Contribution aux réflexions méthodologiques relatives à l'étude des préférences des consommateurs et à l'étude des interactions sensorielles: Application au modèle pomme

Mathilde Charles

▶ **To cite this version:**

Mathilde Charles. Contribution aux réflexions méthodologiques relatives à l'étude des préférences des consommateurs et à l'étude des interactions sensorielles: Application au modèle pomme. Alimentation et Nutrition. Université d'Angers, 2013. Français. NNT : 1313 . tel-00931819

HAL Id: tel-00931819

https://theses.hal.science/tel-00931819

Submitted on 21 Jan 2014

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.

Thèse de Doctorat

Mathilde Charles

Mémoire présenté en vue de l'obtention
du grade de Docteur de l'Université d'Angers
Sous le label de l'Université Nantes Angers Le Mans

Discipline : Science alimentaire
Spécialité : Analyse Sensorielle
Laboratoires : UR GRAPPE, Groupe ESA, Angers
UMR CNRS GEPEA - équipe de recherche Flaveur, ONIRIS, Nantes

Soutenue le 18 mars 2013

École doctorale : Végétal Environnement Nutrition Agroalimentaire Mer
Thèse N° 1313

Contribution aux réflexions méthodologiques relatives à l'étude des préférences des consommateurs et à l'étude des interactions sensorielles

Application au modèle pomme

JURY

Rapporteurs :	**Mme VOILLEY Andrée**, Professeur émérite, AgroSup Dijon, Dijon, France
	Mme SULMONT-ROSSÉ Claire, Chargé de recherche, HDR, INRA, Dijon, France
Examinateurs :	**Mme SAINT-EVE Anne**, Maitre de conférences, AgroParisTech, Paris, France
	Mme COTTET Valentine, Ingénieur d'étude, CTIFL, Balandran, France
Directeur de Thèse :	**Mme MEHINAGIC Emira**, Directrice de recherche, HDR, ESA, Angers, France
Co-directeur de Thèse :	**Mme PROST Carole**, Professeur, HDR, ONIRIS, Nantes, France
Co-encadrants :	**Mme VIGNEAU Evelyne**, Professeur, HDR, ONIRIS, Nantes, France
	Mme MAITRE Isabelle, Enseignant Chercheur, ESA, Angers, France

« La vérité tombe de l'esprit quand elle est mûre, comme le fruit de l'arbre.
Elle n'est pas plus exprimable que la saveur d'une pomme.
Il faut être bien extravagant pour s'escrimer à dire aux gens la saveur d'une pomme. »

H.Gougaud

REMERCIEMENTS

Je voudrais remercier toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à ce travail et qui ont croisé mon chemin pendant ces trois années :

J'adresse tout d'abord mes remerciements chaleureux à mes directrices de thèse **Emira Mehinagic** et **Carole Prost** pour m'avoir ouvert les portes de leur laboratoire respectif et confié ce travail de recherche, et également pour leur aide et leurs conseils scientifiques.

Je témoigne toute ma reconnaissance à **Isabelle Maitre** et **Ronan Symoneaux** pour m'avoir encadrée, guidée et s'être impliqué dans cette aventure au pays des pommes, pour leur disponibilité, leurs suggestions, leurs encouragements et leur bonne humeur.
Je remercie également **Catherine Ouvrard** et **Isabel Saillard** pour leur aide précieuse pour mener à bien les séances de panel. Je tiens à remercier l'ensemble de l'équipe d'analyse sensorielle du GRAPPE pour leur superbe esprit d'équipe et leur aide durant les semaines de tests consommateurs intensifs. Merci **Anne-Sophie**, **Gaëlle**, **Corinne**, **Cécile B.**, **Céline B.**, **Jérémy**, **Génica**, **Véronique** et **Dominique**.

Merci à **Florence Texier**, **Pauline Poinot** et **Gaëlle Arvisenet** pour leur implication et leur aide durant la réalisation et la valorisation de mes travaux réalisés au laboratoire de biochimie d'ONIRIS.
Je tiens à remercier également **Michelle**, **Catherine F.** et **Cécile M.** pour leur aide technique et leur sympathie.

Un grand merci à **Evelyne Vigneau** pour m'avoir orienté, fait bénéficier de ses compétences en statistiques et pour ses conseils toujours pertinents.
Merci à **Morgane**, **Marion**, **Elsa**, **Joanny** et **Elodie** pour leur contribution sur la comparaison de différentes méthodes statistiques.

Mes remerciements s'adressent à **Andrée Voilley** et **Claire Sulmont-Rossé** en tant que rapporteurs, **Valentine Cottet** et **Anne Saint-Eve**, en tant qu'examinatrices, pour le temps accordé à la lecture et à l'évaluation de ce manuscrit.
Je remercie chaleureusement **Sylvie Chollet** et **Pierre Vaysse** d'avoir accepté d'être membre de mon comité de thèse et pour les discussions intéressantes et constructives qui en sont ressorties.

Je remercie les membres des deux panels d'analyse sensorielle avec lesquels j'ai eu l'occasion de travailler et sans qui tout ce travail n'aurait pas abouti :
Merci à **Aline**, **Annie**, **Bernard**, **Bruno**, **Céline C.**, **Chantal**, **Florence**, **France**, **Hélène**, **Isabelle**, **Jacqueline**, **Marie**, **Marie-Françoise**, **Martine**, **Michel**, **Michelle**, **Ophélie, Patrice** et **Sylvie** pour leur fidélité et leur implication dans ce panel et pour avoir évalué des pommes sous toutes leurs coutures pendant de longues semaines.
Je remercie sincèrement **Angélique**, **Carole**, **Catherine F.**, **Cécile R.**, **Cécile M.**, **Céline C.**, **Claire**, **Clément**, **Emilie**, **Emmanuelle**, **Florence A.**, **Florence T.**, **Frédérique**, **Gwénaëlle**, **Marion** et **Sylvie** d'avoir accepté de faire partie de mon panel et d'avoir respiré, mastiqué et craché des pommes en rythme et avec application.
Je remercie également les membres du panel « Eden » qui ont effectué les profils pour l'étude couleur.

Je remercie **Laurence** pour son aide administrative et sa bonne humeur, **Mara** pour m'avoir savamment aiguillé lors de la finalisation de mon premier article mais aussi pour son enthousiasme et sa joie de vivre.

Un remerciement spécial à **Cécile B.**, **Stéphanie**, **Céline B.**, **Gaëlle**, **Eben**, **Pauline**, **Marion** et **Clément** pour avoir partagé de nombreux moments ensemble au labo et à l'extérieur. Merci pour votre amitié et votre soutien précieux dans les moments difficiles. Un remerciement particulier aussi à **Cécile R.**, ma super coloc' de bureau pendant mon séjour à Nantes. Merci à **Sophie**, **Isabel**, **Corinne**, **Dominique**, **Véronique**, **Chloé**, **Mathilde, Jérémy, Catherine**, **Génica**, **Andréa**, **Cécile P.**, **Angélique**, **Laurent**, **Christelle** qui ont aussi contribué à rendre fort sympathique l'environnement dans lequel j'ai évolué au cours de ces trois années. Je souhaite remercier l'ensemble du personnel du GRAPPE et du laboratoire de biochimie d'ONIRIS pour leur sympathie.

Je remercie aussi toutes mes amies pour m'avoir permis de me changer les idées lorsque j'en avais besoin et de leur soutien : les dijonnaises fines et fortes, **Pauline**, **Carole**, **Sophie**, **Aline** et **Natalie**, la brochette de fidèles ensbaniennes, **Carine**, **Lucile**, **Aude**, **Aurore T.**, **Emeline**, **Flavie**, **Sophie**, **Aurore C.**, **Amélie** et **Emilie** et les nantaises d'adoption, **Aliénor**, **Anne-Laure** et **Soukeyna**.

Enfin un énorme merci à ma famille et plus particulièrement à mes sœurs chéries, **Camille** et **Pauline**, et à **mes parents** pour leur soutien sans faille et leurs encouragements.

Merci !

AVANT-PROPOS

Ce travail de recherche entre dans le cadre du programme de recherche COSIVEG financé par la Région Pays de la Loire. Ce programme pluridisciplinaire vise à développer des méthodologies cognitives et sensorielles innovantes adaptées à la valorisation du végétal. Il a permis la collaboration entre des équipes de recherche avec des expertises complémentaires à savoir le Groupe de Recherche Agro-alimentaire sur les Produits et Procédés (Groupe ESA), le Laboratoire de Recherche en Sciences Sociales (Groupe ESA), le Groupe de Recherche Flaveur (ONIRIS), l'Unité de Sensométrie et Chimiométrie (ONIRIS), le Laboratoire de Recherche en Gestion et Économie des Industries Alimentaires (ONIRIS), le Laboratoire de Recherche en Stratégie et Marchés des produits Agro-alimentaires (AUDENCIA), l'équipe de recherche GenHort (INRA/Agrocampus-Ouest/Université d'Angers), le Groupe de Recherche Angevin en Économie et Management (Université d'Angers) et le Centre de Saint Rémy de Provence du Centre Interprofessionnel des Fruits et Légumes. Le programme COSIVEG est organisé en trois axes opérationnels.

