR. « JAR » est l'acronyme anglais de « Just About Right », littéralement « Juste ce qu'il faut » ou « Juste bien ». Cette appellation découle de la nature de ce type de données très particulières. Alors que les questions hédoniques portent sur le plaisir procuré au dégustateur par le produit, les questions JAR portent quant à elles sur la perception de ce produit. Cette perception repose nécessairement sur des critères précis que souhaite évaluer l'industriel et qui doivent idéalement l'aider à identifier les pistes d'amélioration de son produit. L'une des grandes problématiques à laquelle se confronte l'agro-alimentaire réside dans la supposition de l'existence d'un produit *idéal* aux yeux du consommateur. Par définition ce produit n'existe pas, c'est un produit de l'imagination, propre à chacun, et n'a donc que peu de chances d'être consensuel dans l'ensemble de la population [2, JAHNKE 2005]. Il s'agit alors pour le fabricant d'essayer d'approcher au mieux cet idéal afin de satisfaire autant que possible les attentes du consommateur ciblé et, par là même, vendre son produit.

À l'inverse de la notation hédonique, l'échelle de notation JAR n'est pas linéaire. Il s'agit d'une échelle en double-opposition : où le centre correspond à un juste milieu (satisfaction : le « Juste bien ») et les extrémités correspondent à 2 niveaux antagonistes d'insatisfaction. Il existe de nombreuses déclinaisons de cette échelle autour de la manière de nuancer les niveaux d'insatisfaction [cf. figure 1.1] : selon les usages, elle peut varier de 3, 5, 7 ou même 9 points [3, MACFIE 2007], 5 étant de loin le plus courant : près de 52% des chargés d'étude sensorielle utilisent exclusivement cette échelle [4, ROTHMAN AND ALL. 2009]. Dans certains cas, cette échelle peut être graduée de 0 à 100 ou même être continue. Mais de tels cas ne se prêtent pas à l'analyse des pénalités et ne sont donc utilisés que dans des contextes particuliers. Dans l'optique de la réalisation d'une telle analyse, ce sont surtout les échelles en 3 ou 5 points qui sont privilégiées.

En règle générale, l'expérience montre que dans un cadre de recherche d'optimisation d'un ou plusieurs caractères d'un produit, les échelles plus restreintes semblent plus adaptées : un trop grand nombre de nuances possibles de réponses tend à réduire la précision des interprétations. [5, DE LAS MERCEDES LÓPEZ OSORNIO

2010]

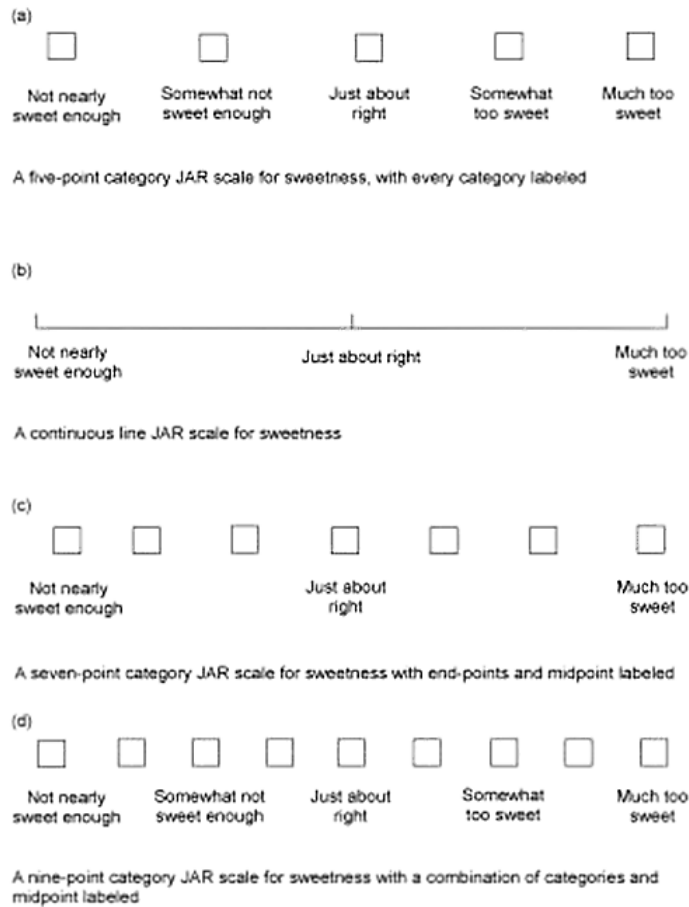


FIGURE 1.1 – Exemple d'échelles JAR

Source: *MacFie 2007*

### 1.1.2 La perception du produit, source du plaisir procuré

L'utilisation de questions JAR dans une évaluation permet le recueil d'un grand nombre d'informations sur la perception des produits par les dégustateurs. Lors de cette évaluation, le dégustateur doit comparer le produit à l'idéal qu'il se représente, et indiquer si ce produit satisfait ses attentes ou non [2, JAHNKE 2005]. L'atout principal des questions JAR consiste en ce qu'elles renseignent non-seulement sur la satisfaction du dégustateur, *mais aussi et surtout sur les causes de son insatisfaction*. Ceci permet d'identifier immédiatement les caractéristiques du produit en désaccord avec les attentes du consommateur. Ces données constituent de fait un intérêt majeur dans les analyses R&D ou de Qualité, et pour toute problématique d'amélioration d'un produit.

## 1.2 Exploration des méthodes adaptées

Il existe une profusion de méthodes de traitement appropriées à l'analyse des données JAR : de la simple lecture de tableaux ou de graphiques à la réalisation de modèles complexes requérant des outils spécifiques [4, ROTHMAN AND ALL. 2009].



### 1.2.1 Le traitement réalisé par le laboratoire

Le laboratoire n'ayant pas encore la maîtrise des méthodes de traitement existantes, la seule analyse proposée pour le traitement des données JAR était donc la plus simple de toute : la réalisation de diagrammes de distribution des réponses [cf. figure 1.2]. L'utilisation de diagrammes présente l'avantage de permettre à elle-seule un examen visuel efficace des données.

Fréquences des réponses données par les dégustateurs à la question "A propos du goût de ce produit, vous diriez qu'il est... : vraiment pas assez sucré / plutôt pas assez sucré / juste bien sucré / un peu trop sucré / vraiment trop sucré ?" :

	Vraiment pas assez sucré (Effectif / %)	Plutôt pas assez sucré (Effectif / %)	Juste bien sucré (Effectif / %)	Un peu trop sucré (Effectif / %)	Vraiment trop sucré (Effectif / %)
<b>PANEL GLOBAL</b> (120 dégustateurs)	4 (3,33%)	19 (15,83%)	83 (69,17%)	13 (10,83%)	1 (0,83%)

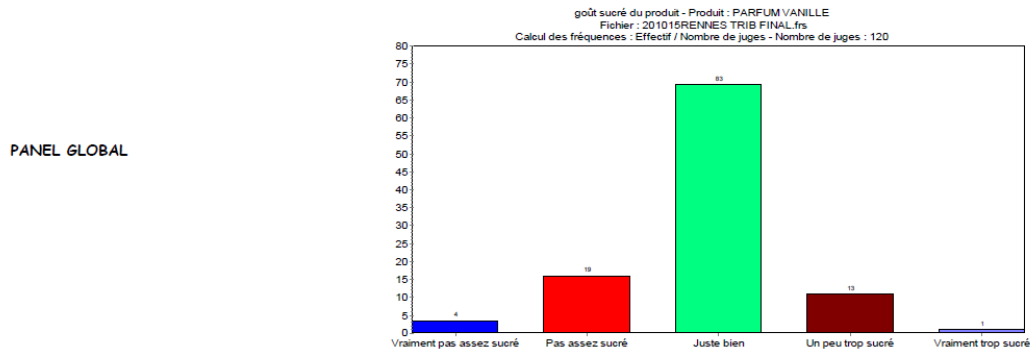


FIGURE 1.2 – Exemple de l'ancien modèle d'analyse JAR proposé par le laboratoire  
Source: AQUALEHA

### 1.2.2 Les analyses descriptives

L'apport d'informations quant à la façon dont un produit est perçu par le consommateur peut-être abordée sous différents angles. Le premier consiste à considérer la perception du consommateur comme un critère classique d'évaluation du produit, et la traiter donc comme telle. Il est alors possible d'évaluer la tendance de chaque produit à satisfaire ces critères, et même d'apparenter tous les produits entre-eux par comparaison de leurs profils JAR. On parle respectivement d'analyses intra-produit et inter-produits.

Ces analyses n'étant pas ici au coeur du sujet, elles sont détaillées en **Annexe A**. Néanmoins, ces analyses étant évoquées par la suite, il est à noter que les tests inter-produits relèvent de la famille des tests de Cochran-Mantel-Haenszel (CMH). Le test de CMH permettant de révéler l'existence d'une différence au sein de l'ensemble des profils JAR, sans renseigner sur les éléments différents. Le test de Stuart-Maxwell, restreint à des comparaisons par paire permet d'identifier les profils différents sans connaître la nature de cette différence. Les tests de McNemar sur chaque modalité de réponse JAR permettent d'identifier quant à eux les causes précises des différences entre chaque produit.

### 1.2.3 Les analyses factorielles

Ce type d'analyse n'étant pas usuel pour les équipes du laboratoire AQUALEHA, il n'a pas été considéré ici.

## 1.2.4 L'analyse des pénalités

Une autre possibilité est de concevoir la perception du produit comme une cause de son appréciation et non plus comme un élément à part entière de celle-ci. Il s'agit alors de cerner en quoi chaque perception possible affecte l'appréciation du consommateur [6, WALKER]. Cet état d'esprit est celui de l'analyse des pénalités.

**Apport de la méthode** Cette analyse s'inscrit dans une démarche d'adaptation à des demandes spécifiques des clients. Pour le laboratoire il s'agit d'établir un suivi beaucoup plus personnalisé de leurs projets, grâce à un recueil de données supplémentaires.

La méthode consiste à déterminer pour chaque caractéristique JAR évaluée si une insatisfaction (*trop/pas assez*) est liée à une différence significative de notation. Pour reprendre l'exemple présenté à la figure 1.2, il s'agit de savoir si le fait qu'un produit soit perçu *insuffisamment sucré* par une partie du panel entraîne une diminution notable de son appréciation globale.

L'intérêt majeur pour le commanditaire de l'étude réside dans l'identification des pistes d'améliorations effectives pour ses produits. En effet, les conclusions tirées par l'analyse des pénalités ne sont pas toujours proportionnelles à l'intensité des distributions. C'est-à-dire qu'elles peuvent différer de ce qu'une simple analyse des profils aurait suggéré [cf. Annexe A]. Ces indications ne permettent ni de savoir avec quelle intensité opérer une modification, ni en quelles proportions cela affectera l'appréciation des consommateurs. Néanmoins, il s'agit d'une information cruciale pour disposer d'une sérieuse piste d'amélioration et ne pas être démuni au moment d'ajuster la recette d'un produit.

**Définition de la pénalité** Du fait de la conception de l'échelle JAR, on s'attend systématiquement à ce qu'une insatisfaction (toute réponse autre que « Juste bien ») entraîne une diminution de la note hédonique ou, à défaut, qu'elle n'ait pas d'effet. L'emploi du terme de pénalité est issu de cette notion de recherche des caractéristiques susceptibles d'amoindrir la satisfaction des consommateurs vis à vis d'un produit. La pénalité est donc la différence d'appréciation hédonique existant entre la moyenne d'une catégorie JAR et la moyenne de référence. Celle-ci peut-être mesurée de 2 manières [7, PLAETHN AND ALL., 2009] :

**Grand Mean :** la première consiste à mesurer l'écart de notation apporté par chaque catégorie JAR *par rapport à la moyenne hédonique globale*

**JAR Mean :** la seconde consiste à mesurer l'écart de notation apporté par chaque catégorie JAR *par rapport à la catégorie « Juste bien »*

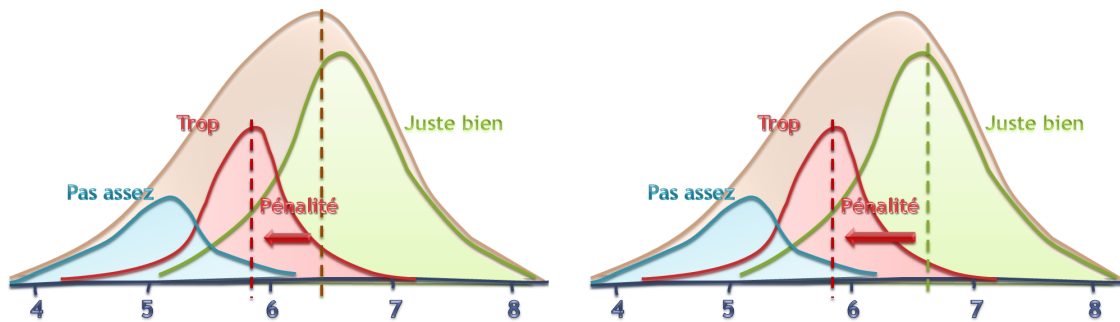


FIGURE 1.3 – Calcul de la pénalité : modèles Grand Mean (gauche) et JAR Mean (droite)

Dans le cas d'une pénalité définie par la méthode *Grand Mean*, on attribue une pénalité à chaque modalité JAR et notamment à la catégorie « Juste bien ». Cette dernière est de fait, (quasi) systématiquement favorisante, c'est-à-dire que sa moyenne est supérieure à la moyenne globale, tandis que les autres catégories sont plus ou moins pénalisantes, et donc diminuent la moyenne.

Dans le cas d'une pénalité définie par la méthode *JAR Mean*, on n'attribue une pénalité qu'aux modalités insatisfaisantes et pas à la catégorie « Juste bien ». On compare donc la moyenne des juges ayant donné pour

réponse une modalité d'insatisfaction avec la moyenne de ceux ayant donné la réponse « Juste bien ». Cette procédure suppose que l'appréciation maximale est nécessairement observée pour cette modalité, et entend ainsi mettre en évidence l'effet direct d'une perception insatisfaisante sur l'appréciation hédonique idéale.

Ces 2 méthodes conduisent aux mêmes conclusions, néanmoins la seconde est plus aisée à interpréter et nécessite moins de calculs, ce qui en fait la plus employée et pratiquement la seule évoquée dans la littérature, et de fait celle retenue ici.

**Calcul des pénalités** Le calcul des pénalités est issu d'un modèle statistique d'analyse de la variance (ANOVA). Les raisons de ce choix ainsi que le détail du modèle sont décrits à l'**Annexe B.3**. En plus de la pénalité d'une modalité JAR, on évalue également la significativité de celle-ci (la confiance avec laquelle on estime que le résultat traduit l'existence d'un effet). Par défaut on fixe le risque d'erreur à un seuil de 5%, mais le client est libre de choisir un seuil plus restrictif.

**Interprétation des résultats** La connaissance de la significativité d'un effet n'est pas la seule aspiration du commanditaire de l'étude. L'essentiel reste d'évaluer l'ampleur de cet effet. C'est dans cet objectif que sont calculées les pénalités pondérées. La pénalité pondérée rapporte chaque pénalité à la taille du groupe qui lui est associé, selon la formule suivante [8, SOCIETY OF SENSORY PROFESSIONALS] :

$$Pénalité\ pondérée = Pénalité * \frac{Effectif}{Effectif\ total}$$

Il s'agit d'un estimateur de l'impact d'un défaut de perception sur la note hédonique. Cet estimateur permet d'une part de relativiser l'importance d'un défaut selon le consensus autour de sa perception, et assure d'autre part une base de comparaison équitable entre chaque défaut. Des seuils d'interprétation des valeurs de pénalités pondérées ainsi obtenues ont été mis en place par l'apprentissage empirique et sont largement répendus dans la littérature [6].

Pénalité pondérée	Impact	Interprétation
< 0.15	Satisfaisant	Produit peu ou pas pénalisé par l'attribut
0.15 - 0.25	Correct	Surveiller le produit, pas d'amélioration à envisager
0.25 - 0.5	Préoccupant	Considérer une amélioration du produit sur cet attribut
> 0.5	Alarmant	Nécessité d'améliorer le produit sur cet attribut

TABLE 1.1 – Seuils d'interprétation des pénalités

## Partie 2

# Réflexion

Une fois la connaissance des méthodes de traitement existantes acquise, se pose la question de la mise en pratique quotidienne. Si une partie des traitements évoqués [cf. section 1.2.2] sont réalisables à l'aide des moyens du laboratoire AQUALEHA, la principale, l'analyse des pénalités [cf. section 1.2.4], ne l'est pas. Il s'agit donc de réfléchir à l'outil le plus adapté pour intégrer cette analyse aux pratiques du laboratoire.

### 2.1 État des moyens disponibles

De la réflexion entreprise par le laboratoire, 2 objectifs clairs émergent :

**appréhender les données JAR** : Il s'agit en premier lieu d'en comprendre la nature et de cerner leurs implications. C'est un processus à long terme ; un véritable apprentissage d'ores et déjà entamé, qui nécessitera encore quelques années de pratique avant de parler véritablement d'expertise.

**maîtriser l'analyse des pénalités** : Là encore il est question d'apprentissage, par la capacité à réaliser l'analyse dans un premier temps, et par l'acquisition d'une expertise dans un second temps.

Cependant, l'atteinte de tels objectifs est subordonnée aux capacités propres du laboratoire, et il convient avant tout de les identifier.

#### 2.1.1 Ressources matérielles

Du point de vue matériel, le laboratoire dispose de salles de tests et d'outils de traitement accrédités COFRAC [9, AFNOR NF V09-500].

Côté traitement, 3 logiciels sont à disposition du laboratoire :

- **Fizz**, édité par *Biosystèmes* [10], est le logiciel employé pour le recueil et le traitement des données. Il permet notamment le recueil de données JAR, déjà mis en place par le laboratoire. Fizz ne permet en revanche de réaliser que des analyses courantes sur les données JAR. Il est capable de produire des analyses descriptives [cf. Annexe A] ou même de réaliser une ANOVA, néanmoins il ne peut pousser l'exploitation de cette dernière jusqu'à l'analyse des pénalités. Celle-ci requiert d'ailleurs une mise en forme préalable des données que le logiciel n'est pas en mesure de réaliser.
- **Microsoft Excel** est un logiciel couramment employé par de nombreux services du laboratoire AQUALEHA pour un grand nombre de tâches, et notamment pour la rédaction des rapports *ad hoc*.
- **R** est un logiciel faisant référence en la matière de traitement statistique [11, SITE WEB R PROJECT]. Il est employé ici pour le calcul des puissances de test.

#### 2.1.2 Ressources humaines

Ce projet s'est construit en interaction avec plusieurs équipes du laboratoire.

L'équipe en charge de l'analyse des données (service Rapport d'Études d'Analyses Sensorielles ou REAS) est à l'évidence la première d'entre-elles. C'est au sein de ce service que je fus déployé en tant que *Chargé d'analyse sensorielle*. Sous la direction de Yolanda Justes-Monso, l'équipe est composée de 2 techniciennes statistiques en charge de la réalisation des analyses statistiques, de la rédaction et de la validation des rapports. Toutes 3 ont largement contribué à orienter la conception de ce projet en accord avec les besoins possibles des clients, la bonne interprétation des résultats et la rédaction du rapport.

Cette équipe n'est pas habituée à l'exploitation de données JAR. Ce type d'échelle ne lui est pas familier et leur interprétation requiert donc plus d'investissement que les analyses usuelles. Les analyses au-delà de l'observation des profils de distribution des réponses lui étaient jusqu'alors inconnues et nécessitaient donc un apprentissage. Les logiciels *Fizz* et *Excel* sont fréquemment employés et bien connus de l'équipe. *R* n'est en revanche employé qu'à travers un script pré-écrit, et est donc très peu maîtrisé.

Le laboratoire dispose également d'un service informatique participant à toute réflexion liée à l'installation et l'évolution des logiciels.

## 2.2 Analyse des besoins

À l'issue de ce bilan, les besoins identifiés sont de 2 ordres :

**mise en place d'un outil adapté :** Un tel outil se doit d'être simple à utiliser pour l'équipe en place et suffisamment souple pour s'adapter aux besoins des commanditaires des études.

**apport des connaissances nécessaires aux équipes :** Pour permettre d'intégrer avec efficacité et durabilité la compétence de traitement au sein du laboratoire, il est nécessaire de former l'équipe d'analyse à la connaissance des données et des méthodes associées [cf sections 1.1.1 et 1.2], et de présenter à l'équipe commerciale les implications pour les clients [cf. section 1.2.4].

La suite de la réflexion décrit la démarche retenue pour valider ces 2 impératifs.

## 2.3 Choix de la méthode

### 2.3.1 État des solutions existantes

La première étape d'une telle démarche passe par l'analyse des solutions déjà existantes. De fait, il existe sur le marché un logiciel statistique adapté à ce besoin : *XLSTAT*.

**XLSTAT** *XLSTAT* est un complément logiciel pour *Microsoft Excel* [12, SITE WEB XLSTAT]. Ce logiciel est donc assez simple d'utilisation, et donc aisé à intégrer pour les équipes d'analyses du laboratoire. Cependant, outre le fait qu'il réalise un traitement selon la méthode de *Mean drop* (bien que la présentation du logiciel affirme faire usage d'ANOVA), sa licence représente un coût annuel de 495,00€ (acquisition de la version *XLSTAT-Sensory*) : une dépense inenvisageable pour le laboratoire au vu du volume de commandes ayant recours à des données JAR.

L'autre recours consiste au développement interne d'un outil de traitement. Là encore plusieurs solutions (gratuites) sont envisageables :

**Excel** *Microsoft Excel* est bien connu du service d'analyse et sa licence est également déjà payée (aucun coût supplémentaire). L'emploi d'un tableur *Excel* a d'ailleurs été la solution proposée par le précédent stagiaire ayant amorcé cette réflexion [1, LALLEMANT 2015]. Une telle solution fonctionne parfaitement pour la réalisation d'une analyse de type *Mean drop*, mais n'est pas conçu pour réaliser d'ANOVA (cette fonction ne faisant pas partie du registre d'*Excel*). De plus, bien que fonctionnelle, l'utilisation des fonctionnalités de tableur n'est pas parfaitement automatisée, car elle dépend très étroitement du format et de la taille des données. Ceci requiert donc un certain nombre d'opérations manuelles de la part de l'utilisateur, ce qui nécessite en conséquent beaucoup de temps et implique de multiples risques d'erreurs. Du fait du manque d'ergonomie d'un tel outil, celui-ci a été abandonné.

**R** Les fonctions du logiciel *R* sont multiples et couvrent sans peine la réalisation de l'analyse des pénalités, et notamment par le biais d'ANOVA. Il est possible d'ajuster à loisir les algorithmes de traitement désirés, ainsi que de les automatiser intégralement. Cependant, une telle liberté d'action s'accompagne nécessairement d'une connaissance de programmation, connaissance qui fait défaut aux équipes d'analyse du laboratoire. La réalisation d'un simple script pré-rédigé à appliquer aux données n'est pas envisageable, d'une part du fait de l'incapacité des équipes à ajuster le code en cas de besoin (risque fréquent du fait de la grande variabilité des études d'un client à l'autre), et d'autre part car les sorties produites par *R* ne sont pas directement adaptées à la transposition vers un autre support (surtout dans le cas d'objets à plus de 2 dimensions, impossibles à visualiser tels quels dans un tableau [cf. section D.1]).

À l'issue de ces 2 propositions, on note que chacune présente des avantages complémentaires à l'autre. L'idéal serait un outil proposant une synthèse des atouts de chacune. Une solution parfaitement adaptée apparaît : le complément *RExcel* de *Microsoft Excel*.

### 2.3.2 Solution privilégiée

*RExcel*, tout comme *XLSTAT*, est un complément de *Microsoft Excel*, permettant l'appel des compétences de *R* au sein de l'environnement d'Excel [13, WIKI PRÉSENTATION REXCEL]. Cette solution est donc le compromis parfait entre la performance des analyses offerte par *R* et la facilité d'utilisation d'Excel. Cette utilisation conjointe des 2 logiciels nécessite l'emploi simultané de 2 langages de programmation : VBA (employé pour l'utilisation de macros sous Excel) et *R*. Cette connaissance n'est cependant nécessaire que lors de la conception de l'interface et des fonctionnalités nécessaires au traitement, et n'est plus requise lors de l'utilisation de cette interface.

## 2.4 Matériel nécessaire

La procédure d'installation de *RExcel* est détaillée sur le wiki dédié [13, WIKI PRÉSENTATION REXCEL]. Celle-ci requiert de nombreux éléments pour être opérationnelle.

**Excel** *RExcel* étant un complément de *Microsoft Excel*, ce dernier est bien évidemment requis. Les versions 2007, 2010, 2013 ou 2016 sont indiquées compatibles, néanmoins il s'est avéré sur les tests réalisés en interne que l'exécution de *RExcel* était beaucoup plus rapide avec la version 2007 qu'avec les plus récentes. Le choix a donc été fait d'utiliser la version 2007.

**R** Le logiciel *R* doit être en mesure de communiquer avec *Excel*. Pour cela, une version supérieure à la 2.15.1 est requise (de préférence la plus récente). En plus du numéro de version, 2 packages sont requis et doivent être installés en mode administrateur :

- le package *rcom* de *R* permet à *R* de s'exécuter en même temps qu'un programme tiers et de communiquer avec.
- le package *rscproxy* de *R* est une dépendance du package *rcom*, nécessaire à son fonctionnement depuis la version 2.8.0 de *R*.

L'installation du package *rcom* peut s'avérer fastidieuse selon la version de *R*. Il est alors nécessaire d'aller rechercher manuellement ce package.

**Statconn** L'emploi d'un serveur *statconnDCOM* permet d'intégrer un environnement *R* en arrière plan de celui d'*Excel*. Cet environnement n'est accessible que via *Excel* et n'est donc pas partagé avec une autre application de *R* en cours.

**RExcel** L'installation de *RExcel* est très lourde en contraintes. Elle nécessite de vérifier la compatibilité du nombre de bits entre la version d'*Excel* et celle de *R* et de choisir la version de *RExcel* en conséquent. Enfin il est impératif de s'assurer du chemin d'accès de la référence *RExcel.xla* créée lors de l'installation, celle-ci étant requise pour la bonne intégration du complément *RExcel* à l'environnement *Excel*.

**Custom UI Editor** *Custom UI Editor* est un autre logiciel, non-indispensable au fonctionnement de *RExcel*, mais dont la fonction est d'éditer le ruban de fonctionnalités d'*Excel*, et donc d'y ajouter une rubrique personnalisée. Cette section permettra d'utiliser les fonctionnalités programmées de manière totalement automatisée [cf. figure 2.1].

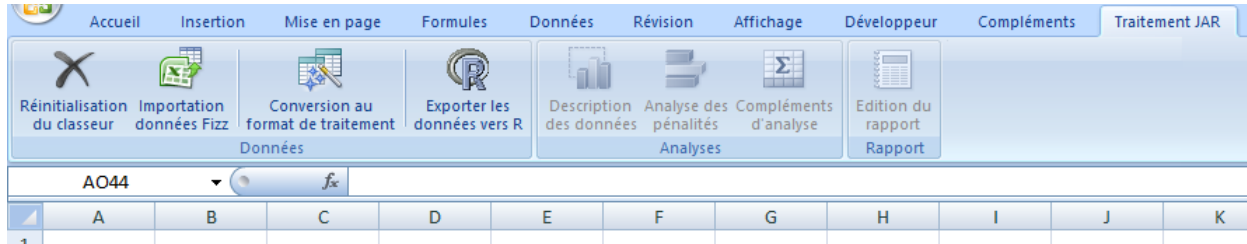


FIGURE 2.1 – Ruban Excel personnalisé

Source: AQUALEHA

## 2.5 Pérénisation

Le service informatique, en la personne de Julien Fontmorin (administrateur système), a été activement sollicité lors de ces étapes du projet ; de l'installation des logiciels nécessaires jusqu'à la réflexion autour d'une solution de pérénisation de l'outil conçu. En effet, malgré les nombreux avantages de l'emploi de *RExcel*, un certain nombre de contraintes s'imposent également.

**Une installation lourde** Comme le soulignent certains aspects évoqués dans le matériel nécessaire à l'installation de *RExcel*, cette installation est délicate et peut faire l'objet de nombreux heurts (plusieurs heures d'échange avec le service informatique du laboratoire ont été nécessaires avant que l'application ne soit opérationnelle). Un tel logiciel est de fait trop lourd à installer sur plusieurs machines.

**Une connaissance de programmation nécessaire** La bonne configuration de l'outil nécessite une double connaissance de programmation [cf. Annexe D] dont ne dispose pas le Service Informatique d'AQUALEHA. Ce dernier n'a donc pas la capacité d'intervenir sur le code en cas de besoin, ce qui exclu d'office d'envisager que l'outil vienne à être modifié. Il doit donc être livré complet et paré à toute éventualité.

**Mise à jour de l'environnement** Du fait des nombreuses dépendances de l'installation, ainsi que de la récupération des données récoltées par le laboratoire à l'aide du logiciel *Fizz*, les risques d'altération de l'outil suite à une mise à jour sont nombreux. Il convient donc de les prévenir.

**Utilisation d'une machine virtuelle** À l'issue d'une concertation avec le Service Informatique, une proposition a été soumise par l'administrateur système (Julien Fontmorin) pour se soustraire d'un seul coup à toutes ces contraintes : l'installation de l'outil sur une machine virtuelle.

Cette machine virtuelle consiste en une session utilisateur classique du réseau de l'entreprise, mais n'étant liée physiquement à aucun poste informatique. Il est donc possible de s'y connecter à distance depuis n'importe quel poste ou session. De fait, une unique installation est requise pour un emploi possible par tous. Il n'est cependant possible d'accueillir qu'une seule connexion à la fois sur la machine, une limite acceptable en raison du faible volume d'analyses concernées et de la rapidité du traitement.

Cet environnement à part est également protégé de tout risque de mise à jour inopportune, et dispose également d'une sauvegarde, pouvant permettre de réinitialiser l'outil dans son état d'origine en cas de besoin (sans nécessiter d'intervention sur le code).

Le seul bémol de cette solution réside dans une légère altération des graphiques produits par *R*. Néanmoins, celle-ci reste minime et totalement négligeable devant les bénéfices apportés.

## 2.6 Suivi de l'avancement et respect des délais

Dès le commencement du projet, la deadline de clôture est parfaitement identifiée : le jour de fin du stage. Afin de s'assurer de mener au bout l'ensemble des tâches requises, une nécessité s'impose : la mise en place d'un planning prévisionnel sur l'ensemble du temps imparti [cf. Annexe C].

Les grands ensembles d'étapes requises pour réaliser la conception de l'outil, ainsi que les besoins annexes sont rapidement identifiés et programmés sur les 6 mois du stage en laissant quelques marges de dépassement pour compléter les besoins au fur et à mesure de l'avancement du travail. Chaque étape constitutive du projet est achevée et validée par une séquence de revue de projet, sous la forme d'un focus de groupe ou d'un rapport.

Au lancement du projet, seule la conception de l'outil (pourvu des capacités de représentation graphique, d'analyses descriptives et d'analyse des pénalités) était planifiée. Du fait de l'avancement rapide du projet et du temps disponible, cette conception s'est peu à peu étoffée pour devenir plus riche que prévue dans la qualité de la présentation des résultats et de la quantité d'information délivrée. Finalement, non seulement les objectifs fixés furent atteints, mais il furent même dépassés par l'ajout de nombreuses fonctionnalités permettant de prévenir le maximum d'erreurs de manipulation et d'assurer la compatibilité du traitement avec tous les cas de figures imaginables, mais également par la réflexion de la pérennisation durable de l'outil ainsi que toute la communication interne autour des apports de ce projets.

Un seul des suppléments envisagés ne put être intégré également au projet : l'ajout d'une fonction de pré-remplissage automatisé du rapport client. Une fonctionnalité qui aurait permis un gain de temps considérable à la rédaction, mais qui aurait nécessité une échéance plus longue de quelques semaines.



## Partie 3

# Conception

### 3.1 Validation du projet

Avec toutes ces notions en tête, vint le temps de fixer la ligne directrice et d’entamer la réalisation du projet.

#### 3.1.1 Essais techniques

En vue d’obtenir l’approbation de l’équipe en place, un travail préalable de test de toutes les méthodes d’analyses évoquées [cf. section 1.2] fut entrepris. Ce travail eut pour objectif premier de vérifier la capacité à mener à bien ces analyses sur des données de l’historique du laboratoire, et également d’être en mesure d’évaluer les apports de chacune aux objectifs des clients. Ce fut notamment l’occasion de confronter entre-elles certaines méthodes de traitement.

À l’issue de ces tests, il fut préconisé d’employer un modèle d’ANOVA pour le calcul des pénalités [cf. Annexe B.3]. Les tests de CMH et de Stuart-Maxwell [cf. Annexe A] furent écartés, au profit de l’emploi d’un test de PPDS (plus petite différence significative) capable d’identifier aussi bien l’ensemble des différences entre produits en un unique test, que de proposer des groupes de similarité.

#### 3.1.2 Réalisation d’une maquette de l’outil

L’ensemble des résultats fut ensuite agencé sous la forme d’une ébauche de productions issues de RExcel. Il y fut proposé l’organisation des fonctionnalités au sein du ruban Excel, ainsi que la structuration des feuilles de calculs.

#### 3.1.3 Approbation des équipes

L’ensemble des travaux de recherche, ainsi que les conclusions des tests effectués et cette maquette firent l’objet d’une présentation à un groupe de réflexion composé de l’équipe d’analyse des données et de la responsable de l’organisation des études. Cette réflexion permit de statuer que l’outil s’accordait bien avec les phases de recueil et d’analyse des données. À l’issue de celle-ci, il fut convenu de :

- l’emploi de RExcel comme solution logicielle adaptée [cf. Annexe 2.3.2]
- l’utilisation d’un modèle d’ANOVA pour le calcul des pénalités [cf. Annexe B.3]
- présenter la distribution visuelle des profils JAR sous forme d’histogrammes empilés [cf. section 4.2]
- étayer les résultats d’analyse des pénalités par des représentations graphiques [cf. figures 4.5 et 4.6]
- réaliser également les résultats d’analyses descriptives, en temps que support à l’interprétation, sans les joindre au rapport final [cf. Annexe A]

## 3.2 Programmation

Les tâches de programmation furent les plus longues des étapes de réalisation de ce projet. Cette section est détaillée à l'annexe D.

### 3.2.1 Script R : le traitement statistique

Le langage R est dédié ici à toute la partie de traitement statistique. C'est sous ce langage que s'opèrent la réalisation des tableaux de distribution des profils JAR, des analyses descriptives, de l'analyse des pénalités et des graphiques correspondants.

### 3.2.2 Script VBA : la présentation des résultats

Le langage VBA est dédié ici à l'articulation des fonctions de gestion et d'analyse des données réalisées par R, ainsi qu'à la présentation des résultats. Celui-ci permet d'assister chaque étape du traitement des données à l'aide de formulaires et de remplir les feuilles de calcul en conséquence.

## 3.3 Mise à l'épreuve

Les nombreuses phases de programmation de l'outil se sont accompagnées de multiples confrontations à l'analyse de données réelles. Toutes ces évaluations ont permis de mettre en lumière des éléments cruciaux pour répondre aux besoins variables des commanditaires.

### 3.3.1 Recueil des données sur une échelle à 3 ou 5 points

Comme évoqué à la section 1.1.1, l'échelle JAR n'est pas unique. Néanmoins le laboratoire a fait le choix de se restreindre à l'emploi des échelles à 3 ou 5 échelons; un découpage plus fin ne trouvant aucun écho dans les requêtes de ses clients et n'apparaissant pas suffisamment pertinent pour l'intégrer tout de même aux fonctionnalités.

L'outil doit donc être capable d'effectuer l'analyse complète des données, en s'ajustant selon l'échelle JAR employée.

### 3.3.2 Traitement des pénalités en 3 ou 5 modalités

Lorsque l'échelle de recueil des données JAR intègre 5 réponses, se pose le choix du nombre de modalités à considérer dans l'analyse. Les modalités JAR sont la correspondance exacte avec les réponses possibles de l'échelle de recueil des données, le terme de modalité désigne cependant tout un groupe d'individus statistiques (ici, les individus statistiques sont les notes attribuées par les dégustateurs aux différents produits). L'usage le plus courant, et celui préconisé par le laboratoire, consiste à regrouper les modalités entre-elles pour n'en traiter que 3 (« Pas assez », « Juste bien » et « Trop ») [7, Plaehn and all., 2009]. Néanmoins, en cas d'exigences particulières des clients, il est laissé possible de réaliser l'analyse avec les 5 modalités, bien qu'un tel traitement puisse être controversé et nécessite en tous les cas un grand nombre de dégustateurs.