Le premier axe a pour but d'identifier et de hiérarchiser les principaux déterminants de consommation de deux produits de grande consommation : la pomme et la carotte. Dans le second axe sont étudiées les préférences sensorielles des consommateurs et des principaux déterminants sensoriels. Une segmentation fine des consommateurs de pommes et carottes est alors opérée dans le but d'étudier l'impact de leurs préférences sensorielles sur leur comportement vis-à-vis de ces produits. Il est important d'obtenir des informations sur les stimuli qui ont le plus d'impact dans la réponse hédonique des consommateurs, dans la perspective de concevoir de nouvelles variétés satisfaisant au mieux leurs attentes. Les principaux attributs sensoriels identifiés comme déterminants à l'issue de ce travail ont pour rôle de cibler des critères sensoriels utiles à prendre en compte dans les processus de sélection variétale, mais également de contrôle qualité. D'ailleurs, le troisième axe du projet COSIVEG, qui constitue un axe de développement et de valorisation, porte sur le développement de méthodes d'analyse sensorielle adaptées aux processus de sélection ou de diffusion des variétés, qui font face aux difficultés spécifiques : variabilité et grande taille des échantillons, faible nombre de dégustateurs, nombre de descripteurs sensoriels limité et caractéristiques d'une variété à l'autre, etc.

Ce travail de thèse, qui s'intègre dans le second axe du programme, a été réalisé grâce au concours de trois unités de recherche : l'UR GRAPPE (Groupe de Recherche Agro-alimentaire sur les Produits et Procédés) du Groupe ESA (Ecole Supérieure d'Agriculture), l'UMR CNRS GEPEA – équipe

de recherche Flaveur (ONIRIS) et l'Unité de sensométrie et Chimimétrie (ONIRIS). Il poursuit la collaboration initiée entre le groupe ESA – laboratoire GRAPPE – et ONIRIS – équipe de recherche Flaveur - par les travaux de thèse d'Emira Mehinagic (2001-2004) et de Ludivine Billy (2004-2007) portant respectivement sur la « Recherche de descripteurs objectifs de la qualité sensorielle des pommes » et sur la « Perception de la texture et de l'arôme des pommes : recherche de marqueurs biochimiques et contribution d'une bouche artificielle ».

VALORISATION DES TRAVAUX DE RECHERCHE

Les résultats de cette thèse ont fait l'objet de publications et communications :

Publications dans les revues internationales à comité de lecture

Charles, M., Poinot, P., Texier, F., Arvisenet, G., Vigneau, E., Mehinagic, E., Prost, C. (2013). The "Mouth to Nose Merging System": a novel approach to study the impact of odour on other sensory perception. *Food Quality and Preferences*, 28(1), *264-270.*

Vigneau, E., **Charles, M.**, Chen, M. External preference segmentation with additional information on consumers: a case study on apples. *Food Quality and Preference*. Soumis.

Charles, M., Maitre, I., Vigneau, E., Symoneaux, R., Prost, C., Mehinagic, E. Impact of product space selection on preference keydrivers: an application on apples. *Food Quality and Preference*. En préparation.

Publications dans des revues techniques sans comité de lecture

Mehinagic, E., **Charles, M.**, Vigneau, E., Symoneaux, R., Maitre, I. (2013). Segmentation des consommateurs de pommes selon des critères gustatifs. Revue Suisse d'arboriculture. *In Press*.

Communications orales dans des congrès internationaux et nationaux

Charles, M., Vigneau, E., Symoneaux R., Maitre, I., Prost, C., Mehinagic, E. Pomme de reinette ou pomme d'Api? Etude des segments de consommateurs de pommes et des déterminants sensoriels des préférences associés. Colloque VégéConso ,16-17 janvier 2011, Angers, France.

Charles, M., Symoneaux, R., Maitre, I., Vigneau, E., Prost, C., Mehinagic, E. Apple consumer segmentation by integrative methods: when sensory sciences meet social sciences. II International Symposium on Horticulture in Europe – SHE2012, 1-5 juillet 2012, Angers, France.

Vigneau, E., **Charles, M.**, Chen, M. External preference segmentation with additional information on consumers. 11th Sensometrics, 10-13 Juillet 2012, Rennes, France.

Symoneaux, R., Maitre I., **Charles, M.**, Mehinagic, E. Do apple visual characteristics influence trained taster's perception. II International Symposium on Horticulture in Europe – SHE2012, 1-5 juillet 2012, Angers, France.

Communications par poster dans des congrès internationaux

Charles, M., Symoneaux, R., Maitre, I., Vigneau, E., Prost, C., Mehinagic, E. Do the size and nature of product-space influence the hierarchy of preference key drivers? An application on apples. 9th Pangborn Sensory Science Symposium, 4-8 Septembre 2011, Toronto, Canada.

Blasi, M., Brémond, M., **Charles, M.** Consumer segmentation and elicitation of the key drivers: a case study with apples. Agrostat 2012 – 2th European Symposium on Statistical Methods for the Food Industry, 28 Février - 2 Mars 2012, Paris, France.

Charles, M., Maitre, I., Symoneaux, R., Vigneau, E., Prost, C., Mehinagic, E. Unraveling apple consumer segmentation by the identification of associated sensory preference keydrivers. II International Symposium on Horticulture in Europe – SHE 2012, 1-5 Juillet 2012, Angers, France.

Charles, M., Maitre, I., Symoneaux, R., Vigneau, E., Prost, C., Mehinagic, E. Impact of the product-space choice when using preference mapping. 5th European Conference on Sensory and Consumer Research, 9-12 Septembre 2012, Bern, Suisse.

Symoneaux, R., Maitre, I., Bavay, C., **Charles, M.**, Mehinagic E. Do cultivars influence consumer liking as a brand? The role of expectation linked to apple appearance on consumer scoring. 5th European Conference on Sensory and Consumer Research, 9-12 Septembre 2012, Bern, Suisse.

SOMMAIRE

SIGLES ET ABREVIATIONS 1

INTRODUCTION 2

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE 5

1 La pomme 5
1.1 Variétés et production 5
1.2 Evaluation de la qualité 6
1.2.1 Définition *6*
1.2.2 La qualité marchande *8*
1.3 Synthèse 9
2 La perception sensorielle 10
2.1 Le mécanisme de perception 10
2.2 La complexité de la perception 10
2.3 Des interactions de différentes natures 11
2.3.1 Interactions physico-chimiques 11
2.3.2 Interactions cognitives 12
2.3.3 Interactions physiologiques 13
2.4 L'étude des interactions sensorielles pouvant être observées sur le « modèle pomme » 14
2.4.1 Interactions odeur-arôme 14
2.4.2 Interactions odeur-saveur et arôme-saveur 15
2.4.3 Interactions odeur-texture et arôme-texture 15
2.4.4 Interactions couleur-odeur/arôme et couleur-saveur 16
2.4.5 Matrices utilisées pour l'étude des interactions 17
2.5 Synthèse 18
3 Mesures objectives : Le profil sensoriel 19
3.1 La méthode 19
3.2 Le profil appliqué aux pommes 20
3.2.1 Caractérisation des saveurs et sensations 27
3.2.2 Caractérisation de la texture 27

3.2.3 Caractérisation des arômes et odeurs 27
3.3 Synthèse 27
4 Mesures subjectives : Les préférences 28
4.1 Définition 28
4.2 Facteurs influençant les préférences 28
4.3 Méthodes pour étudier les préférences 28
4.3.1 Les objectifs et les prérequis 28
4.3.2 Méthodes pour observer la segmentation des consommateurs 31
4.3.3 Modélisation des préférences 33
4.4 Les préférences des consommateurs de pommes 34
4.5 Synthèse 37
5 Conclusion 37

PROBLEMATIQUE ET DEMARCHE 38

EXPERIMENTATIONS 43

PARTIE I CARACTERISATION DE LA DIVERSITE SENSORIELLE DES POMMES 44
1 Matériels et Méthodes 45
1.1 Les produits 45
1.2 Caractérisation sensorielle 48
1.2.1 Le panel entrainé 48
1.2.2 Déroulement général des tests sensoriels descriptifs 48
1.2.3 Entrainement 49
1.2.4 Performances 50
1.2.5 Profils sensoriels 51
1.3 Caractérisation physico-chimique 55
1.3.1 Pénétrométrie 55
1.3.2 Teneur en sucres 55
1.3.3 Taux d'acidité 55
1.3.4 Jutosité 56
1.4 Traitement des données 56
2 Résultats 57
2.1 Validation de la méthode d'entrainement du panel 57
2.2 Caractérisation sensorielle d'un grand nombre de produits 60

2.3 Etude des relations entre paramètres sensoriels et physico-chimiques 66
2.4 Sélection de sous-ensembles de produits représentatifs de la diversité sensorielle des pommes et réduction des descripteurs 68
2.4.1 Sélection d'un sous-ensemble de produits représentatif de la diversité sensorielle pour l'étude des préférences 69
2.4.2 Sélection d'un sous-espace représentatif de la diversité sensorielle pour l'étude de l'impact des caractéristiques sensorielles des produits présentés dans une étude des préférences sur les résultats d'une telle étude 74
3 Discussion 79
4 Conclusion **Errore. Il segnalibro non è definito.**

PARTIE II ETUDE DES PREFERENCES DES CONSOMMATEURS DE POMMES 85
1 Matériels et Méthodes 86
1.1 Les produits 86
1.2 Mesure de l'appréciation 87
1.2.1 Le panel de consommateurs 87
1.2.2 Organisation des séances 87
1.2.3 Test hédonique 87
1.2.4 Informations sociodémographiques et d'usages/attitudes du panel de consommateurs 88
1.2.5 Traitement des données 88
2 Résultats 90
2.1 Données moyennes du panel 90
2.2 Segmentation des consommateurs de pommes 95
2.2.1 Segmentation selon leurs préférences 95
2.2.2 Segmentation selon les données de préférences et les données descriptives sensorielles 98
2.3 Identification des déterminants sensoriels des préférences par segment de consommateurs 100
2.4 Caractérisation *a posteriori* des segments de consommateurs avec les données sociodémographiques et d'usages/attitudes 104
2.5 Classification des consommateurs avec les données sensorielles et utilisation *a priori* des données sociodémographiques et d'usages/attitudes 106
3 Discussion 110
3.1 Déterminants des préférences des consommateurs de pommes 110