Pas assez prononcé (Pénalité / Fréquence / Pénalité pondérée)			Trop prononcé (Pénalité / Fréquence / Pénalité pondérée)			Vraiment pas assez prononcé (Pénalité / Fréquence / Pénalité pondérée)			Plutôt pas assez prononcé (Pénalité / Fréquence / Pénalité pondérée)			Un peu trop prononcé (Pénalité / Fréquence / Pénalité pondérée)			Vraiment trop prononcé (Pénalité / Fréquence / Pénalité pondérée)		
1,71	24,24 %	0,41	1,77	6,06 %	0,11	2,15	9,09 %	0,20	1,26	15,15 %	0,19	-0,53	3,03 %	-0,02	2,57	3,03 %	0,08

FIGURE 3.1 – Analyse des pénalités en 3 ou 5 modalités

Source: *AQUALEHA*

**Nota Bene :** Il est à noter que les résultats de l'analyse des pénalités en 3 modalités ne correspondent pas directement à une moyenne (pondérée) des résultats en 5 modalités! La modification du nombre d'éléments considérés dans le modèle d'ANOVA entraîne un ajustement des estimateurs.

### 3.3.3 Segmentation du panel

Parfois, certaines problématiques des clients supposent une comparaison entre plusieurs sous-groupes de dégustateurs (par exemple des consommateurs habituels de la marque et des consommateurs potentiels). Cette problématique conduit à opérer une segmentation *a priori* du panel, dès le recrutement des dégustateurs. Il convient alors de réaliser l'analyse des données sur l'ensemble du panel complet, ainsi que sur chaque sous-groupe considéré.

### 3.3.4 Choix de la variable hédonique de référence

Par défaut, la variable hédonique utilisée comme base du calcul des pénalités est celle d'appréciation globale. C'est à dire que pour chaque modalité JAR on évalue l'impact sur la note d'appréciation globale. Le choix de cette variable ne correspond à aucun impératif ni aucune norme. Il peut donc être librement modifié pour une autre variable plus adaptée à la problématique du client.

### 3.3.5 Attributs JAR variables entre les produits

La plupart des études suivent un schéma de comparaison d'un produit avec des produits similaires (produits concurrents, nouvelles recettes, etc...). Plus rarement, un commanditaire peut souhaiter comparer entre-eux des produits différents : par exemple, différentes recettes de sa fabrication afin d'évaluer laquelle bénéficiera du meilleur lancement sur le marché. Dans de tels cas, les questions posées pour un produit peuvent ne pas être transposables à un second. Les questions posées pour chaque produit diffèrent alors. Dans le cas des questions JAR, il convient donc d'adapter la réalisation de l'analyse des pénalités à un tel cas de figure.

### 3.3.6 Traitement d'un produit unique

Certaines études n'évaluent qu'un unique produit. Parfois ce produit est répété (il est alors comparé à lui-même, ce qui permet d'évaluer la cohérence du panel), et parfois il ne l'est pas. Là encore, il convient de s'assurer qu'un tel cas de figure ne soit pas un obstacle dans la bonne réalisation de l'algorithme de traitement des données.

### 3.3.7 Gestion des cas d'effectifs nuls ou solitaires

La plupart des produits sont fabriqués pour plaire au plus large éventail de consommateurs possible. De fait, une grande partie des dégustateurs de chaque étude attribuent la réponse « Juste bien » à la plupart des caractères évalués. Même dans le cas d'un produit peu consensuel, les répartitions des réponses ne sont donc pratiquement jamais équilibrées, et il n'est pas rare qu'une des modalités ne recueille qu'une unique voix, voire aucune. Or un effectif nul ou singulier est exempt de toute variabilité, et par là même impossible à évaluer d'un point de vue statistique. De tels cas de figure sont d'autant plus fréquent dans les panels de taille réduite (typiquement les sous-groupes). Il convient donc de s'assurer que l'algorithme ne rencontre pas d'erreur lors de l'évaluation d'une modalité à effectif singulier, mais se contente de produire un résultat « nul ».

### 3.3.8 Ajustement des seuils d'interprétation à l'échelle employée

En toute logique, on reconnaît qu'une pénalité pondérée de 1 n'a pas le même impact lorsque l'échelle hédonique sur laquelle elle est calculée parcourt l'intervalle de notes de 1 à 7 ou de 0 à 10. Pour une même pénalité, plus l'étendue de l'intervalle est grande, plus l'impact est faible, et *vice-versa*. Il convient donc d'ajuster l'interprétation des valeurs de pénalité selon l'étendue de l'échelle hédonique [cf. table 3.1].

## 3.4 Revue de projet et finalisation

Une fois toutes les fonctionnalités de l'outil opérationnelles, reste une ultime validation avant sa mise en service auprès de l'équipe d'analyse. L'objectif de cette vérification est d'ordre pratique : à savoir si les

Impact	Echelle 1-7	Echelle 1-9	Echelle 0-10
Satisfaisant	< 0.10	< 0.15	< 0.20
Correct	0.10 - 0.20	0.15 - 0.25	0.20 - 0.30
Préoccupant	0.20 - 0.40	0.25 - 0.5	0.30 - 0.60
Alarmant	> 0.40	> 0.50	> 0.60

TABLE 3.1 – Seuils d’interprétation des pénalités selon l’échelle hédonique  
Source: *AQUALEHA*

résultats produits sont correctement interprétables par l’équipe, et correctement adaptés pour être intégrés dans le rapport client.

### 3.4.1 Rédaction d’une maquette de rapport

Avec la réalisation de l’analyse des pénalités, la structure du rapport client est à revoir. C’est notamment l’occasion d’en proposer une modernisation visuelle, en conservant le respect des normes AFNOR pour l’accréditation COFRAC.

La réalisation de 2 études consécutives (un test client et les Essais Inter-Laboratoires) ont permis d’ajuster successivement la présentation des analyses des profils JAR, puis les résultats de l’analyse des pénalités. La première, validée par le client, ayant servi de modèle à la seconde. Cette version finale a été alors approuvée par le groupe de travail des Essais Inter-Laboratoires, ce qui permet de valider les performances de l’outil.

### 3.4.2 Rédaction d’une procédure d’utilisation

Alors achevé, il ne manquait plus pour assurer définitivement la pérennisation de l’outil qu’à rédiger une procédure d’utilisation de l’ensemble de ses fonctionnalités. Ce manuel dresse une liste exhaustive de toutes les options de l’outil et de leur emploi judicieux selon l’ensemble des cas de figure possibles à traiter, illustrations visuelles à l’appui. Une aide à l’interprétation des résultats y est également dispensée.

Le document final de 35 pages a fait l’objet d’un test par l’ensemble de l’équipe d’analyse, et a été ajusté en conséquence jusqu’à ce que la procédure soit jugée complète par tous. Une fois opérationnel, ce document a été mis en accès sur la GED (Gestion Électronique de Documents) interne du laboratoire.

### 3.4.3 Communication interne

Enfin, les résultats de ce projet furent communiqués aux équipes concernées afin d’intégrer pleinement cette nouvelle analyse dans le catalogue de prestation du laboratoire.

**Équipe technique** Une première présentation, en date du 14 juin, à destination de l’équipe d’analyse, récapitulait l’état des recherches sur les données JAR, les méthodes de traitement dédiées, et surtout la conception et l’utilisation du nouvel outil. Cette présentation entendait mettre clairement l’accent sur les spécificités de ces données, afin que leur intérêt soit parfaitement clair pour l’équipe et que leur interprétation devienne naturelle. L’analyse des pénalités y fut entièrement expliquée, dans le détail des modèles et autres calculs produits par l’outil, dans un objectif d’appropriation de la méthode par chacun.

**Équipe commerciale** Une seconde présentation, en date du 24 juin, à destination des équipes commerciales, mettait quant à elle l’accent sur les nouveautés acquises ainsi que leurs tenants et aboutissants. L’objectif de celle-ci était de résumer avec concision le type d’études concerné, la nouvelle compétence de traitement du laboratoire et les apports pour le client. Cette présentation devait permettre aux équipes de devenir force de proposition sur cette nouvelle prestation.

## Partie 4

# Application

L'un des cadres d'application de l'outil pour tester ses performances fut celui des Essais Inter-Laboratoires (EIL) de 2016. Ces essais sont conduits chaque année par le laboratoire AQUALEHA, dans le but d'évaluer continuellement sa capacité de répétabilité (et parfois de reproductibilité) entre ses sites de test de Rennes et Vitré. Ces études sont également l'occasion de tester d'autres effets en rapport avec les problématiques actuelles du laboratoire. En l'occurrence, ce fut une parfaite occasion pour mettre en pratique la nouveauté de l'analyse des pénalités.

### 4.1 Cadre de l'étude : Essais Inter-Laboratoires

Les EIL de 2016 furent réalisés entre les sites de Rennes et Vitré, dans le but de tester les effets du site (site de Rennes ou de Vitré), de l'ordre du test dans la séance (1er ou 2nd test de la séance) et de l'éventuel test précédent (test sur un produit de même famille ou de famille différente). Il fut choisi pour cela de confronter 2 purées de fruits pomme-banane sans sucre ajouté (désignés produits X et Y), selon le plan d'expérience suivant :

Panel	Site	Position	Précédent
EIL 1	Vitré	1 <sup>er</sup>	-
EIL 2	Rennes	1 <sup>er</sup>	-
EIL 3	Vitré	2 <sup>nd</sup>	<i>Fam=</i>
EIL 4	Vitré	2 <sup>nd</sup>	<i>Fam≠</i>

TABLE 4.1 – Plan d'expérience des Essai Inter-Laboratoires 2016

Chacun des panels fut recruté avec les critères suivants :

**Nombre :** 60 dégustateurs minimum (max 63)

**Sexe :** 30-40% d'hommes et 60-70% de femmes

**Age :**  $\frac{1}{3} \pm 10\%$  de 18-34 ans,  $\frac{1}{3} \pm 10\%$  de 35-54 ans et  $\frac{1}{3} \pm 10\%$  de 55 ans et plus

**CSP :** CSP diversifiées avec moins de 50% d'inactifs (inactifs = retraités, étudiants, pers au foyer, recherche d'emploi), si possible moins de 45%

**Fréquence de consommation :** 100% sont consommateurs de compotes allégées ou sans sucre ajouté au moins 1 fois par mois (tolérance 10% à 3 à 10 fois/an)

**Goûts :** 100% aiment le parfum pomme-banane

**Naïveté :** Participation à moins de 48 séances sur les 12 derniers mois

Lors de cette étude, 3 critères JAR ont été évalués :

- Le goût sucré du produit (entre pas assez sucré et trop sucré)
- La saveur de banane du produit (entre pas assez prononcée et trop prononcée)

— La texture du produit (entre trop liquide et trop épaisse)

Les résultats obtenus sur le panel EIL 1 seront ceux présentés pour illustrer le traitement réalisé. Dans cette étude, les produits X et Y ont obtenu une note d'appréciation globale respective de 6,62 et 6,70. Un test de Student déclare cette différence comme non-significative au risque d'erreur de 5%, ce qui aurait conduit une étude habituelle (test de différence hédonique) à conclure à l'absence de différence entre les produits. Voyons ici ce qu'apportent les données JAR et l'analyse des pénalités.

## 4.2 Analyse des profils de réponses JAR

Le traitement des données JAR est réalisé en 2 temps. Le premier est consacré à l'analyse des profils de réponses, dont l'observation permet d'identifier rapidement les pistes d'amélioration possibles d'un produit.

### 4.2.1 Histogrammes de distributions empilés

Les premiers résultats fournis sont ceux d'observation des distributions. On y trouve le tableau récapitulatif des effectifs, ainsi que les histogrammes empilés correspondants avec leur légende. Ces histogrammes sont présentés dans le détail, en 5 modalités, et regroupés en 3 modalités (3 uniquement pour un recueil en 3 catégories). Le choix de l'indication des pourcentages sur chaque histogramme est laissé libre à l'utilisateur. La question posée dans le questionnaire y est également rappelée.

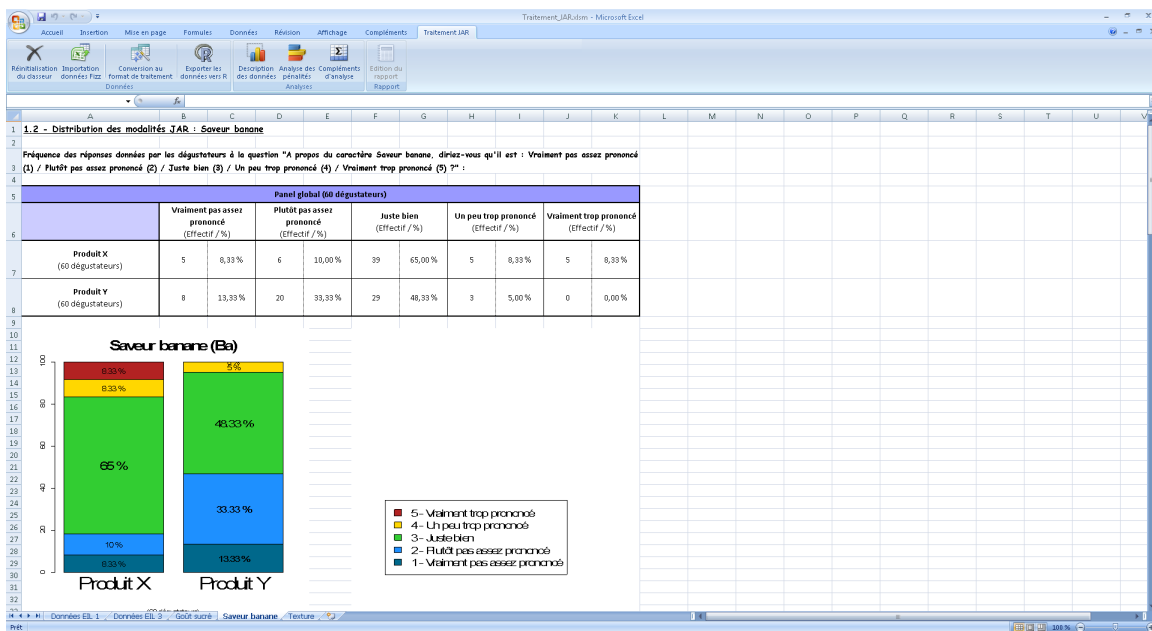


FIGURE 4.1 – Onglet d'affichage des distributions

Source: AQUALEHA

Les tableaux d'effectifs et les graphes détaillés sont intégrés tels quels au rapport dans la section présentant les résultats. Les histogrammes regroupés sont utilisés quant à eux dans la section de synthèse.

Les résultats de l'analyse [cf figure 4.2] révèlent un produit X relativement équilibré au niveau des 3 critères JAR, ne présentant pas de déséquilibre majeur, et oscillant autour de 70% d'appréciation. Le produit Y n'en diffère nettement qu'au niveau de la saveur de banane, apparaissant très insuffisamment prononcée (d'après près de 47% du panel).

Déjà, malgré la proximité des notes hédoniques, on pressent qu'une différence existe bel et bien entre les produits X et Y.

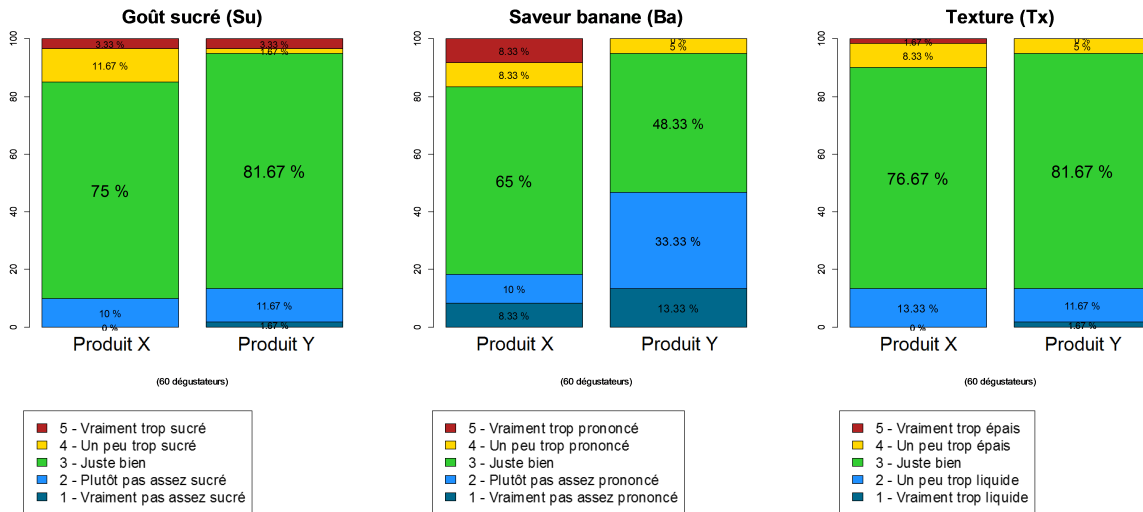


FIGURE 4.2 – Onglet d’affichage des distributions

Source: *AQUALEHA*

## 4.2.2 Appuyer l’interprétation par les analyses descriptives complémentaires

La faiblesse de l’analyse purement visuelle réside dans son caractère subjectif. Parfois certains profils nécessitent un regard objectif pour conclure à une différence avec le critère de comparaison. Les analyses descriptives permettent de statuer avec rigueur sur les hypothèses soulevées par l’observation des données, et apporter ainsi une interprétation solide des résultats.

Ces résultats ne figurent pas dans le rapport client, mais servent à conduire l’interprétation faite de l’observation des histogrammes.

Les analyses descriptives confirment l’existence de différences entre les profils des produits X et Y.

## 4.3 Analyse des pénalités

Le second temps du traitement est celui de l’analyse des pénalités. Les résultats de cette analyse sont également fournis à l’aide d’un tableau exhaustif, renseignant pour chacun des produits la *pénalité* calculée pour chaque modalité JAR, l’*effectif* associé et la *pénalité pondérée* résultante. Pour en faciliter la lecture et la comparaison, ces résultats sont accompagnés d’illustrations graphiques produites sous R.

**Carte des pénalités** Les cartes des pénalités sont une représentation graphique positionnant les modalités JAR les unes par rapport aux autres dans un plan d’après les pénalités et effectifs associés à chacune. À chaque couple de coordonnées (*pénalité*; *effectif*) correspond une valeur de pénalité pondérée, représentée par le dégradé de couleur de fond. L’intérêt de cette représentation tient dans sa capacité à résumer toute l’information de l’analyse des pénalités, ainsi qu’à expliciter efficacement les causes des observations.

L’analyse de ces cartes [cf. figure 4.5] révèle que le produit X est légèrement pénalisé par les impressions de manque ou d’excès de saveur banane perçues par le panel. Le produit Y est quant à lui nettement plus pénalisé par le manque de saveur de banane (du fait d’une perception largement répandue) et légèrement par une texture trop liquide.

**Histogrammes** Les histogrammes d’impacts ne sont ni plus ni moins que les valeurs de pénalités pondérées représentées sous forme d’un histogramme horizontal. Le dégradé de couleur est le même que celui employé dans les cartes, ce qui permet d’une part de faire un parallèle efficace, et d’autre part d’accentuer visuellement

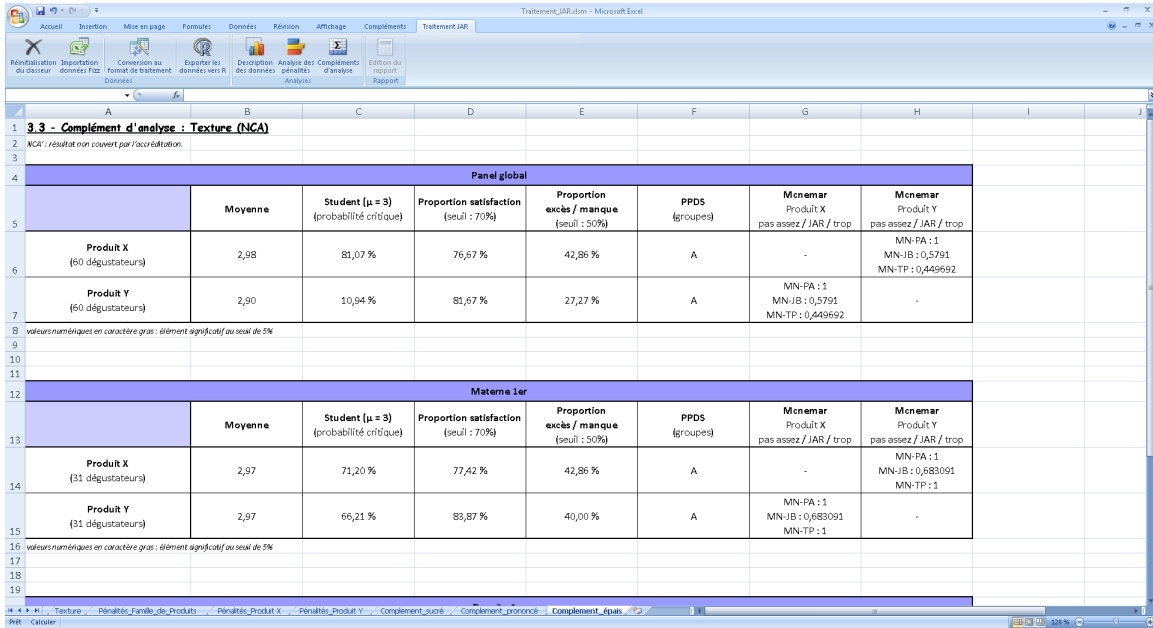


FIGURE 4.3 – Onglet d’analyses complémentaires

Source: AQUALEHA

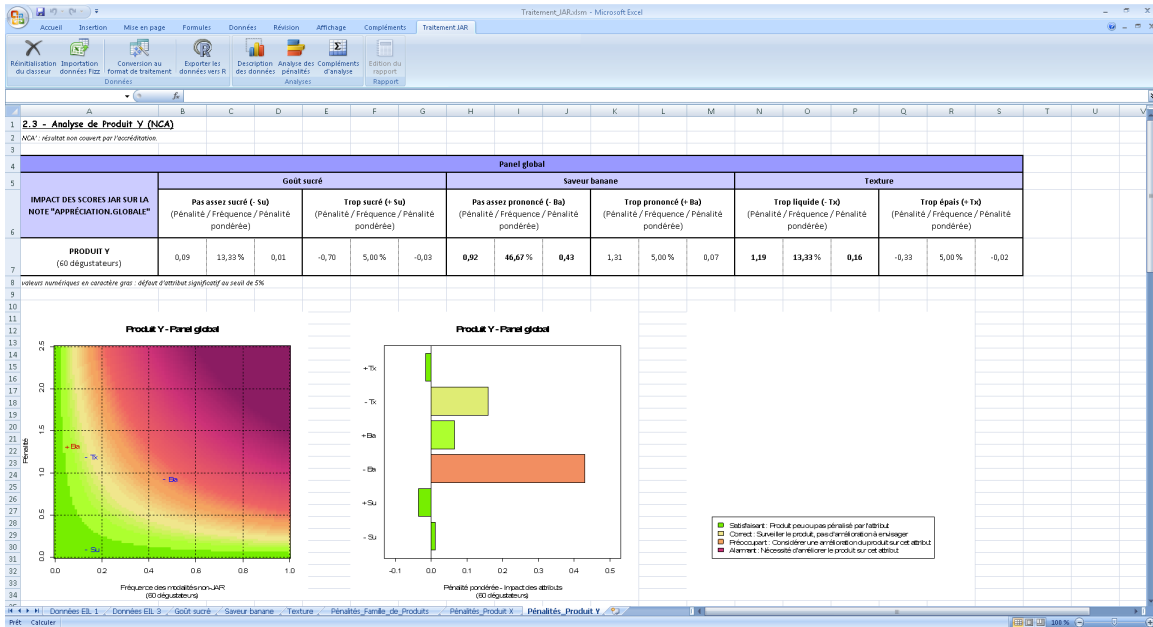


FIGURE 4.4 – Onglet d’analyse des pénalités

Source: AQUALEHA

les écarts. L’intérêt de cette représentation tient dans la capacité à comparer très efficacement les valeurs de pénalités pondérées de chaque modalité, aussi bien entre chaque modalité d’un même produit qu’entre des produits différents.

L’analyse de ces histogrammes [cf. figure 4.6] réaffirme les conclusions tirées à l’aide des cartes [cf. figure 4.5] tout en insistant sur la pénalisation particulièrement importante du produit Y pour son manque de



Goût Sucré	Moyenne	Student ( $\mu = 3$ ) (probabilité critique)	Proportion satisfaction (seuil : 70%)	Proportion excès / manque (seuil : 50%)	PPDS (groupes)	Mcnemar Produit 1 pas assez / JAR / trop	Mcnemar Produit 2 pas assez / JAR / trop
Produit 1 (60 dégustateurs)	3,08	27,89 %	75,00 %	60,00 %	A	-	MN-PA : 0,723674 MN-JB : 0,4795 MN-TP : 0,113846
Produit 2 (60 dégustateurs)	2,93	37,55 %	81,67 %	27,27 %	A	MN-PA : 0,723674 MN-JB : 0,4795 MN-TP : 0,113846	-

valeurs numériques en caractère gras : élément significatif au seuil de 5%

Saveur Banane	Moyenne	Student ( $\mu = 3$ ) (probabilité critique)	Proportion satisfaction (seuil : 70%)	Proportion excès / manque (seuil : 50%)	PPDS (groupes)	Mcnemar Produit 1 pas assez / JAR / trop	Mcnemar Produit 2 pas assez / JAR / trop
Produit 1 (60 dégustateurs)	2,98	89,00 %	65,00 %	47,62 %	A	-	MN-PA : <b>0,002967</b> MN-JB : 0,144292 MN-TP : 0,07044
Produit 2 (60 dégustateurs)	<b>2,45</b>	<b>0,00 %</b>	<b>48,33 %</b>	<b>9,68 %</b>	B	MN-PA : <b>0,002967</b> MN-JB : 0,144292 MN-TP : 0,07044	-

valeurs numériques en caractère gras : élément significatif au seuil de 5%

Texture	Moyenne	Student ( $\mu = 3$ ) (probabilité critique)	Proportion satisfaction (seuil : 70%)	Proportion excès / manque (seuil : 50%)	PPDS (groupes)	Mcnemar Produit 1 pas assez / JAR / trop	Mcnemar Produit 2 pas assez / JAR / trop
Produit 1 (60 dégustateurs)	2,98	81,07 %	76,67 %	42,86 %	A	-	MN-PA : 1 MN-JB : 0,5791 MN-TP : 0,449692
Produit 2 (60 dégustateurs)	2,90	10,94 %	81,67 %	27,27 %	A	MN-PA : 1 MN-JB : 0,5791 MN-TP : 0,449692	-

valeurs numériques en caractère gras : élément significatif au seuil de 5%

TABLE 4.2 – Tableaux d’analyses descriptives

Source: AQUALEHA

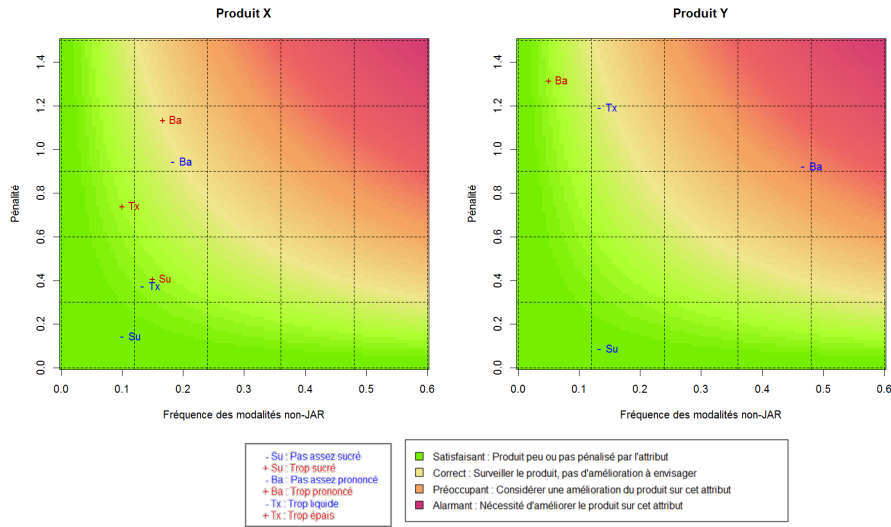


FIGURE 4.5 – Cartes des pénalités

Source: AQUALEHA

saveur banane.

À l'issue de cette analyse, il est désormais évident que les produits X et Y sont perçus très différemment par le panel, en dépit de leur proximité d'appréciation. Il a pu être établi que la cause de cette différence provient d'une perception de manque de saveur de banane attribuée au produit Y. Il est alors probable que l'appréciation de ce produit soit moins consensuelle au sein des consommateurs potentiels, et de fait que ses ventes soient inférieures au produit X.

Aux yeux du panel, le produit X est donc satisfaisant. Pour améliorer l'appréciation du produit Y, il semble pertinent de chercher à augmenter la saveur de la banane.

Pour apporter l'ensemble des informations ayant conduit à cette conclusion (et les mettre en forme,

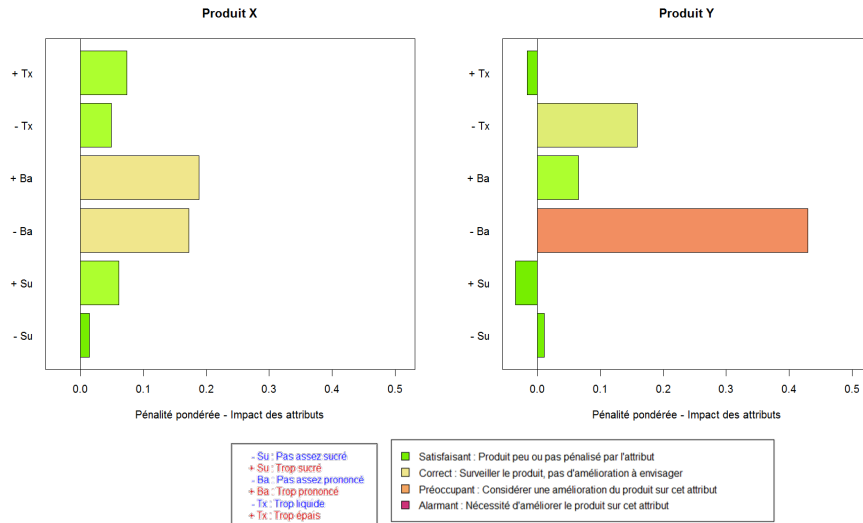


FIGURE 4.6 – Histogrammes horizontaux d’impacts

Source: AQUALEHA

prêtes à l’exploitation), il n’aura fallu que quelques minutes de traitement à peine à l’outil. L’impact de telles conclusions couplée à une vitesse d’exécution exemplaire en font un outil véritablement percutant.

## 4.4 Exploitation des résultats

L’analyse des pénalités permet de révéler l’existence d’effets qu’un test de différence hédonique classique n’aurait jamais révélé. Néanmoins, la puissance de cette analyse est soumise à quelques subtilités.

### 4.4.1 Choix des critères JAR dépendant du produit

Il est en premier lieu préférable que les critères JAR soient choisis avec pertinence.

Si l’on dispose d’une connaissance *a priori* sur le produit, il convient de cibler les critères identifiés comme étant les plus influents, et les plus propices de révéler une pénalisation de l’appréciation du consommateur. Par exemple, les études menées par un fournisseur sur des steaks de soja l’on conduit à considérer que les critères de *texture moelleuse* et de *sécheresse en bouche* étaient les plus pénalisants pour ce type de produit. Il faut cependant être attentif aux risque de redondance de l’information entre les critères choisis : en effet, dans le cas présent, *texture moelleuse* et *sécheresse en bouche* présentaient une corrélation (négative) de 60% dans leurs réponses.

En l’absence de connaissance *a priori* sur le produit, le meilleur choix consiste à diversifier au maximum le choix des questions JAR, afin de couvrir le plus de perceptions sensorielles possibles. C’est ce qui fut fait dans le cadre des EIL.

### 4.4.2 Formulation des questions JAR

Les questions JAR permettent d’apporter une grande richesse d’information sur les données hédoniques, mais il est crucial que les termes employés pour leur formulation soient choisis avec le plus grand soin. En effet, s’agissant d’une question fermée, les termes employés pour exprimer l’insatisfaction doivent être les mêmes pour tous les répondants (indispensable pour une comparaison). Ces termes doivent impérativement :

- s’opposer naturellement (exemple : *trop sucré/pas assez sucré* ou *trop sec/trop humide*)
- exprimer clairement le critère à évaluer (exemple : *trop sucré/pas assez sucré* réfère sans équivoque à l’intensité du goût sucré)

- être compréhensibles par tous (exemple : là où la notion du goût sucré d'un vin sera saisie par tous, celle de sa rondeur risque de rencontrer beaucoup d'incompréhensions [chez un panel non-averti])
- être interprétés à l'identique par tous (exemple : le caractère moelleux d'un produit peut évoquer différentes notions d'un consommateur à l'autre)
- véhiculer l'impression d'une équidistance entre les graduations de l'échelle utilisée

Ces conditions sont essentielles à une bonne exploitation des résultats, car toute mauvaise interprétation de la part du dégustateur conduit irrémédiablement à une réponse inadaptée et donc une information non-fiable et une conclusion erronée [3, MACFIE 2007, P. 413]. Malheureusement, un langage aussi clair soit-il demeure toujours soumis à interprétation.

#### 4.4.3 Interprétation d'une pénalité « positive »

Parfois une valeur de pénalité calculée peut être « positive ». C'est-à-dire que d'après l'estimation du modèle d'ANOVA son effet a tendance à augmenter la note hédonique [cf. figure 4.6, excès de sucre, produit Y]. Au lieu d'être pénalisante, la modalité JAR considérée est au contraire favorisante. De telles pénalités s'avèrent être presque systématiquement non-significatives. La valeur « positive » est alors un reliquat de l'ajustement du modèle et non un effet réellement perceptible.

Néanmoins, il n'est pas exclu qu'une telle pénalité puisse être estimée significative. Ce cas de figure pourrait alors être le signe d'un clivage au sein du panel (ceux qui aiment le caractère considéré et ceux qui ne l'aiment pas), ou bien d'un critère perçu comme une qualité et non comme un défaut. Dans ce second cas, soit la formulation de la question JAR est à revoir [cf. section 4.4.2], soit cela témoigne d'une nécessité d'améliorer le produit dans le sens de cette modalité favorisante.

#### 4.4.4 Pénalisation nette malgré une appréciation similaire

L'existence d'une différence de pénalisation dans le cas de produits au niveau d'appréciation très proche soulève une nouvelle interrogation : « comment ces produits peuvent-ils partager une appréciation proche alors qu'ils sont perçus différemment » ?

Ce type de cas de figure témoigne d'un produit beaucoup moins consensuel que l'autre au sein du panel. L'équilibre entre les appréciations malgré un moindre nombre d'appréciation tient donc en *une appréciation plus forte au sein des consommateurs satisfaits par le produit*. Cette confrontation révèle donc un produit « grand public », très consensuel mais également apprécié à un niveau modeste, face à un produit « de niche », très fortement apprécié par ses rares consommateurs.

Il convient de considérer qu'un tel produit présente d'autres atouts commerciaux malgré un volume de vente généralement plus faible.

#### 4.4.5 Influence du panel - segmentation *a posteriori*

Enfin, des singularités au sein des résultats peuvent conduire à supposer l'existence d'une segmentation du panel. Ce fut le cas dans le cadre des EIL, qui révélèrent une scission des panels autour de la perception de la saveur de banane [cf. figure 4.7]. L'interprétation de cette différence de réponses, à la lumière du constat d'un écart de composition entre les produits (32% de banane dans le produit X et seulement 25% dans le produit Y), tend à conclure que les panels EIL 1 et EIL 2 sont davantage amateurs de banane que ne l'est le panel EIL 3.

Cette conclusion suggère d'opérer une segmentation du panel *a posteriori* pour permettre une meilleure interprétation des résultats [14, AFNOR, ISO 11136]. Bien qu'il soit impossible de distinguer les dégustateurs amateurs de banane de ceux moins amateurs, une segmentation possible est alors d'évaluer séparément ceux ayant goûté d'abord le produit X de ceux ayant commencé par le produit Y.

L'évaluation conduite sur ces sous-groupes révèle que le produit X est perçu plus prononcé en banane lorsqu'il est consommé après le produit Y que lorsqu'il est consommé en premier. Et inversement, le produit Y est perçu moins prononcé en banane lorsqu'il est consommé après le produit X. Le fait qu'un produit soit consommé après un autre tend donc à exacerber la perception des différences, et de fait à exacerber également les conclusions de l'analyse des pénalités.