3.2 Les autres déterminants de consommation 112
3.3 Méthodes de traitement utilisées pour analyser les préférences et la caractérisation qualitatives des consommateurs 114
4 Conclusion 115

PARTIE III ETUDE DE L'IMPACT DES CARACTERISTIQUES DES POMMES PRESENTEES DANS UNE ETUDE DE PREFERENCES SUR LA SEGMENTATION DES CONSOMMATEURS ET L'IDENTIFICATION DES DETERMINANTS SENSORIELS DES PREFERENCES 117

1 Introduction 118
2 Matériels et Méthodes 118
2.1 Choix des produits 118
2.2 Traitement des données 119
3 Résultats 120
3.1 Description des trois sélections de produits différentes 120
3.2 Analyse des préférences des consommateurs de pommes avec les trois sélections de produits différentes 125
3.3 Comparaison des résultats de préférences issus des différentes sélections de produits 135
4 Discussion 138
5 Conclusion 140

PARTIE IV ETUDE DE L'IMPACT DES PERCEPTIONS VISUELLES ET ODORANTES SUR LES PERCEPTIONS EN BOUCHE 141

A ETUDE DE L'IMPACT DU VISUEL SUR LES PERCEPTIONS DE SAVEURS ET DE TEXTURE ET SUR L'APPRECIATION 142
1 Introduction 143
2 Matériels et Méthodes 143
2.1 Les produits 143
2.2 Les mesures physico-chimiques 143
2.3 Les conditions d'évaluation 143
2.4 Protocole 144
2.5 Les panels 144
2.5.1 Le panel entrainé 145
2.5.2 Le panel consommateur 146
2.6 Traitement de données 146

3 Résultats 146
3.1 Caractérisation des variétés 146
3.2 Influence de la couleur sur les perceptions en bouche 147
3.3 Influence de la couleur sur l'appréciation des consommateurs 150
4 Discussion 151
5 Conclusion 153

B ETUDE DE L'IMPACT D'UNE ODEUR « POMME EN BOUCHE » SUR LES PERCEPTIONS EN BOUCHE 155
1. Introduction 156
2 Matériels et Méthodes 156
2.1 Principe du « Mouth to Nose Merging System » 156
2.2 Les produits 158
2.3 Mesures sensorielles 158
2.3.1 Panel 158
2.3.2 Tests de similarité 159
2.4 Expériences 159
2.4.1 Expérience 1 : Etude de la similarité d'arôme, de saveur et de texture par rapport à une référence en conditions normales de dégustation 159
2.4.2 Expérience 2 : Validation du « Mouth to Nose Merging System » 160
2.4.3 Expérience 3: Etude de l'influence d'une odeur « pomme en bouche » sur les perceptions d'arôme, de saveur et de texture 160
2.5 Traitement de données 161
3 Résultats 162
3.1 Caractérisation sensorielle des pommes en conditions normales de dégustation (expérience 1) 162
3.2 Validation du « Mouth to Nose Merging System » (expérience 2) 163
3.3 Etude de l'impact d'une odeur « pomme en bouche » sur l'arôme, la saveur et la texture de la pomme (expérience 3) 164
4 Discussion 166
5 Conclusion 169

CONCLUSION GENERALE 170

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 175

INDEX DES TABLEAUX **190**

INDEX DES FIGURES **192**

ANNEXES **195**

SIGLES ET ABREVIATIONS

ACP : Analyse en Composantes Principales
AFM : Analyse Factorielle Multiple
BA : Bouche artificielle
BJ : Bouche du juge
CAH : Classification Ascendante Hiérarchique
CLV : Classification around Latent Variables
Dim : Dimension
ETOH : Ethanol
EXP : expiration
Ff force de déplacement
INSP : inspiration
ISO : International Standards Organization
IR : Indice Réfractométrique
L-CLV : Classification around Latent Variable avec données en L
LSD : Least Significant Difference
N : Newton
NF : Norme Française
rpm : rotation par minute
QDA : Quantitative Descriptive Analysis
° Brix : Degré Brix
°C : Degré Celsius
N/1O : décinormale

INTRODUCTION

La pomme est le fruit le plus consommé en Europe et en France (Hutin, 2010; Schreuder, Wekken, & Groot, 2007). Elle représente 20% en volume et 16% des dépenses de fruits vendus en France. Cependant depuis quelques années, ses ventes connaissent une baisse notable reflétant une baisse de consommation: entre 2005 et 2009, une diminution de 10% a été enregistrée. A l'inverse, la vente des autres fruits a augmenté de 5%, des agrumes de 2% et des fruits exotiques 20% (Hutin, 2010). En 2009, la consommation de pomme était de 17 kg par habitant et par an (Serrurier, 2009). Cette baisse des ventes s'explique essentiellement par la diminution du nombre d'achats de pommes par ménage. Par ailleurs, les acteurs de la « filière française pomme » sont confrontés à la concurrence des marchés étrangers notamment de l'hémisphère sud et aux modifications des comportements des consommateurs comme par exemple l'augmentation de la consommation de fruits transformés.

La pomme est le fruit présentant le plus de diversité en terme de variétés dans les circuits de distribution classique (hyper/supermarchés). En moyenne, les Français connaissent environ cinq variétés de pommes différentes (CTIFL, 2008) confirmant un contact régulier avec une diversité variétale spécifique à la pomme. Le consommateur est ainsi en mesure d'acheter et de consommer des pommes présentant des couleurs, des saveurs, des textures et des arômes différents. Les consommateurs la décrivent comme bonne pour la santé, participant à un régime alimentaire équilibré, appétissante/désirable (CTIFL, 2008; Jack, O'Neill, Piacentini, & Schröder, 1997; Roininen & Tuorila, 1999), rafraichissante et pratique à manger (CTIFL, 2008; Jack *et al*., 1997). Malgré la diversité et le fait que ce fruit garde une bonne image, la pomme est de plus en plus banalisée expliquant en partie la baisse des ventes. Des études sociologiques montrent que les populations qui consomment le moins de fruits sont les catégories sociales défavorisées et les jeunes. Ces derniers ne consomment que 140 g/jour de fruits et légumes dont la moitié de fruits, alors que le programme nutrition santé recommande une consommation de 400 g/jour (Ministère de l'agriculture, 2009). D'après le Crédoc, chaque génération conserve au fil de sa vie ses habitudes de consommation. La moindre consommation des jeunes générations est donc une source d'inquiétude pour le secteur de production et un des enjeux est de trouver les leviers pour la dynamiser. Comprendre les freins des consommateurs et découvrir les leviers qui dynamiseraient les ventes représentent un enjeu majeur pour la filière.

L'un des principaux critères de consommation des pommes fraiches reste la qualité organoleptique (CTIFL, 2008), d'où la nécessité de connaitre de manière précise les préférences sensorielles des consommateurs pour répondre au mieux à leurs attentes, avec par exemple la création de nouvelle variétés, tout en prenant en compte les enjeux économiques et sociétaux. **Aussi, ce travail de thèse étudie les déterminants sensoriels des préférences : leur hiérarchie, leur poids et leurs interactions et cherche à développer des méthodologies sensorielles permettant de les mesurer.** Ce projet est réalisé dans le but d'apporter un soutien de recherche aux acteurs de la « filière pomme » afin, à terme, de mieux valoriser leurs produits : adapter les produits et leur conditionnement, rénover l'image de la pomme, diversifier les canaux de distribution, développer une communication ciblée etc.

La quasi-totalité des pommes commercialisées actuellement en France a tout d'abord été caractérisée avec deux objectifs : décrire la diversité sensorielle des pommes et sélectionner au mieux des produits représentatifs de cette diversité pour étudier les préférences des consommateurs. Une étude des préférences des consommateurs de pommes a été réalisée avec un très grand nombre de variétés de pommes (28 variétés) ce qui n'a encore jamais été effectué à ce jour. Cette étude a impliqué deux panels : un panel entrainé d'analyse sensorielle et un panel de consommateurs. Elle avait pour objectif de définir de manière fine la segmentation des consommateurs et d'identifier pour chacun des groupes leurs déterminants des préférences et les hiérarchiser.

A la suite de ce travail, dans un deuxième temps, un travail méthodologique sur la sélection des produits dans une étude de préférences a été effectué. Trois ensembles de produits différents sont comparés. Pour chacun d'entre eux, la segmentation des consommateurs, l'identification et la hiérarchisation des déterminants des préférences ont été réalisées. La comparaison des trois champs de résultats montre l'impact du choix des caractéristiques sensorielles des produits présentés dans une telle étude sur l'identification et la caractérisation des préférences sensorielles des consommateurs de pommes.

La couleur est l'un critère des critères majeurs qui affecte la perception de la qualité alimentaire (Francis, 1995) et les choix alimentaires (Clydesdale, 1993) notamment de la pomme (CTIFL, 2008). En effet, elle influence à la fois les seuils de perception des saveurs, les préférences alimentaires et l'acceptabilité (Clydesdale, 1993). Dans ce troisième temps, l'impact de la couleur sur les préférences des consommateurs d'une part et sur les perceptions d'un panel entrainé d'autre part est mesuré.