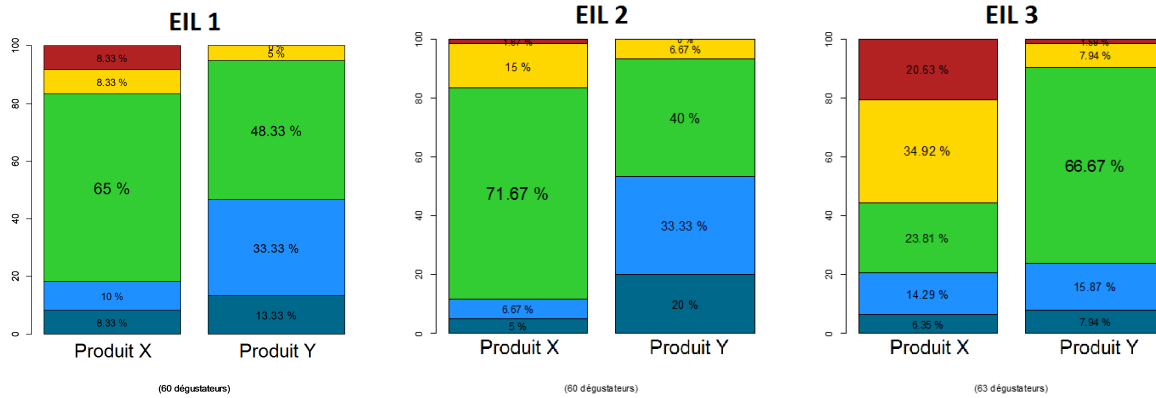


FIGURE 4.7 – Clivage des panels autour de la perception de la saveur de banane  
Source: AQUALEHA

#### 4.4.6 Analyse critique

Tous ces éléments modèrent quelque peu la puissance du test d'analyse des pénalités. Ce traitement apparaît être extrêmement dépendant du contexte de l'étude : les produits choisis (à travers leur degré de différence) et l'ordre de présentation, le test précédent s'il y en a un, la diversité des critères JAR, la formulation des questions JAR, la nature du panel, etc... sont autant d'éléments pouvant influencer très sensiblement les réponses des dégustateurs et donc les résultats obtenus. Le mode de pensée des enquêtés joue également une part essentielle dans leurs réponses, du fait de la représentation qu'ils se font du critère interrogé d'une part, et du produit qui est pour eux l'idéal d'autre part. Cette réflexion qui est souvent inconsciente peut de fait être mal appréhendée par certains.

La constitution du plan d'expérience et le recrutement du panel doivent donc l'un et l'autre faire l'objet d'un choix longuement réfléchi et justifié.

Le calcul des pénalités quant à lui pourrait être amélioré en préférant aux modèles ajustés pour chaque produit un unique modèle [cf. Annexe B.3], permettant d'estimer les pénalités de chaque produit en interaction avec les autres. Cette solution permettrait d'estimer chaque effet avec plus de précision encore, cependant elle nécessite de considérer un grand nombre d'interactions (les estimateurs des pénalités seraient alors des effets secondaires du modèle et non plus des effets principaux) ce qui alourdit considérablement sa définition, ses calculs et tout le traitement qui en découle. Qui plus est, l'impact sur la précision résultats obtenus n'aurait été que très modéré. Le bénéfice potentiel nécessite alors un coût tel (notamment en temps de programmation) devant ses avantages qu'il n'est pas apparu judicieux de privilégier cette solution.

Néanmoins, en dépit de ces limites identifiées, l'analyse des pénalités apporte des informations très précieuses pour comprendre les défauts d'un produit et les améliorer. Elle est à ce sujet la méthode la plus adaptée et la plus simple à mettre en oeuvre pour répondre aux besoins des industriels à coût raisonnable.

# Conclusion

Bien que les données JAR soient moins aisées d'utilisation qu'elles n'y paraissent, leur emploi dans les études sensorielles demeure aussi populaire qu'utile. Avec la notion de pénalisation d'une note hédonique, elles apportent les pistes de possibles axes d'amélioration d'un produit, avec une précision appréciable. Elles s'adaptent ainsi aussi bien aux problématiques d'optimisation que de reformulation d'un produit. Et malgré la nécessité d'une réflexion préalable profonde des besoins de l'étude, l'analyse des pénalités brille par ses possibilités. Comme toute méthode d'analyse, elle suppose une bonne compréhension de ses fondements, du mode de calcul des pénalités et de la manière de les interpréter comme clef de son succès [7, Plaehn and all., 2009].

L'outil réalisé à cet effet se veut être à la fois le plus performant et le plus accessible possible. Réalisant l'observation graphique des données, leur analyse descriptive et l'analyse des pénalités, il s'agit d'un outil complet. Qui plus est sa capacité à s'adapter à tous les types de recueils de données envisageable pour le laboratoire, ainsi que sa stabilisation au sein d'un environnement sécurisé, lui assurent une utilisation durable. Enfin, son interface ergonomique et prête à l'emploi, la mise à disposition d'une procédure détaillée d'utilisation et une large communication interne ont permis d'assurer l'insertion de cet outil au sein du laboratoire dans les meilleures conditions.

La portée de ses conclusions, doublée de l'appui statistique conféré par l'utilisation du modèle d'ANOVA, font de l'analyse des pénalités et de cet outil un choix de premier ordre dans toute étude de qualité.

L'achèvement de ce projet vient conclure un travail de 2 ans qui se solde par la mise en service d'un outil désormais fonctionnel. La toute première étude commanditée intégrant l'analyse des pénalités a d'ailleurs été réalisée le jour même de la clôture de ce stage. En possession de son nouvel outil, cette première confrontation des équipes techniques à l'interprétation des pénalités marque pour le laboratoire le commencement d'une nouvelle expertise.

# Annexes

# Annexe A

## Analyses descriptives des profils JAR

En complément (voire parfois en lieu et place) de l'analyse des pénalités, d'autres analyses plus succinctes permettent de mettre en évidence les informations essentielles issues des données JAR. Les analyses focalisées sur un produit seul sont dites *intra-produit*, et celles orientées vers la comparaison de produits sont dites *inter-produits*.

Panel global (63 dégustateurs)										
	Vraiment pas assez prononcé (Effectif / %)		Plutôt pas assez prononcé (Effectif / %)		Juste bien (Effectif / %)		Un peu trop prononcé (Effectif / %)		Vraiment trop prononcé (Effectif / %)	
<b>Produit 1</b> (63 dégustateurs)	4	6,35 %	9	14,29 %	15	23,81 %	22	34,92 %	13	20,63 %
<b>Produit 2</b> (63 dégustateurs)	5	7,94 %	10	15,87 %	42	66,67 %	5	7,94 %	1	1,59 %

TABLE A.1 – Profils de données JAR

Source: *AQUALEHA*

### A.1 Observation visuelle

L'observation visuelle, à l'aide de représentations graphiques est la première et la plus simple des analyses. Il est préférable de privilégier les représentations à l'aide d'histogrammes empilés [cf. figure 4.2] plutôt que séparés [cf. figure 1.2], car moins adaptés, pour faciliter les comparaisons à la fois entre produits et entre critères JAR. Visuellement, il est assez aisé de conclure à un critère JAR équilibré ou à l'identification d'un défaut par le panel. Il est en revanche plus délicat de conclure aux différences entre différents profils, à moins qu'ils ne soient nettement dissemblables. Les analyses descriptives intra-produits et inter-produits permettent d'apporter la rigueur et l'objectivité manquante.

### A.2 Analyses intra-produit

Les analyses intra-produit ont pour objectif d'identifier ce qui est perçu comme satisfaisant ou non dans un produit. Il s'agit donc d'évaluer le produit, d'après ses profils de réponses. Pour une telle évaluation, les tests binomiaux sont particulièrement adaptés.

Un premier test porte sur le niveau de satisfaction obtenu par critère JAR. On retrouve dans la littérature le postulat empirique qu'un taux de réponses « Juste bien » de 70% indique un produit apprécié du consommateur au niveau du critère considéré. L'utilisation d'un test binomial unilatéral, d'hypothèse  $H_0$  « 70% de dégustateurs ou plus ont noté le critère JAR comme Juste bien » et d'hypothèse alternative  $H_1$  « le taux de satisfaction du panel est inférieur à 70% », permet de statuer sur le niveau de satisfaction du produit. Néanmoins ce seuil de 70% n'est pas une valeur absolue et peut être modifié au souhait du

commanditaire de l'étude. Par exemple, ce dernier peut souhaiter réaliser un produit de grande qualité et vouloir en conséquence que le niveau de satisfaction atteigne 80%, voire plus.

Un second test porte sur la nature de l'insatisfaction. Il s'agit d'un autre test binomial, bilatéral et au seuil de 50% cette fois, d'hypothèse  $H_0$  « les perceptions de manque ou d'excès du critère JAR sont équiréparties au sein du panel », et d'hypothèses alternatives  $H_1$  « la perception de manque est majoritaire au sein du panel » et  $H_2$  « la perception d'excès est majoritaire au sein du panel ». Ce test a d'autant plus de poids que la satisfaction du panel est faible et permet d'identifier clairement une large perception d'un défaut au sein du panel.

Les conclusions de ces tests ont tendance à mettre en avant les défauts majoritairement perçus par le panel. Dans la plupart des cas, ces défauts sont également les plus pénalisants. Cependant le niveau de pénalisation n'est pas nécessairement proportionnel au niveau de consensus du panel, et de telles observations ne permettent donc pas d'apprécier l'impact véritable d'un défaut. De plus, c'est parfois le défaut le moins perçus qui se trouve en fait être le plus pénalisant. De telles analyses ne permettent donc pas de se substituer pleinement à l'analyse des pénalités.

### A.3 Analyses inter-produits

Les analyses inter-produits ont pour objectif d'identifier si les produits sont perçus de la même façon. Il n'y a plus de notion d'évaluation des produits dans un traitement de ce type, mais uniquement de ressemblance. Il faut distinguer 2 cas de figure dans ce type d'analyses : celles portant sur des données appariées et celle portant sur des données indépendantes.

#### A.3.1 données appariées (au sein d'un même test)

Des données sont dites appariées lorsqu'elles réfèrent à des mesures portant sur les mêmes individus mais dans des conditions différentes [15, NEUVIA 2014], c'est-à-dire provenant du même échantillon. Ici, il s'agit d'une évaluation de différents produits par un même panel. Les données peuvent alors être structurées sous la forme d'un tableau croisé des profils [cf. figure A.2].

Panel global (63 dégustateurs)										
Produit 1 \ Produit 2	Vraiment pas assez prononcé (Effectif / %)		Plutôt pas assez prononcé (Effectif / %)		Juste bien (Effectif / %)		Un peu trop prononcé (Effectif / %)		Vraiment trop prononcé (Effectif / %)	
Vraiment pas assez prononcé (Effectif / %)	1	1,59 %	0	0,00 %	3	4,76 %	0	0,00 %	0	0,00 %
Plutôt pas assez prononcé (Effectif / %)	3	4,76 %	1	1,59 %	5	7,94 %	0	0,00 %	0	0,00 %
Juste bien (Effectif / %)	1	1,59 %	4	6,35 %	9	14,29 %	1	1,59 %	0	0,00 %
Un peu trop prononcé (Effectif / %)	0	0,00 %	2	3,17 %	17	26,98 %	3	4,76 %	0	0,00 %
Vraiment trop prononcé (Effectif / %)	0	0,00 %	3	4,76 %	8	12,70 %	1	0,00 %	1	1,59 %

TABLE A.2 – Profil de données JAR

Source: AQUALEHA

Le test de Cochran-Mantel-Haenszel (CMH) permet de comparer les distributions des réponses pour un critère JAR entre l'ensemble des produits et de révéler si *au moins un produit présente une distribution significativement différente des autres* [4, ASTM, p. 29]. Ce test ne révèle pas la nature de la différence en question, ni le(s) produit(s) concerné(s), mais permet d'identifier son existence.

Le test de Stuart-Maxwell est une variante de la CMH, restreinte à la comparaison de 2 produits [4, ASTM, p. 32]. Elle permet donc, à l'aide de comparaison par paire, de déterminer quels sont les produits partageant des perceptions identiques ou non. Là non plus, cette méthode ne permet pas de connaître la cause des dissemblances observées.



Le test de McNemar est une autre variante de la CMH, restreinte à la comparaison de 2 produits et d'une distribution des réponses selon 2 modalités [4, ASTM, p. 33]. Il convient alors d'opérer un regroupement des catégories de réponses JAR avant d'effectuer le test. 3 regroupements sont possibles :

- un regroupement des modalités « Pas assez » et « Trop », permettant ainsi d'évaluer la distribution de la modalité « Juste bien » (contre la modalité groupée « Insatisfaisant ») entre les 2 produits, c'est-à-dire le niveau de satisfaction [cf. figure A.4].
- un regroupement des modalités « Pas assez » et « Juste bien », permettant ainsi d'évaluer la distribution de la modalité « Trop » (contre la modalité groupée « Pas d'excès ») entre les 2 produits, c'est-à-dire la perception d'excès [cf. figure A.5].
- un regroupement des modalités « Juste bien » et « Trop », permettant ainsi d'évaluer la distribution de la modalité « Pas assez » (contre la modalité groupée « Pas de manque ») entre les 2 produits, c'est-à-dire la perception de manque [cf. figure A.3].

Ce type de test permet donc de connaître les causes des dissemblances observées, mais 3 tests sont donc nécessaires pour couvrir l'ensemble des possibilités, pour chaque couple de produit.

Produit 1 \ Produit 2	Produit 2		Produit 1	
	Pas assez prononcé (Effectif / %)		Juste bien ou trop prononcé (Effectif / %)	
Pas assez prononcé (Effectif / %)	5	7,94 %	8	12,70 %
Juste bien ou trop prononcé (Effectif / %)	10	15,87 %	40	63,49 %

TABLE A.3 – Comparaison par paire du profil « Pas assez »

Source: AQUALEHA

Produit 1 \ Produit 2	Produit 2		Produit 1	
	Juste bien prononcé (Effectif / %)		Pas assez ou trop prononcé (Effectif / %)	
Juste bien prononcé (Effectif / %)	9	14,29 %	6	9,52 %
Pas assez ou trop prononcé (Effectif / %)	33	52,38 %	15	23,81 %

TABLE A.4 – Comparaison par paire du profil « Juste bien »

Source: AQUALEHA

Produit 1 \ Produit 2	Produit 2		Produit 1	
	Trop prononcé (Effectif / %)		Juste bien ou pas assez prononcé (Effectif / %)	
Trop prononcé (Effectif / %)	5	7,94 %	30	47,62 %
Juste bien ou pas assez prononcé (Effectif / %)	1	1,59 %	27	42,86 %

TABLE A.5 – Comparaison par paire du profil « Trop »

Source: AQUALEHA

### A.3.2 données indépendantes (au sein de tests différents)

À l'inverse des données appariées, les données sont dites indépendantes lorsqu'elles portent sur des individus différents. Ici, il s'agit d'une évaluation de différents produits par différents panels.

Il est possible de réaliser l'ensemble des tests décrits précédemment [cf. section A.2], à savoir *une comparaison globale des distributions, une comparaison par paire des distributions et une comparaison par paire de distributions*

*duales*, à ceci près qu'on utilise cette fois un test du  $\chi^2$  [4, ASTM, p. 29]. Ce test requérant, en plus de l'indépendance des séries de données, des effectifs supérieurs à 5 pour chaque modalités, il peut être substitué par le *test exact de Fisher* lorsque cette condition n'est pas vérifiée.

## Annexe B

# Comparatif Mean Drop vs ANOVA : les raisons du choix d'un modèle statistique pour le calcul des pénalités

Même au sein de l'analyse des pénalités, plusieurs méthodes de traitement existent [3, MACFIE 2007, P. 414], certaines sont complexes et nécessitent une expertise et des outils dédiés [16, PLAETHN 2013] tandis que d'autres sont d'une grande simplicité. La plus employée est l'analyse des pénalités totales.

Ces *pénalités totales* représentent, pour un critère JAR spécifique, le nombre de points d'appréciation hédonique ayant été perdus du fait d'une insatisfaction (caractère perçu *trop* ou *pas assez* exprimé). Ce nombre de points perdus est lui-même rapporté à la taille de l'effectif de dégustateurs partageant cette perception, afin de relativiser l'impact réel sur le produit [7, PLAETHN AND ALL. 2009] [8, SOCIETY OF SENSORY PROFESSIONALS]. Cette pénalité totale est aussi appelée *pénalité pondérée*, terme qui sera ici employé par la suite. Par la contraposée, la pénalité pondérée fournit une estimation théorique de la hausse possible de l'appréciation hédonique dans le cas d'un ajustement de la recette du produit tel que les dégustateurs insatisfaits sur le caractère considéré basculent tous dans la catégorie satisfaite, sans qu'aucun dégustateur de cette dernière ne migre vers la catégorie d'insatisfaction opposée [6]. Cette interprétation de la valeur des pénalités pondérées se réfère donc à une situation hautement improbable.

### B.1 Mean drop

Le traitement usuel des pénalités est parfaitement décrit dans l'article de LORI WALKER [6]. Cette méthode rapide et simple à mettre en oeuvre est connue sous l'appellation de *Mean Drop*. La simplicité de ce traitement réside en 3 phases :

- Dans un premier temps, l'ensemble des nuances d'insatisfaction (i.e. toutes les graduations de l'échelle JAR, de part et d'autre de la modalité centrale « Juste bien ») sont regroupées entre-elles, de manière à ne former plus qu'une échelle réduite à trois niveaux, « Pas assez », « Juste bien » et « Trop ».
- Pour chacun des trois groupes ainsi formés, on calcule la moyenne hédonique correspondante.
- Il ne reste plus qu'à calculer les pénalités des groupes « Pas assez » et « Trop » puis à vérifier que celles-ci sont significativement différentes de 0.

La procédure habituelle veut que les modalités d'insatisfaction dont les effectifs ne dépassent pas 20% de la taille du panel enquêté ne soient pas considérées dans l'interprétation finale. Ce critère est considéré comme conduisant globalement à une absence de significativité de l'impact sur le produit. À l'inverse, lorsque le panel révèle un taux de satisfaction d'au moins 70% il est également courant de considérer que le produit présente une appréciation proche de l'idéal et qu'il n'est donc pas significativement pénalisé (on occulte alors les éventuelles pénalités révélées) [17, ESTIAGA 2015].