La perception en bouche d'un aliment est complexe. Elle est due à la fois à la texture, aux saveurs, aux arômes et aux interactions de ces différentes modalités. Il a été mis en évidence dans la

littérature l'existence d'interactions entre les perceptions d'arôme et de texture ainsi qu'entre les perceptions d'arôme et de saveur. La question posée dans le cadre de cette thèse est de savoir s'il est possible d'observer ces mêmes interactions si l'arôme est transmis par la voie orthonasale. L'étude de ces interactions est appréhendée grâce à un système innovant appelé « Mouth to Nose Merging System » qui permet de générer grâce à l'utilisation d'un simulateur de mastication et un extrait volatil que l'on peut estimer comparable à celui mis à disposition de l'épithélium olfactif via la voie rétronasale. Il sera appelé odeur « pomme en bouche » du fait qu'il est perçu par la voie orthonasale mais correspond à une génération via la voie rétronasale. Les interactions sensorielles sont ici étudiées au sein d'une matrice alimentaire complexe réelle – la pomme – ce qui est peu fréquent dans les travaux réalisés jusqu'à présent. Mieux comprendre le phénomène de perception en bouche permet d'apporter des explications aux préférences observées.

Globalement, ce travail apporte une contribution aux réflexions méthodologiques relatives à l'étude des préférences des consommateurs d'une part, et à l'étude des interactions sensorielles d'autre part, sur des produits horticoles et plus particulièrement les pommes.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Cette étude bibliographique est présentée en quatre parties. Dans la première, la pomme, produit modèle utilisé pour cette étude, est présenté, ainsi que les critères de qualité couramment utilisés par la profession. La seconde partie porte sur la perception sensorielle et particulièrement sur les interactions. Les deux dernières parties sont complémentaires : la première traite des mesures sensorielles « objectivées » et la seconde des mesures hédoniques considérées comme subjectives sur des produits comparables aux pommes.

1 La pomme

1.1 Variétés et production

La pomme (*Malus domestica*) est une espèce cultivée dans toutes les régions tempérées du monde dans plus de 60 pays produisant au moins 1000 tonnes par an (Hancock, Luby, Brown, & Lobos, 2008). Il existe à travers le monde plus de 6000 variétés de pommes cultivées localement ou à des échelles plus importantes, mais seules quelques variétés dominent de nos jours la production mondiale de fruits (ORourke, 2003). Red Delicious est la variété la plus cultivée sur la planète suivie par Golden Delicious, Granny Smith, Fuji et Gala. Elles représentent plus de 60% de la production mondiale. D'autres variétés comme Cripps Pink (souvent vendues sous la marque Pink Lady®), Honeycrisp (vendue en Europe comme Honeycrunch®), Scifresh (fruit commercialisé sous le nom Jazz®), Delblush (fruit vendu comme Tentation®), Civni (marque Rubens®), Corail (fruit vendu sous le nom Pinova® ou Pinata ®) et Ariane émergent sur le marché et diversifient l'offre du fait de leurs caractéristiques sensorielles (Hancock *et al.*, 2008).

L'Europe est un grand continent arboricole avec une production de près de 10 millions de tonnes, avec trois principaux pays producteurs : l'Italie, la Pologne et la France. La France produit environ 1,7 million de tonnes de fruits par an en moyenne (FAOSTAT, 2010). La Golden Delicious est de loin, la variété la plus cultivée en France suivie de la Gala, de la Granny Smith et de la Braeburn (Tableau 1). Les éléments du Tableau 1 ont été pris en compte pour le choix des variétés à introduire dans notre étude.

Tableau 1 : Production de pommes en France (en tonnes)

Variétés	Prévision récolte France juillet 2011	% de la variété dans la récolte 2011
Golden	575 000	36,6
Gala	263 000	16,7
Granny Smith	192 000	12,2
Braeburn	106 000	6,7
Pink Lady®	95 000	6,0
Pommes Rouges*	72 000	4,6
Fuji	62 000	3,9
Reinette grise du Canada	45 000	2,9
Belchard® Chantecler	42 000	2,7
Ariane	22 000	1,4
Jazz	17 000	1,1
Elstar	16 000	1,0
Jonagold	15 000	1,0
Reine des Reinettes	14 000	0,9
Honey Crunch®	13 000	0,8
Tentation®	8 000	0,5
Sundowner®	8 000	0,5
Boskoop	7 000	0,4

*'Pommes rouges' correspond aux variétés de pommes rouges américaines Red Chief, Red Delicious et Top Red principalement.
Source : ("Association Nationale Pommes et Poires", 2012)

1.2 Evaluation de la qualité

1.2.1 Définition

Selon la norme ISO 8402 (1994), la qualité d'un produit est son aptitude « à satisfaire les besoins des utilisateurs ». La norme précise que les composantes de la qualité peuvent être : « caractéristiques et performances, fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sécurité d'emploi, caractères non polluants et coût global de possession ». Le fruit est une denrée alimentaire et dans ce cas on ne peut pas parler de la qualité, mais des « qualités », que Multon et Davenas (1994) ont classées en différentes catégories:

- qualité alimentaire : hygiénique, nutritionnelle et sensorielle,
- composantes physico-sociales de la qualité (recherche de l'exotisme dans les fruits lointains, respect d'une grande tradition gastronomique…),
- qualités d'usage et de service (l'aptitude à la conservation, l'aspect économique),
- qualités technologiques (aptitude à la transformation).

La qualité de la pomme peut être envisagée sous plusieurs aspects (Multon & Davenas, 1994):

- sanitaire : le produit ne doit pas être nocif pour le consommateur ;
- réglementaire : le produit doit être conforme aux législations en vigueur ;
- agronomique : traçabilité et souci du respect de l'environnement ;
- sensoriel : qualité visuelle (couleur, forme, taille, fraîcheur) et gustative (arômes, taux de sucres, acidité, fermeté, croquant, jutosité).

Les cahiers de charges et les besoins des utilisateurs définissent des niveaux de qualité. La qualité des pommes peut être mesurée et déterminée par différents outils. Ainsi par exemple, pour décider de la valeur marchande du produit auprès du grossiste ou les enseignes de distribution, la qualité commerciale du fruit est déterminée par l'absence de défauts visuels, le calibre, la taille, la couleur, l'homogénéité et degré de fermeté (mesuré par pénétromètre manuel). Lors de l'achat du produit, les consommateurs prendront en compte également le prix du produit, la qualité sensorielle, la qualité sanitaire, la composante sociale (par exemple origine du produit ou son mode de production) (Harker, Gunson, & Jaeger, 2003).

Si l'on s'intéresse aux critères sensoriels de qualité, l'aspect visuel – comprenant le calibre, la couleur et la forme – est primordial pour les fruits et légumes car c'est le seul critère organoleptique qui détermine l'acte d'achat. L'aspect visuel permet au consommateur d'anticiper sur la qualité organoleptique du fruit, surtout quand la variété est connue. L'homogénéité du lot (calibre, couleur forme) joue également un rôle visuel à un niveau plus global (Decoene, 1991; Hoehn, Gasser, Guggenbuhl, & Kunsch, 2003; Jaeger & MacFie, 2001; McCracken, Maier, Boylston, & Worley, 1994). Par exemple, les consommateurs canadiens préfèrent des pommes de 7,5 cm de diamètre, soit la taille maximale disponible sur le marché (Hampson, Sanford, & Cline, 2002). Néanmoins, des fruits de taille importante peuvent sembler trop gros à consommer en une fois, notamment pour les enfants, ce qui peut représenter un frein à leur consommation (Thybo *et al*., 2004).

La fraîcheur, ensuite apparait comme un gage de haute qualité sensorielle déclinée au niveau des saveurs, du croquant et du juteux (Decoene, 1991; Hutin, 2003; Péneau, Hoehn, Roth, Escher, & Nuessli, 2006). De la fraicheur découlent les propriétés physiques des produits (notamment la texture et l'aspect). Cette notion de fraîcheur est également associée à une proximité avec le produit original, en termes de distance, de temps et de l'itinéraire technique (Péneau *et al.*, 2006). Le concept de fraîcheur n'est pas identique pour tous les consommateurs : il varie en fonction de la possession d'un jardin ou d'un verger, de la fréquence d'achat de Fruits et Légumes, et plus accessoirement en fonction du lieu d'habitation dans l'enfance, de l'âge et du genre (Péneau *et al.*, 2006). Une enquête portant sur un grand nombre de consommateurs suisses indique que leurs choix

sont dictés dans l'ordre par la saveur, par l'arôme et par la fraîcheur des pommes (Péneau *et al.*, 2006). Plus spécifiquement, la fraîcheur est liée aux caractères croquant et juteux, à l'arôme et à l'appréciation globale (Péneau *et al.*, 2006).

Au-delà de la fraîcheur, la qualité gustative est une condition indispensable permettant le renouvellement de l'acte d'achat des consommateurs. Elle est directement dépendante de la variété (Hutin, 2003), de la production et des techniques de récolte et post-récolte (Decoene, 1991). Au final, l'aspect visuel de la pomme est particulièrement important pour les consommateurs lors de l'acte du premier achat, alors que les saveurs, les arômes et la texture influencent le ré-achat (Egger, 2010).

1.2.2 La qualité marchande

Avant de mentionner en détail les différents déterminants sensoriels de préférences des pommes, il est utile de préciser quels sont les outils de référence utilisés aujourd'hui pour déterminer la qualité marchande des fruits. Il existe actuellement des normes définissant la qualité alimentaire des pommes dans de nombreuses régions productrices du monde incluant l'Italie, l'Angleterre, la Nouvelle-Zélande et les Etats-Unis. Ces normes impliquent la mise en place, dans les cahiers des charges de ces produits, de limites inférieures ou supérieures de fermeté, de teneur en sucres, en acides ou en amidon. Ces critères sont fortement liées à la maturité des fruits (Grange, 1976; Harker, Kupferman, Marin, Gunson, & Triggs, 2008; WSDA, 1999).

Ci-dessous sont décrites les mesures instrumentales effectuées pour mesurer ces composantes de qualité.

1.2.2.1 Mesure de la fermeté

L'un des paramètres les plus importants de la texture des pommes est la fermeté (Stow, 1995). Elle est utilisée pour caractériser l'état de maturité des fruits et elle est mesurée par des tests de pénétrométrie effectués le plus souvent à un endroit préalablement épluché sur la partie équatoriale du fruit (Billy, 2007; Harker, Gunson, Brookfield, & White, 2002; Harker *et al*., 2008; Harker, Maindonald, *et al*., 2002; Karlsen *et al*., 1999; Kühn & Thybo, 2001; Lateur *et al*., 2001; Mehinagic *et al*., 2004; Oraguzie *et al*., 2009; Thybo *et al*., 2004; Vaysse & Reynier, 2008; Vaysse, Reynier, & Rouvès, 1999; Vaysse, Reynier, Scandella, & Vigouroux, 2002; Watada *et al*., 1980). La pénétrométrie consiste à enfoncer, à une certaine profondeur, un poinçon de forme et de taille connue dans le produit à analyser. Pour effectuer la mesure, un embout de forme définie (souvent cylindrique, avec le bout convexe), est enfoncé dans la chair jusqu'à une certaine profondeur (souvent de 7,9 mm) (Abbott *et al*., 1976). La mesure pénétrométrique peut être manuelle, semi-manuelle ou complètement automatisée. Les mesures sont réalisées individuellement sur des

échantillons représentatifs de la variabilité des lots (Vaysse *et al.*, 2006) sont généralement sur la face colorée de la pomme.

1.2.2.2 Mesure des sucres

La mesures des sucres solubles est le plus couramment effectuée en mesurant le Degré Brix du jus des fruits avec un réfractomètre (Aaby *et al*., 2002; Gormley, 2009; Harker *et al*., 2008; Harker, Marsh, *et al*., 2002; Kühn & Thybo, 2001; Lateur *et al*., 2001; Mehinagic *et al*., 2004; Oraguzie *et al*., 2009; Thybo *et al*., 2004; Varela *et al*., 2005; Vaysse & Reynier, 2008; Vaysse *et al*., 1999; Vaysse *et al*., 2002; Watada *et al*., 1980). Pour les mesures de sucres, chaque fruit est écrasé individuellement. Le jus est analysé par un réfractomètre électronique qui mesure la teneur en sucres (°Brix) (Vaysse et *al.*, 2006). L'utilisation des rayons proches infra-rouges, mesure non-destructive, est un autre moyen de prédiction (Harker *et al*., 2008).

1.2.2.3 Mesure de l'acidité

L'acidité titrable est également une mesure effectuée de manière courante (Aaby *et al*., 2002; Gormley, 2009; Harker *et al*., 2008; Harker, Marsh, *et al*., 2002; Kühn & Thybo, 2001; Mehinagic *et al*., 2004; Oraguzie *et al*., 2009; Thybo *et al*., 2004; Varela *et al*., 2005; Vaysse & Reynier, 2008; Vaysse *et al*., 1999; Vaysse *et al*., 2002; Watada *et al*., 1980). Pour les mesures de l'acidité, le jus est aussi utilisé. Une masse de jus est prélevée dans la totalité du jus extrait pour mesurer l'acidité totale par titration jusqu'au pH de 8,2. Elle est ensuite exprimée en $g.L^{-1}$ d'acide malique. Le pH est une mesure complémentaire (Harker et al., 2008).

1.3 Synthèse

La pomme est le fruit plus produit et le plus consommé en France et en Europe engendrant des enjeux économiques importants. Ceci justifie l'étude de ce produit dans des domaines divers et notamment l'étude de sa qualité organoleptique. Des mesures instrumentales de fermeté, de sucres et d'acidité ont été mises en place pour déterminer la valeur marchande du fruit par notamment son état de maturité, sa capacité à se conserver et l'homogénéité des lots. Ces mesures sont aussi des indicateurs de qualité post-récolte des pommes au niveau des aspects gustatifs. Mais d'autres types de mesures comme les mesures sensorielles, certes moins objectives car réalisées par des êtres humains, montrent parfois plus de sensibilité et sont intéressantes pour évaluer la qualité des fruits. La complexité de la mesure sensorielle est liée à de nombreux paramètres dont certains seront présentés dans le paragraphe suivant.

2 La perception sensorielle

2.1 Le mécanisme de perception

La norme ISO 5492 (1992) définie la perception comme étant la « prise de connaissance des effets des stimulus sensoriels simples ou complexes ». Le phénomène de perception est illustré dans la Figure 1 et est le résultat d'un processus de trois étapes consécutives.

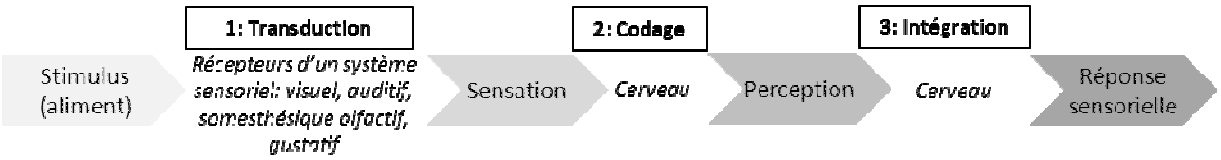


Figure 1 : Chaîne de la perception sensorielle d'après Meilgaard, Civille & Carr (1991)

1/ Le stimulus, c'est-à-dire l'aliment, est mis en contact avec des récepteurs d'un système sensoriel générant un influx nerveux qui est ensuite transmis au système nerveux central du cerveau : c'est le phénomène de transduction. L'organe de perception et les deux ou trois premiers relais nerveux traitent l'information en temps réel, sans référence aux perceptions antérieures.

2/ Ensuite, le cerveau organise les sensations entrantes et procède à un codage en fonction de la qualité et de l'intensité du stimulus.

3/ Finalement, les informations provenant des différents organes récepteurs arrivent au niveau des centres supérieurs et convergent vers un système intégrateur thalamo-cortical unique. Ici, la mémoire et la conscience entrent en jeu. La mémoire vient s'ajouter à la qualité et à l'intensité de l'information apportant ainsi une connotation hédonique (Mc Leod, Sauvageot, & Köster, 2009). Le phénomène de perception consciente se produit environ 0,1 à 0,2 s après réception du stimulus (Meilgaard *et al.*, 1991). A ce moment, toute les informations, liées au stimulus et aussi liées au pré-conditionnement du sujet (contexte, état physiologique et psychologique de l'individu, expériences antérieures) sont rassemblées en un message global qui est alors sensoriel et affectif : la réponse sensorielle (Mc Leod *et al.*, 2009; Prescott, 1999).

2.2 La complexité de la perception

La perception d'un aliment en bouche est un phénomène complexe impliquant des processus physicochimiques, biochimiques et aussi des phénomènes physiologiques et comportementaux (Buettner & Beauchamp, 2010). Son étude est d'autant plus complexe qu'elle implique des grandes variations intra-individuelles, qui ne sont pas uniquement liées à la sensibilité de chacun. La faim, la satiété, l'humeur, la concentration, les infections respiratoires interviennent dans la perception et

donc dans la réponse sensorielle (Meilgaard *et al*., 1991). Les variations constatées sont aussi dues à la physiologie et au comportement oral des individus (salivation, comportement masticatoire – force, durée et vitesse de mastication), ce qui provoque des différences dans le relargage des composés sapides et volatils (Bojanowski & Hummel, 2012; Buettner & Beauchamp, 2010).

La perception sollicite différents systèmes sensoriels : la vision, l'olfaction, le goût, la somesthésie (qui comprend la sensibilité tactile, kinesthésique, thermique et chimique générale) et l'audition (Martens, 1999; Mc Leod *et al.*, 2009). Cette perception est souvent décomposée selon le système impliqué. L'Homme a tendance à percevoir les caractéristiques sensorielles dans l'ordre suivant: tout d'abord l'apparence, ensuite l'odeur, puis la texture et la consistance et pour finir la flaveur à savoir les saveurs, arômes et sensations. Cependant dans le processus de perception, la plupart des attributs se chevauchent, c'est à dire que les sujets reçoivent un mélange d'impressions sensorielles quasi-simultanées. Ainsi, sans entrainement, il est difficile de fournir une évaluation indépendante de chacun des attributs (Meilgaard *et al*., 1991). De plus, la perception n'est pas la « somme » de ces stimuli individuels mais résulte de phénomènes d'interactions entre ces modalités et d'intégrations pour obtenir une image globale du produit (Mc Leod *et al.*, 2009; Shimojo & Shams, 2001). Ce que nous percevons est une représentation des choses et non ce que sont les choses elles-mêmes (Mc Leod *et al.*, 2009). Ainsi, comprendre ces interactions est essentiel pour mieux interpréter la réponse sensorielle.

Lors de la perception en bouche, plusieurs types d'interaction ont lieu. Elles peuvent être classées selon leur nature : physico-chimiques, cognitives et physiologiques (Lawrence, 2009) ; ou en fonction des modalités sensorielles mises en jeu : odeur, arôme, saveur, texture. Les interactions physico-chimiques, cognitives et sensorielles seront tout d'abord définies puis une revue des travaux antérieurs présentés en fonction des modalités sensorielles impliquées et pouvant s'appliquer au « modèle pomme » sera exposée.