Le succès de cette méthode réside à la fois dans son caractère intuitif ainsi que dans la simplicité de sa mise en oeuvre ; elle ne nécessite aucune formule mathématique complexe ni outil spécifique pour être opérée.

Cependant, un certain nombre de faiblesses peuvent être reprochées à cette méthode :

- En premier lieu, un produit dont la satisfaction sur un caractère JAR n'est pas significativement inférieure au seuil empirique de 70% peut néanmoins se révéler pénalisé par l'une des modalités insatisfaisantes. Écarter d'office un tel cas de figure peut donc parfois conduire à négliger la réalité d'un effet. C'est le cas de l'exemple présenté à la figure B.1, où le taux de satisfaction est de 70%, et où le produit est pourtant pénalisé par un caractère « Pas assez » prononcé (en gras) selon 24% des répondants.

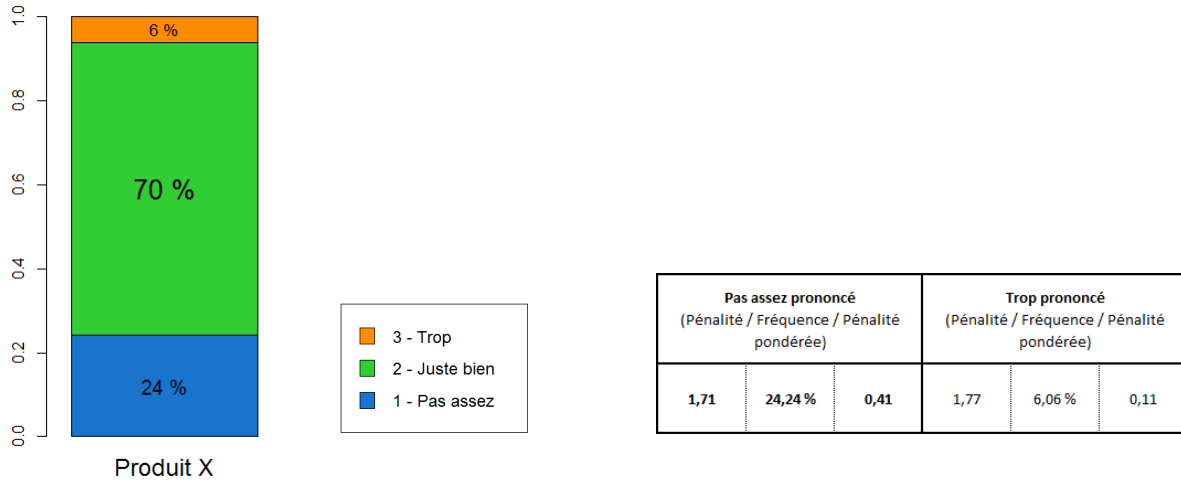


FIGURE B.1 – Exemple d'un critère JAR satisfaisant à 70% néanmoins pénalisant

Source: AQUALEHA

- De manière similaire, même si bien souvent les modalités associées à de faibles effectifs conduisent naturellement à des pénalités non-significatives, il peut parfois apparaître qu'une pénalité associée à un effectif inférieur au seuil empirique de 20% soit tout de même significative. Cela est d'autant plus marqué dans le cas de différences de moyennes particulièrement nettes. Encore une fois, écarter d'office les modalités aux effectifs jugés trop faibles peut parfois conduire à négliger un effet pourtant bien présent. C'est le cas de l'exemple présenté à la figure B.2, où l'effectif de la modalité « Trop » n'atteint que 17%, et où le produit est pourtant pénalisé par ce caractère « Trop » prononcé (en gras).
- Enfin, en analyse sensorielle, il est fréquent que des descripteurs soient partiellement corrélés les uns aux autres. Un produit étant un tout résultant de la composition plus ou moins complexe de multiples éléments, il n'est pas étonnant d'un caractère précis puisse être étroitement lié à un autre. Un tel constat est d'autant plus vrai lorsque les descripteurs sont nombreux ou portent sur des notions proches. Or la présence de telles interactions échappe totalement à l'analyse sommaire du *Mean Drop*. De fait, cette analyse conduite séparément sur chacun des descripteurs tend à surestimer l'effet de ceux-ci [18, PAGÈS AND ALL. 2012].

Au regard de ces constats, et tout particulièrement du dernier, il semble important de considérer ensemble les effets de tous les descripteurs, dans un même modèle.

## B.2 ANOVA

Pour pallier à ces faiblesses de la méthode usuelle, une alternative est possible : l'utilisation d'un modèle d'ANOVA suggérée par Jérôme Pagès et ses étudiants [18, 2012]. Pour ce faire, le groupement en 3 modalités des profils JAR est à son tour traduit sous forme d'un tableau disjonctif complet :

Le modèle d'ANOVA est alors établi à partir des variables disjonctives, à l'exception de celles correspondant à la catégorie « Juste bien » de chaque critère JAR. Cette exclusion permet d'apporter au modèle la contrainte

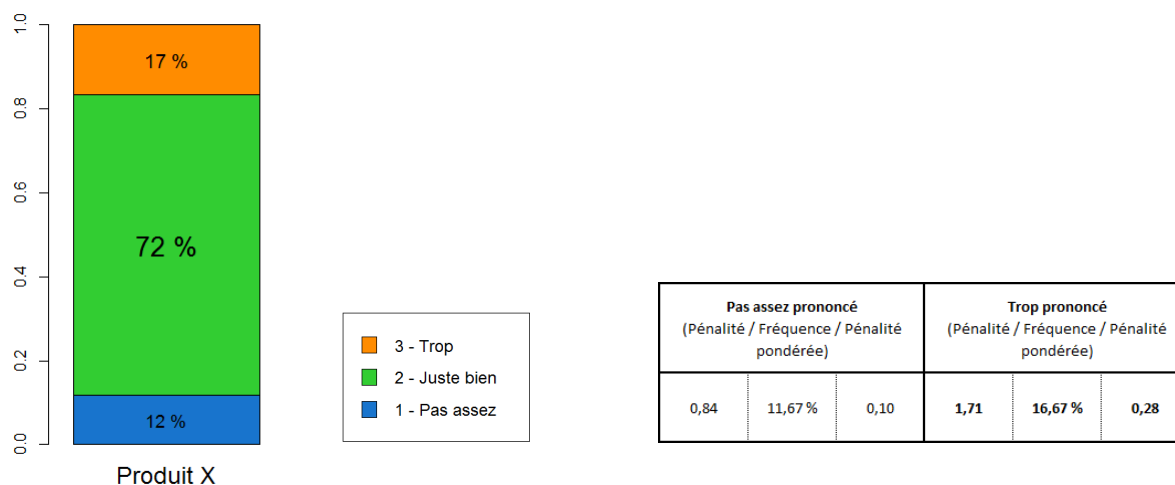


FIGURE B.2 – Exemple d’une modalité JAR d’effectif inférieur à 70% néanmoins pénalisante  
Source: AQUALEHA

Juge	Produit	JAR 1	JAR 2	...	JAR 1 <i>Pas assez</i>	JAR 1 <i>Juste bien</i>	JAR 1 <i>Trop</i>	JAR 2 <i>Pas assez</i>	JAR 2 <i>Juste bien</i>	JAR 2 <i>Trop</i>
1	1	Juste bien	Trop	...	0	1	0	0	0	1
1	2	Juste bien	Pas assez	...	0	1	0	1	0	0
1	3	Pas assez	Juste bien	...	1	0	0	0	1	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
k	p	Juste bien	Juste bien	...	0	1	0	0	1	0

TABLE B.1 – Exemple de Tableau disjonctif complet

$\alpha_{Juste\ bien} = 0$  et de calculer ainsi les pénalités par rapport à la moyenne de la catégorie « Juste bien » (dont l’effet est alors intégré à la constante : c’est la méthode *JAR Mean* [cf. section 1.2.4]). Les variables disjonctives sont traitées comme des variables quantitatives. Pour évaluer les pénalités d’un produit spécifique, le modèle est le suivant (ce modèle est propre à chaque produit) :

$$Hedonic\ score \approx \mu + \alpha_{Descriptor_1\ Not\ enough} + \alpha_{Descriptor_1\ Too\ much} + \dots + \alpha_{Descriptor_p\ Not\ enough} + \alpha_{Descriptor_p\ Too\ much}$$

Les valeurs des pénalités sont celles des estimateurs des effets associés aux variables disjonctives calculés par l’ANOVA. À partir de l’obtention de ces pénalités, la suite du traitement est la même que celle du *Mean drop*, à la différence près que la significativité de chaque effet a déjà été calculée par l’ANOVA. Ceci permet de conclure avec plus de rigueur à la significativité de l’effet d’une modalité JAR sur la note hédonique.

Tous ces arguments ont conduit à privilégier un outil permettant de réaliser un modèle d’ANOVA. Néanmoins, même si sa précision est supérieure à l’analyse de *Mean Drop*, la significativité d’un effet peut toujours être mitigée par la valeur même de sa pénalité et les pourcentages de distribution des modalités. Il est préférable que l’interprétation de l’analyse des pénalités demeure conjointe à celle des analyses descriptives.

### B.3 Interprétation des résultats

En l’absence de corrélation entre descripteurs, les résultats de l’ANOVA (bien que plus fiables) sont similaires à ceux du *Mean drop* : l’ANOVA conduite sur un unique critère conduit exactement aux mêmes

résultats qu'un traitement de *Mean Drop* [cf. figure B.3]. Ce constat conduit à ne pas remettre en question l'utilisation de ces mêmes seuils d'interprétation pour les résultats du modèle d'ANOVA, en dépit de la surestimation des effets par la méthode de Mean Drop lorsque l'étude comporte plusieurs facteurs [cf. figure B.3].

```
> MeanDrop_Su
Products      MeanDrop
              Not enough Too much
all           -2.282876 -1.773158
1Jafa_AvecPulpe_Amb -2.256383 -1.721768
2Jafa_AvecPulpe_Ref -2.928571 -1.853267
3Jafa_SansPulpe_Amb -1.791421 -1.615176
4Jafa_SansPulpe_Ref -2.588172 -2.122222
5Tropi_AvecPulpe_Amb -1.836993 -2.162162
6Tropi_AvecPulpe_Ref -1.930769 -1.457576
7Tropi_SansPulpe_Amb -2.400000 -1.270968
8Tropi_SansPulpe_Ref -1.773243 -1.551020
> ANOVA_1factor_Su
Products      MeanDrop
              Not enough Too much
all           -2.282876 -1.773158
1Jafa_AvecPulpe_Amb -2.256383 -1.721768
2Jafa_AvecPulpe_Ref -2.928571 -1.853267
3Jafa_SansPulpe_Amb -1.791421 -1.615176
4Jafa_SansPulpe_Ref -2.588172 -2.122222
5Tropi_AvecPulpe_Amb -1.836993 -2.162162
6Tropi_AvecPulpe_Ref -1.930769 -1.457576
7Tropi_SansPulpe_Amb -2.400000 -1.270968
8Tropi_SansPulpe_Ref -1.773243 -1.551020
> ANOVA_6factors_Su
Products      MeanDrop
              Not enough Too much
all           -1.588963 -1.420394
1Jafa_AvecPulpe_Amb -1.672895 -1.543627
2Jafa_AvecPulpe_Ref -1.953133 -1.350796
3Jafa_SansPulpe_Amb -1.567157 -1.454476
4Jafa_SansPulpe_Ref -1.627049 -1.164573
5Tropi_AvecPulpe_Amb -1.199066 -1.210919
6Tropi_AvecPulpe_Ref -1.596317 -1.323903
7Tropi_SansPulpe_Amb -1.590688 -1.174648
8Tropi_SansPulpe_Ref -1.020308 -1.208668
```

FIGURE B.3 – Comparaison des pénalités brutes issue d'un Mean Drop et d'une ANOVA incluant 1 ou plusieurs (6) critères JAR

Source: *traitement AQUALEHA, données issues de l'étude de PAGES AND ALL. 2012* [18]

# Annexe C

## Suivi de gestion de projet

La réalisation du protocole de suivis des délais et de l'avancement du projet fit appel à un rétroplanning : à partir de la date butoir de fin du stage (le 23 août 2016), chaque étape nécessaire pour aboutir à la finalisation du projet fut programmée en remontant chronologiquement jusqu'au commencement du projet [cf. figure C.1]. Le même travail fut réalisé sur le second projet principal de stage, l'intercalation des 2 projets explique la présence de certaines périodes de latence dans l'avancement.

Au fur et à mesure de l'avancement et de l'identification des nécessités et des compléments utiles à ajouter, le document fut complété, d'où sa longueur et le détail des accomplissements réalisés [cf. figure C.1].

La nécessité d'un travail de bibliographie était évidemment le commencement même des travaux entrepris. Celui-ci permit d'identifier clairement les axes souhaités pour la suite du projet et d'arrêter les fonctionnalités attendues de l'outil : le détail et la représentation graphique des profils JAR, la réalisation de l'analyse des pénalités, et un apport complémentaire d'analyses descriptive pour soutenir l'interprétation des résultats.

La capacité d'adaptation à tous les schémas d'études envisageables, ainsi que la gestion poussée des erreurs et le perfectionnement des résultats produits, furent considérés ultérieurement. Devant l'avancement plus rapide qu'escompté, il fut envisagé de pousser l'aboutissement du projet jusqu'à la validation de tous les impératifs institutionnels à son intégration définitive au catalogue des prestations du laboratoire. Ainsi, l'intégration de l'outil dans un environnement durable, la réalisation d'une procédure d'utilisation détaillée, ainsi que la réalisation de présentations dédiées aux équipes techniques et commerciales furent ajoutées à la liste des tâches. Une présentation à destination des clients fut également préparée, afin de permettre au laboratoire de faire valoir l'utilité de sa nouvelle acquisition.





# Annexe D

## Programmation : l'association de 2 langages aux fonctionnalités complémentaires

La réalisation d'un outil informatique automatisé nécessite son lot de programmation, celui-ci n'échappe pas à la règle. Du fait de l'exécution conjointe de *R* et d'*Excel*, celle-ci couvre donc 2 langages.

### D.1 Script R

*R* est l'application qui traite de l'analyse des données et des résultats statistiques. Le script porte donc sur toutes les opérations nécessaires à ces analyses.

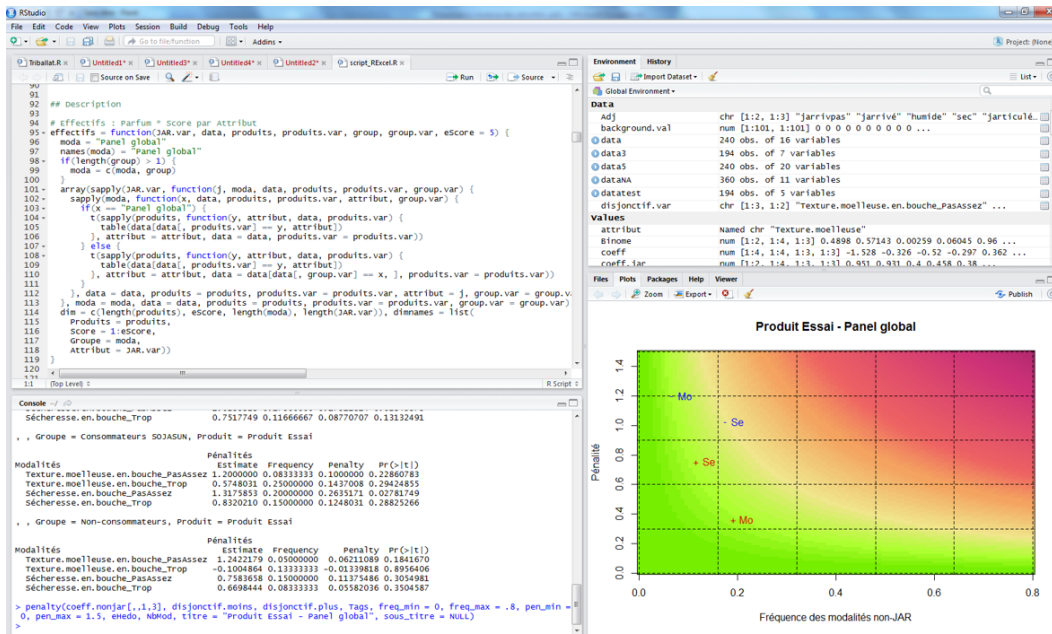


FIGURE D.1 – Capture d'écran de l'interface de développement du script R : RStudio  
Source: AQUALEHA

**Format des données** Avant tout traitement sur les données, la première vérification indispensable concerne leur format : à savoir la bonne définition de chaque type de variable mesurée. Les variables hédoniques sont donc déclarées comme numériques (par défaut à l'importation) et les variables JAR sont traduites en variables catégorielles à 3 ou 5 facteurs selon l'échelle [cf. figure D.3].

```
> summary(JAR_numeric)
      Juges      Produits  Appréciation.globale  JAR 1      JAR 2
Juges 1 : 2   Produit X:120  Min. :1.000      Min. :1.000  Min. :1.000
Juges 10 : 2  Produit Y:120  1st Qu.:5.000    1st Qu.:2.000 1st Qu.:3.000
Juges 100: 2                      Median :7.000    Median :3.000 Median :3.000
Juges 101: 2                      Mean :6.246     Mean :2.771  Mean :3.337
Juges 102: 2                      3rd Qu.:7.000   3rd Qu.:3.000 3rd Qu.:4.000
Juges 103: 2                      Max. :9.000     Max. :5.000  Max. :5.000
(other) :228
```

FIGURE D.2 – Résumé des données : réponses JAR au format *numeric*

```
> summary(JAR_factor)
      Juges      Produits  Appréciation.globale  JAR 1  JAR 2
Juges 1 : 2   Produit X:120  Min. :1.000      1: 15  1: 3
Juges 10 : 2  Produit Y:120  1st Qu.:5.000    2: 56  2: 19
Juges 100: 2                      Median :7.000    3:144  3:130
Juges 101: 2                      Mean :6.246     4: 19  4: 70
Juges 102: 2                      3rd Qu.:7.000   5: 6   5: 18
Juges 103: 2                      Max. :9.000
(other) :228
```

FIGURE D.3 – Résumé des données : réponses JAR au format *factor*

Source: *AQUALEHA*

Cette conversion est assurée que les valeurs des réponses JAR soient bien considérées comme des modalités par l'algorithme, et non pas comme une note hédonique classique.