2.3 Des interactions de différentes natures

2.3.1 Interactions physico-chimiques

Une interaction physico-chimique peut être définie comme étant l'action directe de la structure ou de la composition d'un aliment sur la perception d'une autre modalité sensorielle. Par exemple, un changement de texture, donc de structure, peut modifier la perception des saveurs ou des arômes. En effet, la déstructuration du produit en bouche est modifiée par la texture et impacte directement le relargage des molécules sapides ou volatiles. Plusieurs études ont démontré qu'une diminution de la viscosité ou bien de la fermeté d'un produit formulé, par l'ajout plus faible d'agents

épaississants/gélifiants ou par traitement mécanique, augmentait l'intensité des saveurs perçues (Cook, Hollowood, Linforth, & Taylor, 2002; Lethuaut, Weel, Boelrijk, & Brossard, 2004; Rega, Guichard, & Voilley, 2002; Tournier *et al*., 2009) ou l'intensité de l'arôme (Bult, de Wijk, & Hummel, 2007; Cook, Hollowood, Linforth, & Taylor, 2003).

En plus de l'effet possible de la structure sur la libération des molécules sapides et aromatiques, il est nécessaire de prendre en compte les interactions moléculaires qui peuvent avoir lieu entre les molécules sapides ou volatiles et les constituants de la matrice alimentaire en question. Par exemple, il a été montré que suivant le type d'amidon utilisé, l'aromatisation des produits est modifiée (Cayot, Taisant, Arvisenet, Meunier, & Voilley, 2000). Ces interactions moléculaires peuvent limiter les échanges entre le produit en bouche et les récepteurs sensoriels (Lawrence, 2009).

2.3.2 Interactions cognitives

Une interaction cognitive est relative au traitement des stimuli sensoriels par le cerveau et notamment lors de l'étape d'intégration (Shimojo & Shams, 2001). Les interactions cognitives entre les perceptions olfactives et gustatives ont été démontrées dans de nombreux travaux et sont maintenant communément admises. Les premiers travaux qui en font état ont été menés par Murphy, Cain & Bartoshuk (1977) et Murphy & Cain (1980). Ils ont montré qu'une solution pure de butyrate d'éthyle a été perçue comme ayant une saveur sucrée et que l'augmentation de la concentration en citral d'une solution de saccharose et citral a provoqué une augmentation de l'intensité sucrée. Une odeur peut ainsi acquérir une saveur dans le cas où la paire odeur-saveur est adéquate et perçue dans des aliments consommés couramment par les consommateurs : c'est le phénomène de congruence. Il a été défini par Schifferstein & Verlegh (1996) comme étant la combinaison appropriée de deux stimuli dans un produit alimentaire. Ce phénomène peut être aussi nommé *« facteur perceptuel »* (Frank, van der Klaauw, & Schifferstein, 1993). La congruence est liée à l'apprentissage et aux expériences précédentes du consommateur (Prescott, Taylor, & Roberts, 2004; Stevenson, Prescott, & Boakes, 1995) ce qui souligne le rôle de la mémoire dans les interactions odeur-saveur (Köster, 2005).

Il est important de souligner deux effets cognitifs qui peuvent affecter la notation d'intensité d'une dimension sensorielle : l' « effet de dumping » et l' « effet de halo ». L' « effet de dumping » représente l'augmentation de la note d'un attribut due à l'absence d'un attribut approprié qui permettrait au juge de répondre à une sensation importante. L' « effet de halo » a lieu quand une caractéristique positive d'un produit provoque des opinions positives sur d'autres caractéristiques apparemment indépendantes. Ces effets ont été décrits par Lawless & Clark (1992) et Clark & Lawless (1994) et expliqueraient le renforcement d'une saveur par une odeur. De plus, dans le

contexte de mélanges saveur-saveur ou saveur-odeur, le renforcement ou la suppression observée d'une saveur est influencé par la série d'instructions qui impacte les concepts des catégories d'attributs des juges (Frank *et al.*, 1993). Par conséquent, il est important de fournir aux juges une liste exhaustive des attributs pour limiter ce biais de choisir avec attention les instructions des tests sensoriels.

2.3.3 Interactions physiologiques

Lorsqu'un aliment est consommé, il est introduit dans la cavité buccale où il subit de nombreuses réactions mécaniques, chimiques et biochimiques avant de pouvoir être avalé. La mastication est le premier procédé de transformation que subit l'aliment (Mioche, 2004). Il sera suivi des processus de salivation et de déglutition.

La texture est perçue principalement lors de la mastication. Les saveurs et les arômes sont eux perçus au cours de la mastication mais également lors de la déglutition. Sans mastication, les saveurs et les arômes sont très peu perçus. En effet, la disponibilité des composés de flaveur (saveurs, arômes, sensations) en bouche dépend de la déstructuration de la matrice pendant la mastication (Overbosch, Afterof, & Haring, 1991) et de la salivation. Les perceptions de saveurs et d'arômes peuvent être ainsi modulées par la texture de l'aliment (Bourne, 2002). Et il faut noter que le comportement masticatoire s'adapte lui-même à la structure initiale de l'aliment (Szczesniak, 1963; Wilson & Brown, 2007).

La salive est un élément essentiel dans la perception des saveurs et des arômes. En effet les composés sapides sont libérés de l'aliment vers la salive pour enfin arriver jusqu'aux bourgeons gustatifs, cellules réceptrices, situés sur la langue. La salive intervient dans la chimioréception en jouant le rôle d'intermédiaire pour le passage des composés d'arôme de l'aliment vers les récepteurs olfactifs via la phase gazeuse (Bonnans & Noble, 1995). De plus, la salive intervient dans les phénomènes de solubilisation des molécules hydrosolubles qui deviennent alors accessible pour les récepteurs sensoriels et provoque une perception.

Les processus de mastication, de salivation et de déglutition sont très variables d'un individu à l'autre. Ils dépendent de paramètres physiologiques, notamment l'âge, le genre, l'état de santé, le statut dentaire, la taille de la cavité buccale, et de paramètres comportementaux, habitudes et préférences alimentaires (Fontijn-Tekamp *et al.*, 2000; Szczesniak, 1963). Ainsi la perception de la texture semble dépendre des différences de comportement masticatoire des individus (Brown & Braxton, 2000; Peyron, Mioche, Renon, & Abouelkaram, 1996; Wilson & Brown, 2007). La salive joue également un rôle sachant qu'elle définit le taux d'hydratation et de dilution des aliments en bouche

(Engelen *et al.*, 2003; Guinard, Zoumas-Morse, Walchak, & Simpson, 1997). La perception des saveurs et des arômes présente des variations interindividuelles car elle dépend en partie du comportement masticatoire. A cela s'ajoute la sensibilité de chaque individu aux molécules sapides et volatiles résultant à des variations de perceptions au niveau de l'intensité (Meilgaard *et al.*, 1991).

2.4 L'étude des interactions sensorielles pouvant être observées sur le « modèle pomme »

Les interactions sensorielles peuvent aussi être classées suivant les modalités sensorielles. Dans ce paragraphe, les interactions pouvant être mises en évidence dans le « modèle pomme » sont exposées.

2.4.1 Interactions odeur-arôme

Les différences entre l'olfaction ortho- et retro-nasale ont été appréhendées par un certain nombre d'études (Frasnelli, Ungermann, & Hummel, 2008). En effet, il a été montré que les seuils de perceptions sont différents et significativement plus bas lorsque le stimulus est présenté orthonasalement – autour de 5ppm par voie orthonasale *vs*. 50 ppm par voie rétronasale (Heilmann & Hummel, 2004; Voirol & Daget, 1986) ce qui influence logiquement la note d'intensité (Heilmann & Hummel, 2004; Small, Gerber, Mak, & Hummel, 2005). La voie impliquée (ortho *vs.* retro) semble affecter la facilité de reconnaissance de l'odeur. En effet, Pierce & Halpern (1996) ont montré que l'identification était plus difficile quand l'odeur était présentée rétronasalement qu'orthonasalement même si cette différence n'était pas toujours significative (Sun & Halpern, 2005). Une explication possible serait que la température en bouche est plus élevée favorisant les mouvements de molécules et les échanges des molécules avec les récepteurs sensoriels.

Les perceptions orthonasale et rétronasale ont été aussi étudiées en comparant les profils sensoriels obtenus respectivement. Différents produits liquides et un type de produits solide ont été étudiés : des vins (Aubry, Etievant, Sauvageot, & Issanchou, 1999; Aubry, Schlich, Issanchou, & Etiévant, 1999; Thomas-Danguin, Ishii, Etiévant, & Atanasova, 2009), des piscos (Peña y Lillo *et al.*, 2005) et des saucissons (Rousset-Akrim, Martin, Bayle, & Berdagué, 1997). Les résultats ont montré des cartes de produits similaires (Peña y Lillo *et al.*, 2005) et une classification identique des produits (Aubry, Schlich *et al.*, 1999) ce qui signifie que la comparaison relatives des produits est similaire. Cependant, Rousset-Akrim *et al.* (1997) ont observé que les corrélations entre variables étaient semblables pour certaines et différentes pour d'autres entre les deux types de profils (1997). Ces différences s'expliqueraient par les phénomènes de mastication, l'effet de la salive et de l'augmentation de température (Genovese, Piombino, Gambuti, & Moio, 2009; Rousset-Akrim *et al.*,

1997) qui sont d'autant plus importants dans le cas d'un aliment solide. Les deux types de profils ortho- et rétronasal aboutissent globalement à la même description des produits malgré le fait que des différences entre les perceptions d'odeur et d'arôme aient été montrées. Actuellement, l'influence de l'une des perceptions sur l'autre n'a pas été réalisée à notre connaissance et étant donné que ces deux types de perception utilisent les mêmes récepteurs sensoriels, il semble logique qu'elles interagissent.

2.4.2 Interactions odeur-saveur et arôme-saveur

Dans cette même partie, les interactions odeur-saveur et arôme-saveur sont décrites simultanément car odeur et arôme impliquent les mêmes récepteurs sensoriels du système olfactif malgré des processus différents : orthonasal et retronasal.

Plusieurs études ont démontré que les odeurs/arômes interagissent avec les saveurs. De par sa définition, la flaveur illustre ces interactions. Elle est en effet composée de plusieurs stimuli olfactif, gustatif et somesthésique (Small & Prescott, 2005). Il est donc difficile de les percevoir et de les mesurer séparément (Auvray & Spence, 2008; Delwiche, 2004; Prescott, 2012). L'étude des interactions odeur-saveur a été initiée par les travaux de Murphy, Cain & Bartoshuk (1977) et Murphy & Cain (1980). La saveur sucrée a été plus étudiée que les autres saveurs. De nombreuses études ont montré que des odeurs et les arômes fruitées/sucrées accentuent la perception du sucrée (Bonnans & Noble, 1995; Cliff & Noble, 1990). Cette interaction est due au phénomène de congruence. L'arôme fraise augmente l'intensité perçue de la saveur sucrée alors que l'arôme beurre de cacahuète n'a pas d'effet. L'odeur de caramel peut renforcer la perception de la saveur sucrée et réduire celle de la saveur acide (Stevenson, Prescott, & Boakes, 1999).

Les saveurs influencent aussi la perception des odeurs (Bojanowski & Hummel, 2012) et des arômes. En effet, la saveur sucrée augmente la perception des arômes fruités, vanille et amande alors que la saveur acide augmente l'intensité de l'arôme citron et diminue celui de la vanille (Hewson, Hollowood, Chandra, & Hort, 2008; Kuo, Pangborn, & Noble, 1993; Lethuaut *et al*., 2005; Tournier *et al*., 2009). Les interactions entre odeurs/arômes et saveurs sont donc à double sens.

2.4.3 Interactions odeur-texture et arôme-texture

Au niveau des interactions odeur et texture, de nombreux travaux ont été publiés à ce sujet. Une observation générale est que l'intensité de la perception olfactive diminue lorsque la fermeté ou la viscosité du produit augmente (Bult *et al*., 2007; Pangborn, Gibbs, & Tassan, 1978). Par exemple, Visschers *et al*. (2006) ont démontré que l'intensité d'une odeur présentée au juge diminuait lorsqu'il consommait en simultané un produit semi-solide, comme une crème dessert ou un gel de protéines.

Mais d'autres études ont montré des résultats contradictoires. Par exemple, Roudnitzky *et al*. (2011) ont montré que du lait épaissi ou non augmentait l'intensité perçue d'odeur de beurre et que les intensités d'odeur n'étaient pas affectées par la concentration en épaississant. Peu d'articles ont reflété l'effet de l'odeur sur la texture. Bult *et al*. (2007) ont démontré que le stimulus odorant n'affectait pas l'intensité de la viscosité et le caractère crémeux produits laitiers bien que des interactions perceptuelles entre la texture et l'odeur ont été démontrées par Roudnitzky *et al*., (2011). Ces travaux suggèrent que l'influence de l'odeur sur les autres perceptions n'est pas totalement comprise dans le cas d'étude de produits laitiers.

Concernant les interactions entre arôme et texture, il a été démontré que la texture influence la perception des arômes (Bojanowski & Hummel, 2012; Delwiche, 2004) et que l'arôme impacte la perception de la texture (Bult *et al*., 2007; Saint-Eve, Lauverjat, Magnan, Déléris, & Souchon, 2009; Saint-Eve, Paci Kora, & Martin, 2004). Par exemple, l'ajout d'un arôme crème ou beurre, augmente la perception du crémeux alors qu'un arôme de pomme verte augmente la perception de fluidité (Bult *et al*., 2007; Paçi Kora, Souchon, Latrille, Martin, & Marin, 2004; Saint-Eve *et al*., 2004). La texture aussi influence la perception des arômes. En effet, une augmentation de la viscosité ou de la fermeté, diminue l'intensité des arômes (Bult *et al*., 2007; Cook *et al*., 2002; Guinard & Marty, 1995; Jaime, Mela, & Bratchell, 1993). L'augmentation de la fermeté d'une crème a pour conséquence que l'arôme crème soit perçu moins intense. Il peut est souligné que pour l'étude de ces interactions des produits modèles semi-solides ont été utilisés.

2.4.4 Interactions couleur-odeur/arôme et couleur-saveur

La couleur est importante lors des achats de fruits et légumes et notamment des pommes (CTIFL, 2008). Les perceptions visuelles, notamment la couleur, et les perceptions olfactives (orthonasales) donnent des informations sur l'aliment avant sa consommation, et peuvent contribuer à la perception de la flaveur (Hutchings, 1977) cité par (Shankar, Levitan, & Spence, 2010). La couleur a plus d'impact avant la consommation où elle peut être un indicateur d' « identité d'arôme » et générer des attentes (Oram *et al.*, 1995; Stillman, 1993; Teerling, 1992) alors que pendant la consommation, ce sont les stimuli oraux qui ont le plus d'impact.

Les associations de certaines couleurs avec des aliments, jugées acceptables, débutent tôt dans notre développement cognitif. Elles restent présentes et leur construction se poursuit avec l'âge (Clydesdale, 1993). Lavin & Lawless (1998) ont montré que les effets de la couleur et de l'odeur sur la perception du sucré était différentes entre les enfants et les adultes. La perception de la saveur sucrée d'une boisson aux fruits a été modifiée pour les adultes en fonction de la teinte de rouge du produit. En effet, la boisson la plus foncée a été perçue la plus sucrée. A l'inverse, les enfants n'ont

soit pas été influencés par la couleur soit ont été influencés de manière opposée à celles des adultes. Les adultes, ayant plus d'expérience au niveau alimentaire, ont probablement plus d'attentes. Le rôle des expériences précédentes dans le cas des interactions relatives à la couleur a été soulignée (Jaeger & MacFie, 2001). La couleur rouge et le sucré ainsi que le vert et l'acide sont naturellement corrélés. La couleur de beaucoup de fruits se transforme du vert au rouge en passant par le jaune pendant le processus de mûrissement. Cette corrélation « naturelle » peut être utilisée pour expliquer ces résultats (Maga, 1974; Wei, Ou, Luo, & Hutchings, 2012). Ces associations vert-acidité et rouge-sucré sont aussi trouvées dans différentes études (Clydesdale, Gover, Philipsen, & Fugardi, 1992; Johnson & Clydesdale, 1982; Pangborn, 1960) sur différentes matrices. A l'inverse, la perception de la texture n'est pas impactée par la couleur (Christensen, 1983) mais ce lien entre couleur et texture reste encore peu étudié à ce jour.

La couleur module l'intensité des caractéristiques sensorielles attendues et perçues (Wei *et al*., 2012; Zampini, Sanabria, Phillips, & Spence, 2007). Par exemple, elle modifie la perception du sucré (Johnson & Clydesdale, 1982) et l'intensité de l'arôme et/ou des saveurs croît avec l'intensité de la couleur (DuBose, Cardello, & Maller, 1980; Philipsen, Clydesdale, Griffin, & Stern, 1995). Les aliments colorés de manière appropriée (phénomène de congruence) sont perçus comme ayant un arôme plus intense mais aussi comme ayant une qualité aromatique supérieure. De plus, la couleur modifie l'identification de l'arôme (Stillman, 1993). Il a été souligné que des combinaisons couleur-arôme inhabituelles réduisaient l'identification des arômes de framboise et d'orange de boissons aromatisées (Stillman, 1993). DuBose *et al*. (1980) ont montré également que le masquage de la couleur d'une boisson aux fruits diminuait fortement l'identification de l'arôme alors qu'une coloration atypique de la boisson provoquait une identification incorrecte associée à la couleur atypique.

La couleur influence les perceptions des saveurs et des arômes mais également les préférences alimentaires et l'acceptabilité (Clydesdale, 1993). En effet, l'étude de Clydesdale (1993) a montré qu'une coloration adéquate augmente l'appréciation de boissons aux fruits.

2.4.5 Matrices utilisées pour l'étude des interactions

Comme il a été vu dans les paragraphes ci-dessus, la littérature contient un certain nombre de travaux sur les interactions des modalités sensorielles entre elles. Cependant, seulement quelques études ont été réalisées à partir de produits réels notamment des yaourts (Drake, Gerard, & Chen, 2007; Saint-Eve *et al*., 2004), de la crème fouettée (Frank & Byram, 1988), du lait aromatisé (Lavin & Lawless, 1998) et des pommes (Poinot *et al*., 2011).

La grande majorité des études d'interactions ont mises en œuvre sur des matrices modèles formulées dans des conditions contrôlées et contenant une quantité précise de composés volatils ou sapides (Poinot, Arvisenet, Ledauphin, Gaillard, & Prost, 2013). Les matrices utilisées prennent différentes formes : liquides comme des solutions (Hewson *et al.*, 2008), des boissons (Sáenz-Navajas, Campo, Fernández-Zurbano, Valentin, & Ferreira, 2010), semi-solides comme des gels de pectines et gélatine (Boland, Delahunty, & van Ruth, 2006) et des desserts lactés modèles (Gonzalez-Tomas, Bayarri, Taylor, & Costell, 2007; Lethuaut, Brossard, Rousseau, Bousseau, & Genot, 2003; Tournier *et al.*, 2009), solides comme des fromages (Lawrence *et al.*, 2011). Travailler sur des produits modèles offre l'avantage d'être plus contrôlables et moins complexes que des produits bruts. Mais une de ces principales limites réside dans le fait que seulement un petit nombre de composés aromatiques, de concentration d'agents texturant ou de saveur sont étudiés en même temps (Boakes & Hemberger, 2012; Cerf-Ducastel & Murphy, 2004; Lawrence *et al.*, 2011; Nasri, Beno, Septier, Salles, & Thomas-Danguin, 2011; Roudnitzky *et al.*, 2011). De plus, cela pose un problème quant à la généralisation des résultats à des produits réels. Ainsi, l'étude de la bibliographie existante souligne le besoin de développer des méthodes pour étudier les interactions entre les déterminants sensoriels sur des produits bruts.