**Tableau disjonctif complet** À l'issue de cette déclaration, un nouveau codage des variables JAR est réalisé afin de produire le tableau disjonctif complet nécessaire à la réalisation de l'ANOVA [cf. figure D.1].

	Juges	Produits	Appréciation.globale	JAR 1	JAR 2	JAR 1_PasAssez	JAR 1_JAR	JAR 1_Trop	JAR 2_PasAssez	JAR 2_JAR	JAR 2_Trop
1	Juges 1	Produit X	7	2	4	1	0	0	0	0	1
2	Juges 2	Produit X	5	1	4	1	0	0	0	0	1
3	Juges 3	Produit X	7	3	3	0	1	0	0	1	0
4	Juges 4	Produit X	7	3	3	0	1	0	0	1	0
5	Juges 5	Produit X	5	2	5	1	0	0	0	0	1
6	Juges 6	Produit X	4	1	5	1	0	0	0	0	1
7	Juges 7	Produit X	4	2	4	1	0	0	0	0	1
8	Juges 8	Produit X	7	3	3	0	1	0	0	1	0
9	Juges 9	Produit X	5	2	4	1	0	0	0	0	1
10	Juges 10	Produit X	4	3	4	0	1	0	0	0	1
11	Juges 11	Produit X	8	3	3	0	1	0	0	1	0
12	Juges 12	Produit X	4	3	4	0	1	0	0	0	1
13	Juges 13	Produit X	6	4	3	0	0	1	0	1	0
14	Juges 14	Produit X	7	3	4	0	1	0	0	0	1
15	Juges 15	Produit X	6	3	3	0	1	0	0	1	0
16	Juges 16	Produit X	5	1	5	1	0	0	0	0	1

TABLE D.1 – Tableau disjonctif complet produit avec R

Source: *AQUALEHA*

Ce tableau est nécessaire à l'ajustement du modèle d'ANOVA ainsi qu'à la réalisation des tests additionnels

de McNemar [cf. section 4.2.2].

**Effectifs** Afin d’apporter les premières informations de distribution des réponses JAR, on opère le calcul des effectifs de réponse pour chaque produit. Ces effectifs sont enregistrés dans R sous la forme d’un objet de type *array* (tableau multi-dimensionnel) à 4 dimensions : produits, scores JAR, groupe de consommateurs et attribut JAR [cf. figure D.4].

```
> Effectifs
, , Groupe = Panel global, Attribut = JAR 1

      Score
Produits  1  2  3  4  5
Produit X 14 49 55  1  1
Produit Y  1  7 89 18  5

, , Groupe = Panel global, Attribut = JAR 2

      Score
Produits  1  2  3  4  5
Produit X  0  1 45 57 17
Produit Y  3 18 85 13  1
```

FIGURE D.4 – Effectifs des profils JAR calculés par R

Source: *AQUALEHA*

**Histogrammes de distribution** Les histogrammes empilés des séries de réponses JAR sont également construits avec *R*. Ces graphiques permettent d’accompagner visuellement les résultats chiffrés. 2 réalisations sont possibles : soit un histogramme détaillé des profils JAR en 5 modalités [cf. figure D.5] (dans le cas d’un recueil des données sur une échelle en 5 points), soit un histogramme résumé en 3 modalités [cf. figure D.6]. Chaque histogramme peut-être accompagné ou non des pourcentages correspondants, au choix de l’utilisateur.

**Calcul des pénalités** Pour étayer le premier aperçu visuel des résultat, il est nécessaire de calculer les pénalités. 2 types de modèles sont réalisés :

- le premier est un modèle propre à chaque produit, permettant de calculer les pénalités d’un produit spécifique [cf. figure D.7].
- le second est un modèle global, regroupant tous les produits, permettant de calculer les pénalités associées à la famille de produit dans son ensemble. Les modalités insatisfaisantes (« Trop » et « Pas assez ») y sont également regroupées pour ne considérer que des pénalités globales, traduisant l’effet du caractère sur la note hédonique lorsqu’il n’est pas satisfaisant (quelle que soit la nature de l’insatisfaction) [cf. figure D.8].

**Représentations graphiques** Comme les effectifs, par souci d’en faciliter la lecture et l’interprétation, les pénalités sont illustrées par des supports graphiques [cf. figure D.9].

Le premier est une *carte des pénalités*, situant dans un plan chaque modalité JAR selon sa pénalité issue du modèle et son effectif. À chaque couple de coordonnées (pénalité; effectif) correspond une valeur de pénalité pondérée, mise en évidence à l’aide d’un dégradé de couleur ajusté aux seuils d’interprétation [6, WALKER]. Cette représentation graphique permet une interprétation bien plus fine que celles habituellement proposées par les outils existants.

Le second est un histogramme horizontal des pénalités pondérées, permettant une comparaison immédiate de leur importance relative, à la fois d’après la longueur des barres et le dégradé de couleur.

**Analyses complémentaires** Afin de conforter les interprétations, différentes analyses complémentaires sont réalisées :

- les tests intra-produit, tels qu’une comparaison des profils avec une distribution idéale (où toutes les réponses seraient égales à « Juste bien ») à l’aide d’un test de Student [cf. figure D.11], ainsi que les tests binomiaux [cf. figure D.12] présentés en section A.2

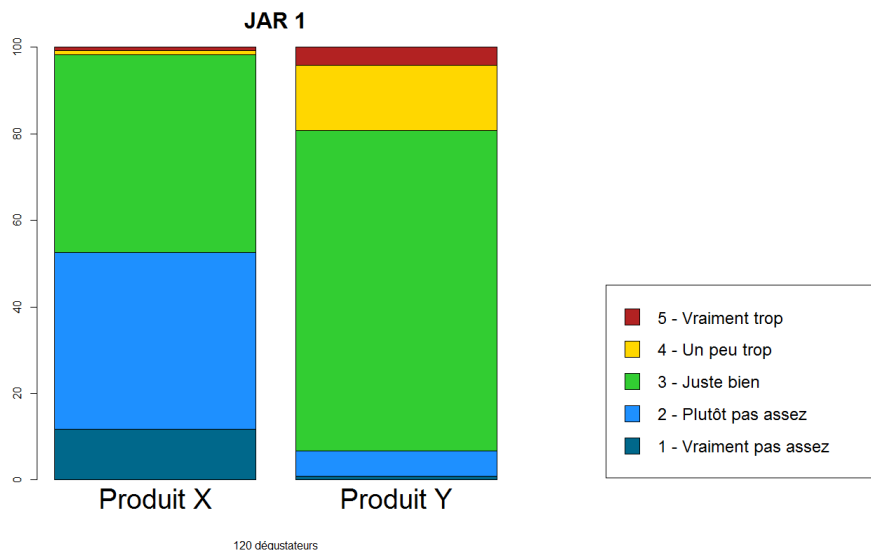


FIGURE D.5 – Histogrammes empilés de distribution des réponses JAR en 5 points, sans pourcentage

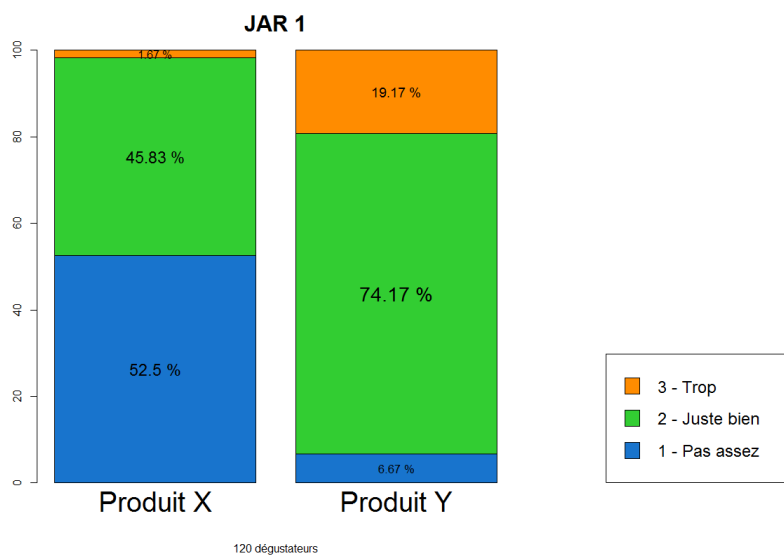


FIGURE D.6 – Histogrammes empilés de distribution des réponses JAR en 3 points, avec pourcentages  
Source: AQUALEHA

— les tests inter-produits, tels que des groupes de similarité entre produits, issus d'une PPDS [cf. figure D.13], ainsi que les comparaisons de McNemar [cf. figure D.14] décrites en section A.3.

**Uniformisation des résultats** Enfin, afin que tous ces résultats puissent être correctement intégrés sous *Excel*, ceux-ci doivent être agencés sous une même structure. Ceci permet de rendre bien plus aisée la tâche de programmation VBA, et clarifie considérablement la lecture et la compréhension. Cette structure commune est celle d'un objet *array*, dont la ou les premières dimensions concernent les produits, les dernières dimensions concernent la segmentation du panel et l'ensemble des critères JAR et les dimensions intermédiaires regroupent les éléments spécifiques de chaque traitement.

```

> Penalties
, , Produit = Produit X

Modalités      Péna1ités
Estimate  Frequency  Penalty  Pr(>|t|)
(Intercept)  7.3021704  0.291666667  NaN  1.748044e-62
JAR.1_PasAssez  1.2491661  0.525000000  0.655812200  4.683649e-05
JAR.1_Trop    0.3021704  0.016666667  0.005036174  7.563316e-01
JAR.2_PasAssez  0.3021704  0.008333333  0.002518087  8.242423e-01
JAR.2_Trop    0.8061686  0.616666667  0.497137309  9.408304e-03

, , Produit = Produit Y

Modalités      Péna1ités
Estimate  Frequency  Penalty  Pr(>|t|)
(Intercept)  6.7655265  0.633333333  NaN  5.679696e-71
JAR.1_PasAssez  1.1987538  0.066666667  0.07991692  6.002432e-02
JAR.1_Trop    0.3588750  0.191666667  0.06878438  4.063725e-01
JAR.2_PasAssez  1.0235323  0.175000000  0.17911814  2.349379e-02
JAR.2_Trop    0.7517749  0.116666667  0.08770707  1.313249e-01

```

FIGURE D.7 – Péna1ités propres à chaque produit

```

> Penalties2
Péna1ités
Modalités      Estimate  Frequency  Penalty  Pr(>|t|)
JAR.1_JAR  0.9511823  0.4000000  0.3804729  0.000341839
JAR.2_JAR  0.9305917  0.4583333  0.4265212  0.000437534

```

FIGURE D.8 – Péna1ités globales, tous produits confondus

Source: *AQUALEHA*

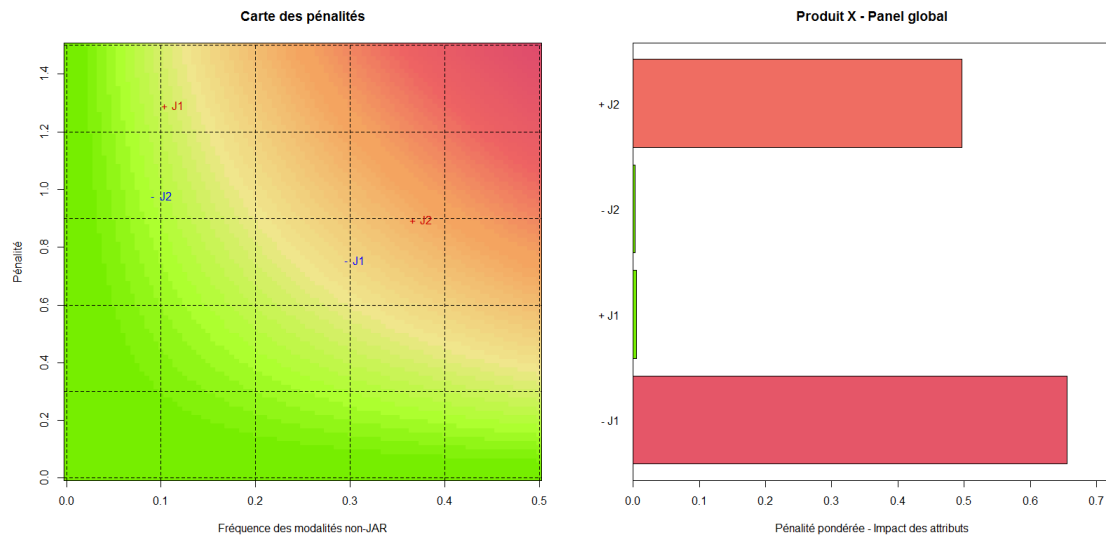


FIGURE D.9 – Carte des péna1ités et histogramme horizontal des péna1ités pondérées  
Source: *AQUALEHA*

L'ensemble de ce script doit être ensuite conservé dans un dossier accessible pour son utilisation par le script VBA.

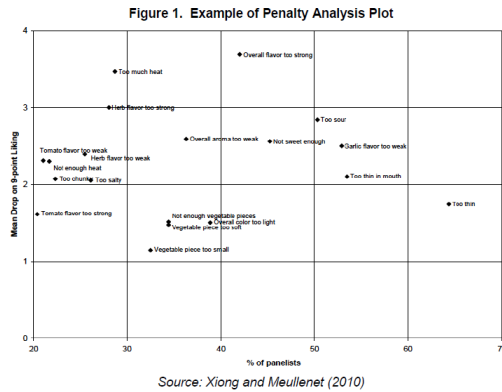


FIGURE D.10 – Carte des pénalités usuelle

Source: Catherine E. Estiaga, 2015, BOOTSTRAPPING PENALTY ANALYSIS IN SENSORY EVALUATION OF PIZZA PRODUCTS [17]

```
> Student
, , Groupe = Panel global, Attribut = JAR.1

Student
Produits estimate p.value
Produit X 2.383333 1.591658e-15
Produit Y 3.158333 6.141179e-03

, , Groupe = Panel global, Attribut = JAR.2

Student
Produits estimate p.value
Produit X 3.750 1.477258e-21
Produit Y 2.925 1.904381e-01
```

FIGURE D.11 – Comparaison des séries de réponses à une distribution idéale - test de Student

```
> Binome
, , Groupe = Panel global, Arôme = JAR.1

Binome
Produits Prop_JAR p.val_0.7 Prop_Exces p.val_0.5
Produit X 0.4583333 3.065082e-08 0.03076923 1.163349e-16
Produit Y 0.7416667 8.640772e-01 0.74193548 1.067384e-02

, , Groupe = Panel global, Arôme = JAR.2

Binome
Produits Prop_JAR p.val_0.7 Prop_Exces p.val_0.5
Produit X 0.3750000 1.958451e-13 0.9866667 4.023406e-21
Produit Y 0.7083333 6.127201e-01 0.4000000 3.105047e-01
```

FIGURE D.12 – Évaluation du taux de satisfaction et des causes d'insatisfaction - tests binomiaux

## D.2 Script VBA

Une fois le script *R* fonctionnel, reste toute la partie consistant à recueillir les données, puis faire appel aux fonctions définies sous *R* avant d'en afficher les résultats prêts à l'emploi. L'articulation de toutes ces fonctions au sein de l'environnement *Excel* est l'objet du script VBA. Toute cette programmation nécessite l'utilisation du format d'enregistrement *.xlsm* des documents *Excel*, format adapté au fonctionnement des macros.

```

> PPDS
, , Groupe = Panel global, Arôme = JAR.1

      PPDS
Produits  means      M
Produit X "2.383333" "b"
Produit Y "3.158333" "a"

, , Groupe = Panel global, Arôme = JAR.2

      PPDS
Produits  means      M
Produit X "3.750"    "a"
Produit Y "2.925"   "b"

```

FIGURE D.13 – Groupes de produits de mêmes profils - PPDS

Source: *AQUALEHA*

```

> Nemar
, , McNemar = PasAssez, Groupe = Panel global, Attribut = JAR.1

      Produit2
Produit1  Produit X  Produit Y
Produit X      NaN  0.7236736
Produit Y 0.7236736      NaN

, , McNemar = JAR, Groupe = Panel global, Attribut = JAR.1

      Produit2
Produit1  Produit X  Produit Y
Produit X      NaN  0.4795001
Produit Y 0.4795001      NaN

, , McNemar = Trop, Groupe = Panel global, Attribut = JAR.1

      Produit2
Produit1  Produit X  Produit Y
Produit X      NaN  0.1138463
Produit Y 0.1138463      NaN

, , McNemar = PasAssez, Groupe = Panel global, Attribut = JAR.2

      Produit2
Produit1  Produit X  Produit Y
Produit X      NaN  0.002967106
Produit Y 0.002967106      NaN

, , McNemar = JAR, Groupe = Panel global, Attribut = JAR.2

      Produit2
Produit1  Produit X  Produit Y
Produit X      NaN  0.1442921
Produit Y 0.1442921      NaN

, , McNemar = Trop, Groupe = Panel global, Attribut = JAR.2

      Produit2
Produit1  Produit X  Produit Y
Produit X      NaN  0.07044043
Produit Y 0.07044043      NaN

```

FIGURE D.14 – Identification des sources de divergence entre profils JAR - tests de McNemar

Source: *AQUALEHA*

**Réalisation des boutons de fonctionnalité** Afin de rendre accessible l'utilisation des fonctionnalités de traitement, il est nécessaire d'utiliser au préalable le logiciel *Custom UI Editor* pour éditer un ruban de fonctions personnalisées au sein de l'environnement *Excel* [cf. figure 2.1]. Ce ruban ne sera accessible que sur le fichier édité (ainsi que les sauvegardes effectuées à partir de ce fichier, si le format n'est pas modifié).

**Import des données** La première étape est la récupération des données. Celle-ci peut se faire directement par un copier-coller dans une feuille du classeur, ou bien elle peut faire appel à la fonction conçue à cet effet (si les données sont enregistrées au format *Excel*). Cette fonctionnalité utilise l'explorateur de fichier pour définir le chemin d'accès du fichier, puis interroge l'utilisateur sur la feuille de données à copier dans le classeur [cf. figure D.16].

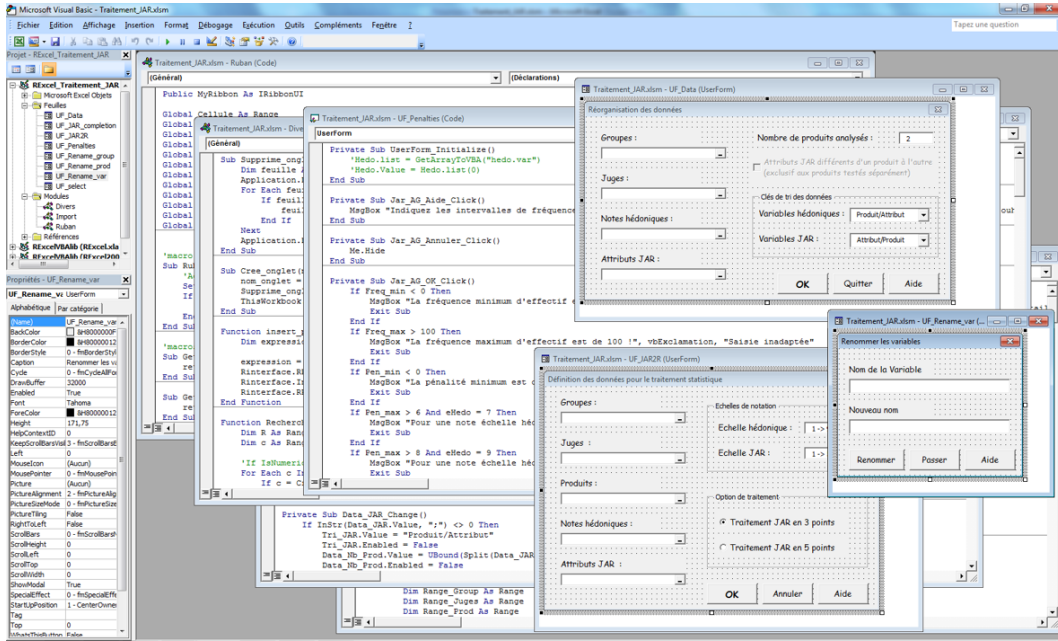


FIGURE D.15 – Capture d'écran de l'interface de développement du script VBA

Source: AQUALEHA

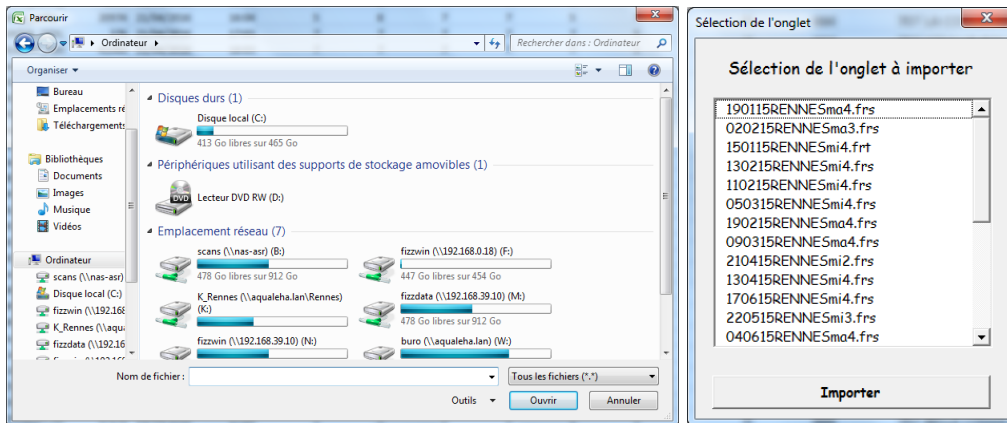


FIGURE D.16 – Formulaires d'importation des données

Source: AQUALEHA

**Réorganisation (optionnelle) du format** Le format des données issue du logiciel de recueil du laboratoire (*Fizz*) n'est pas adapté aux analyses opérées par *R*. Ces données sont enregistrées dans un format *Juges* (en lignes)  $\times$  *Produits*  $\times$  *Descripteurs* (en colonnes). Leur traitement nécessite au préalable une réorganisation afin d'obtenir le format *Juges*  $\times$  *Produits* (en lignes)  $\times$  *Descripteurs* (en colonnes).

**Appel du script R** Une fois les données organisées dans un format exploitable par *R*, la connexion doit être établie avec le serveur et les données y être transférées. À la validation de l'envoi des données vers *R* [cf. figure D.19], un nouveau formulaire recueille des informations descriptives supplémentaires sur les variables sélectionnées, afin des les incorporer dans la description produite automatiquement autour des résultats. On exécute alors l'intégralité du script *R* précédemment décrit afin d'opérer le traitement des données.



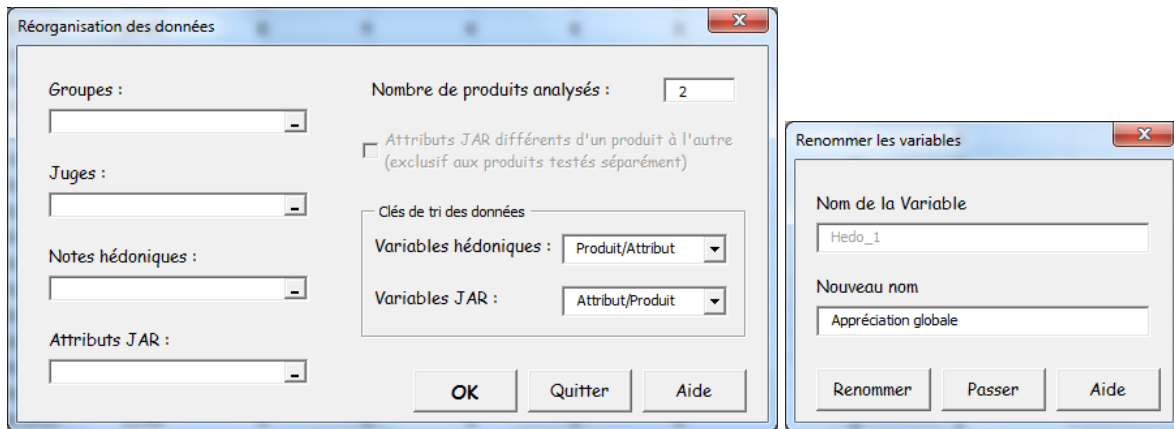


FIGURE D.17 – Formulaire de conversion des données

Source: AQUALEHA

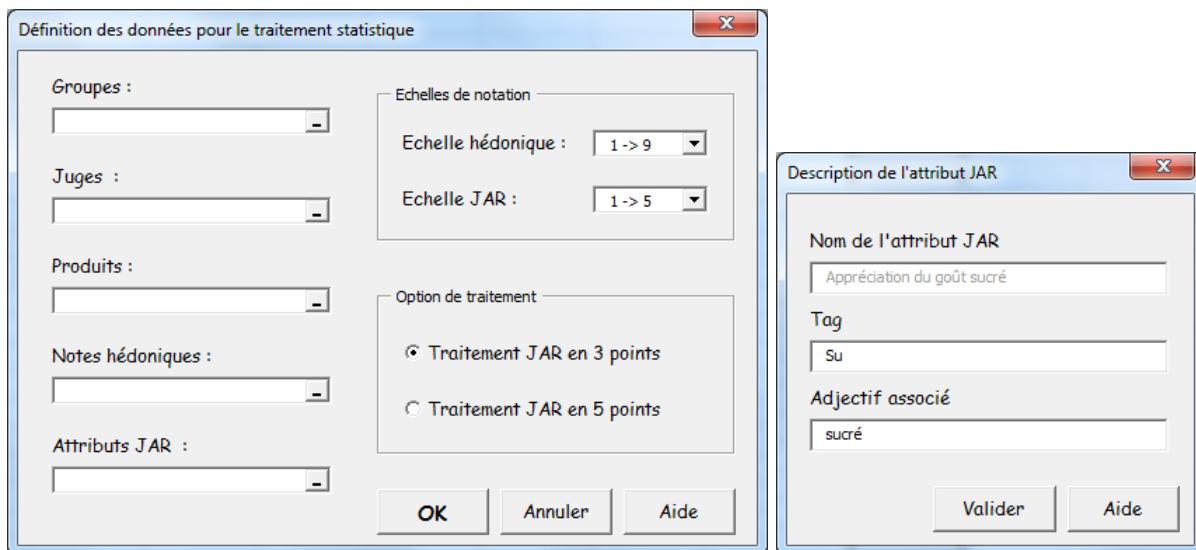


FIGURE D.18 – Formulaire d'export des données vers R

Source: AQUALEHA

**Affichage des distributions** Le premier traitement permet d'obtenir les statistiques descriptives des données [cf. figure 4.1]. Cette fonction produit autant d'onglets que d'attributs JAR. Ces onglets contiennent les tableaux de contingence des effectifs des modalités JAR (les notes données) par chaque groupe de consommateurs à chaque produit, ainsi que leurs fréquences. Ces tableaux sont accompagnés des histogrammes empilés correspondants. Un histogramme présente le détail des réponses, en 5 modalités. Un second présente les réponses regroupées, en 3 modalités. Dans le cas d'un recueil des réponses JAR en 3 catégories, un unique histogramme est produit. Le choix de l'indication des pourcentages sur chaque histogramme est laissé libre à l'utilisateur.

**Affichage des pénalités** Le calcul des pénalités requiert en premier lieu la définition de la variable hédonique à utiliser. On définit également le seuil de significativité souhaité pour les résultats.

Avant de produire les onglets [cf. figure 4.4], la fonction ouvre un formulaire demandant les préférences d'affichage souhaités. Celles-ci concernent les échelles de fréquences et de pénalités employées pour produire les graphes. Les bornes de fréquence doivent être comprises entre 0 et 100. Les bornes de pénalités doivent être

FIGURE D.19 – Formulaire de paramétrage graphique de l’analyse des pénalités

Source: *AQUALEHA*

comprises entre 0 et l’écart maximal correspondant à l’échelle hédonique (6 pour une échelle en 7 points, 8 pour 9 points et 10 pour 11 points). Dans les faits, il est très rare qu’une pénalité dépasse 3, le maximum proposé par défaut est donc de 2,5. Il est possible de fixer également l’échelle de l’histogramme horizontal des pénalités pondérées (par exemple pour harmoniser les échelles entre plusieurs tests). Si les champs correspondant sont laissés vides, les extremums choisis sont ceux observés par le calcul.

À l’issue de la fonction sont créés autant d’onglets que de produits, plus un onglet d’analyse globale. Cette analyse globale est également issue d’une ANOVA et indique une *pénalité globale*, correspondant à l’impact global d’un caractère JAR sur la note lorsque celui-ci n’est pas jugé satisfaisant (indifféremment de la nature du défaut). Cette analyse fait office d’information supplémentaire pour l’analyse des résultats et n’est pas présentée au client par souci de clarté.

**Affichage des informations complémentaires** Si souhaité, les analyses complémentaires peuvent aussi être indiquées, sous forme de tableaux récapitulatifs [cf. figure 4.3]. À l’issue de la fonction sont créés autant d’onglets que d’attributs JAR. Ces onglets contiennent, pour chaque produit, les évaluations inter-produits et intra-produits de chaque attribut JAR, telles que décrite à la section A.2.

**Définition des formulaires de saisie** Pour chaque fonctionnalité de l’outil, des formulaires d’aide à la saisie des données sont réalisés. Ils permettent à l’utilisateur toutes les informations nécessaires à chaque traitement, ainsi que les préférences.

# Ressenti

Les missions qui m'ont été confiées durant mon stage, et tout particulièrement ce projet, furent pour moi une belle opportunité. La réalisation d'un outil d'analyse pour le traitement des pénalités JAR correspondait à un besoin éphémère pour le laboratoire et coïncidant parfaitement avec mon arrivée dans la structure. Je n'aurais pu imaginer de mission plus adaptée à mes motivations, aussi je ne peux qu'apprécier la chance d'être arrivé au moment opportun.

J'ai eu durant ce projet tout loisir de mener à bien l'intégralité des missions qui me furent confiées, en toute liberté de gestion, et sans subir le moindre stress dans l'organisation de mon travail. Malgré un ensemble très productif et une validation de tous les objectifs fixés, j'aurais aimé disposer de quelques semaines de plus pour aller jusqu'au bout de ce que je souhaitais réaliser : à savoir, intégrer une fonctionnalité de pré-remplissage automatisé du rapport client dans l'outil conçu (permettant d'apporter un gain de temps considérable à la tâche de traitement).

La gestion de multiples projets en parallèle et la grande diversité des missions résultantes fut pour moi une source de découverte et de challenge permanent, et développa en moi une envie intarissable de m'investir au maximum dans mes réalisations. Mes connaissances du langage VBA n'étaient que très modérées au début du stage : il me fut donc nécessaire d'apprendre par moi-même toutes les notions qui me faisaient défaut et pour en avoir désormais une excellente maîtrise. Lors de la rédaction de ce mémoire, j'ai pu faire de même avec ma connaissance du langage  $\text{\LaTeX}$ , inconnue auparavant et apprise à l'occasion.

Au cours de ces 6 mois, j'ai été amené à interagir avec de nombreuses équipes au sein du laboratoire; leurs remerciements très chaleureux et retours valorisants furent pour moi la source de toujours plus de motivation. J'ai eu également la chance lors de ce stage d'être encadré par une maître de stage très impliquée, toujours disponible et à l'écoute de mes besoins, ainsi que d'être déployé dans un service soucieux m'intégrer et m'apporter l'aide nécessaire. Le cadre de ce stage fut en conséquence le plus agréable que j'ai connu jusqu'alors.

Mon stage au sein d'AQUALEHA est à mes yeux une expérience riche et très valorisante dont je garderai un souvenir impérissable.

# Références

- [1] Félix Lallemand. Épreuves hédoniques - degré de naïveté - échelle jar - tests statistiques - pénalités. Master's thesis, Agrosup Dijon, 2015.
- [2] Kerstin Jahnke. *Usage of JAR as a Supplement to Predict Consumer Acceptance Based on Descriptive Sensory*. PhD thesis, Hamburg University of Applied Sciences, 2005.
- [3] Hal MacFie. *Consumer-Led Food Product Development*. Woodhead Publishing, 2007.
- [4] Lori Rothman and Merry Jo Parker. *Just-About-Right (JAR) Scales : Design, Usage, Benefits and Risks*. ASTM International, 2009.
- [5] María De las Mercedes López Osornio and G. Hough. Comparing 3-point versus 9-point just-about-right scales for determining the optimum concentration of sweetness in a beverage. *Journal of Sensory Studies*, 25(Issue Supplement s1) :p. 1–17, April 2010.
- [6] Lori Walker. *Using Penalty Analysis as an Aid in Product Development*. FONA International, Inc.
- [7] Dave Plaehn, John Horne, and Gregory Stucky. *Understanding Penalty Analysis*. Insights Now, jun 2009. White Paper 105, <http://www.marketresearchworld.net/content/view/3233/61/>.
- [8] The Society of Sensory Professionals. Penalty analysis, 2016b. <http://www.sensorysociety.org>.
- [9] AFNOR. *Directives générales pour la réalisation d'épreuves hédoniques effectuées avec des consommateurs dans un espace contrôlé*. NF V 09-500.
- [10] Fizz by biosystèmes - solutions logicielles pour l'analyse sensorielle et les tests consommateurs. <http://www.biosystemes.fr/fizz.php>.
- [11] The r project for statistical computing. <https://www.r-project.org/>.
- [12] Xlstat sensory. <https://www.xlstat.com/fr/solutions/sensory>.
- [13] statconndcom, rcom and rexcel. <http://homepage.univie.ac.at/erich.neuwirth/php/rcomwiki/doku.php>.
- [14] AFNOR. *Sensory analysis, Methodology, General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area*. ISO 11136 :2014(E).
- [15] Pierre Neuvia. Tests usuels sur échantillons appariés. In *Démarche Statistique 1*. Evry, M1 SGO, 2014.
- [16] Dave Plaehn. What's the real penalty in penalty analysis *Food Quality and Preference*, 28(Issue 2) :p. 456–469, June 2013.
- [17] Catherine E. Estiaga. Bootstrapping penalty analysis in sensory evaluation of pizza products. *The Philippine Statistician*, 64(No. 2) :p. 69–94, 2015.
- [18] Jérôme Pagès, Sébastien Berthelo, Morgan Brossier, and Damien Gourret. Another way to treat jar scales : application to the sensory characterization of products. poster, 2012.

	Diplôme : Ingénieur agronome Spécialité : STATISTIQUE Spécialisation / option : Enseignant référent : François HUSSON
Auteur : Simon THULEAU Date de naissance : 15/03/1991	Organisme d'accueil : AQUALEHA Adresse :
Nb pages :                      Annexes : 5	Les Tertres Noirs BP 40526 35505 Vitré Cedex
Année de soutenance : 2016	Maître de stage : Chantal ABADIE
<p><b>Titre français :</b>  <i>Développement d'une nouvelle prestation – intégration de l'analyse des pénalités à un portefeuille d'analyses sensorielles</i></p> <p><b>Titre anglais :</b>  <i>Development of a new benefit – integration of penalties analysis on a sensory analysis portfolio</i></p>	
<p><b>Résumé :</b></p> <p>L'objectif de ce projet a été d'apporter une nouvelle prestation à celles que propose le laboratoire AQUALEHA à ses commanditaires : <i>l'analyse des pénalités de données JAR</i>. Ce traitement n'étant pas réalisable via le logiciel principalement utilisé par le laboratoire, il s'agit d'une part d'acquérir la connaissance et la maîtrise technique de cette méthode inconnue jusqu'alors de l'équipe d'analyse sensorielle, ainsi que de mettre en place un outil le plus approprié pour réaliser un tel traitement. L'outil ainsi conçu est une solution intégrée au logiciel Excel, utilisant le complément RExcel permettant un compromis idéal entre la compétence d'analyse statistique du logiciel de traitement R et la qualité de présentation d'Excel. Cette solution permettant la réalisation d'une analyse élaborée tout en bénéficiant d'une prise en main aisée et abordable par tous.</p>	
<p><b>Abstract :</b></p> <p>The objective of this project was to provide a new benefit to those proposed by the AQUALEHA laboratory to its clients : the analysis of JAR data penalties. Due to the impossibility to achieve this treatment with the software mainly used by the laboratory, the purpose is firstly to acquire the knowledge and technical skills of this method previously unknown by the sensory analysis team, as well as to set up a most appropriate tool to achieve such treatment. The tool designed is an integrated solution to Excel, using the RExcel addin resulting in an ideal compromise between the statistical analysis skill of the R processing software and the Excel presentation quality. This solution allows the realization of an elaborated analysis while enjoying an easy to handle and affordable utilization for all.</p>	
<p><b>Mots-clés :</b> Outil de traitement, Données JAR, Analyse des pénalités</p> <p><b>Key Words :</b> Traitement tool, JAR data, Penalties analysis</p>	