2.5 Synthèse

La perception sensorielle est un phénomène complexe. Elle résulte de l'intégration des stimuli issus des différents systèmes sensoriels et de leurs interactions aboutissant à une image globale. Les interactions sensorielles ont été largement étudiées jusqu'alors et peuvent être considérées de différentes manières, d'un point de vue physico-chimique, cognitif, physiologique ou encore suivant les systèmes sensoriels impliqués.

Il faut noter que les interactions entre odeur-texture et odeur-arôme ont été encore peu étudiées et que les résultats des différentes études sont parfois contradictoires. Ceci démontre bien le besoin d'approfondir ces phénomènes. De plus, dans la grande majorité des cas, des matrices modèles ont été utilisées pour ces études et non des produits alimentaires réels ce qui rend l'extrapolation des données plus difficile.

La pomme présente une diversité de texture, de saveurs et d'arômes. Bien qu'elle soit par nature moins « contrôlable » qu'une matrice modèle, ce produit peut être intéressant pour étudier les interactions sensorielles. Une connaissance des propriétés sensorielles des pommes permettrait de sélectionner des variétés pour étudier les interactions relatives à l'arôme, aux saveurs acide et sucrée et à la texture. Par ailleurs, la couleur est une des seules modalités sensorielles perçue avant la dégustation. Il a été démontré qu'elle génère des attentes et impacte ainsi l'appréciation et les

perceptions sensorielles notamment des saveurs et des arômes. Peu d'études ont mesuré l'impact de la couleur sur la perception de la texture. Les effets de la couleur n'ont pas été démontrés sur la pomme jusqu'à présent alors que la couleur est un critère important dans l'évaluation la qualité des pommes. Dans le but de mieux interpréter la réponse sensorielle qu'elle soit descriptive ou hédonique, la compréhension des interactions est importante.

3 Mesures objectives : Le profil sensoriel

3.1 La méthode

Le profil conventionnel fait partie des méthodes descriptives et donc impliquent la détection, la discrimination et la description des aspects sensoriels d'un produit par un panel entrainé (Meilgaard *et al*., 1991). Cette méthode (ISO, 2003) est une généralisation de la méthode Quantitative Descriptive Analysis (QDA®) mise au point par Stone & Sidel (1998) et Stone, Sidel, Oliver , Woolsey & Singleton (1974). Le but est d'établir une description précise, complète et objective des propriétés sensorielles d'un ensemble de produits au niveau qualitatif et quantitatif. Une fois les produits décrits, il est alors possible de les comparer (Depledt, 2009). Il a été montré précédemment que la perception sensorielle est complexe. Néanmoins l'entrainement des juges et l'utilisation de références liées aux descripteurs peuvent tendre à structurer le processus mental de perception pour que les juges d'un panel arrivent à donner des réponses proches pour un stimulus donné (Meilgaard *et al*., 1991).

La réalisation de profil sensoriel s'effectue en plusieurs étapes (Figure 2) et nécessite l'utilisation d'un panel (ISO, 1995).

La première étape du processus est la constitution du panel. Les juges sont sélectionnés selon divers critères : leur disponibilité, leur motivation, leur capacité à percevoir les arômes et les saveurs, leur aptitude à discriminer, classer et décrire des échantillons et leur comportement en groupe. A ce moment-là, une gamme d'échantillons sera sélectionnée ce qui permettra au juge de percevoir l'ensemble des différences qualitatives possibles perceptibles dans le produit dont on veut réaliser le profil.

Par la suite, les juges génèrent le plus grand nombre possible de descripteurs, de manière individuelle, pour décrire les produits. Cette phase sert aussi d'apprentissage pour l'identification et l'évaluation de la nature des différences. Les descripteurs générés sont alors triés et réduits. Les termes hédoniques, quantitatifs et non pertinents sont éliminés. La liste est ensuite réduite par différents tris statistiques. Une fois la liste établie, chaque terme est défini précisément de manière à

être compris par tous et est associé si possible à un produit de référence stable et approprié. Un protocole de dégustation est mis en place pour homogénéiser la manière de déguster entre les juges. Le jury est alors entrainé à utiliser cette liste réduite de descripteurs. L'entrainement est jugé satisfaisant lorsque chaque juge acquiert de bonnes performances c'est-à-dire qu'il est répétable, discriminant et en accord avec les autres juges.

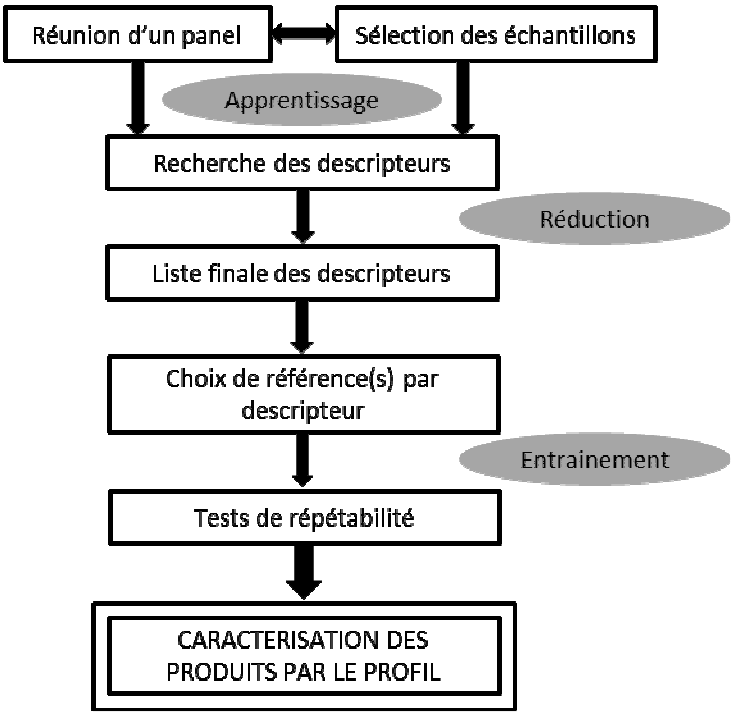


Figure 2 : Etapes pour la réalisation d'un profil (d'après ISO : 11035, 1995)

Quand l'entrainement est terminé, la phase de caractérisation peut avoir lieu. Les juges devront évaluer l'intensité des descripteurs sur une échelle d'intensité des différents produits. Cette évaluation s'effectue dans des conditions contrôlées et les produits sont présentés de manière monadique séquentielle. Les performances sont mesurées pendant cette phase de caractérisation afin d'évaluer la qualité des résultats.

3.2 Le profil appliqué aux pommes

L'analyse quantitative descriptive ou profil conventionnel est une méthode pertinente pour évaluer la qualité des fruits (Lawless & Heymann, 1998). En effet, elle permet de discerner des différences fines de qualité (Vaysse *et al.*, 2006). Mais, la plupart des fruits varient au niveau de leurs propriétés sensorielles, au sein même d'une variété, ce qui rend la mesure sensorielle de ses caractéristiques difficile (Dever, Cliff, & Hall, 1995; Williams & Carter, 1977).

La norme ISO 5492 (1992) définit un certain nombre de termes permettant de décrire le plus objectivement possible l'odeur, la texture, les saveurs et les arômes d'un produit. Dans le Tableau 2 sont présentés les termes susceptibles d'être évalués dans la pomme. Ce choix personnel est confirmé par les descripteurs trouvés dans la bibliographie.

Depuis de nombreuses années, le profil sensoriel est utilisé pour décrire les pommes. Cette technique est appliquée dès 1977 par Williams & Carter qui ont établi un lexique et une procédure d'évaluation des pommes de la variété Cox's Orange Pippin. Par la suite, la pomme a fait l'objet de nombreuses analyses quantitatives descriptives (profils) couplés ou pas à des mesures instrumentales ou de préférences (Tableau 3) dans le cadre d'études aux objectifs variés. Watada *et al.* (1985) ainsi que Lateur *et al.* (2001) se sont focalisés sur l'influence de la maturité et de la date de récolte sur les caractéristiques sensorielles des fruits; d'autres ont étudié les conséquences du stockage (Aaby *et al.*, 2002; Varela *et al.*, 2005; Williams & Knee, 1977); ou bien se sont intéressés à la corrélation entre données instrumentales et sensorielles pour caractériser un certain nombre de variétés et/ou pour identifier des outils de prédiction de la qualité sensorielle par des mesures instrumentales (Harker, Maindonald, *et al*., 2002; Harker, Marsh, *et al*., 2002; Karlsen *et al*., 1999; Mehinagic *et al*., 2004). Vaysse, Reynier et Rouvès (1999) ont observé l'évolution de la qualité du lieu de production vers le lieu de vente et Vaysse *et al.* (2006) ont montré les avantages de l'analyse sensorielle dans le contrôle qualité des pommes et sa complémentarité avec les tests physico-chimiques.

Tableau 2 : Définitions de la norme ISO 5492 de caractères sensoriels pouvant être évalués dans la pomme

Descripteur	Définition
ODEUR:	Propriété organoleptique perceptible par l'organe olfactif en "flairant" certaines substances volatiles.
TEXTURE:	Ensemble des propriétés mécaniques (liées à la réaction du produit à une contrainte: dureté, cohésion, viscosité, élasticité et adhérence), géométriques (liées aux dimensions, à la forme et à l'arrangement des particules dans un produit) et de surface (liées aux sensations telles que celles produites par l'eau et /ou les matières grasses) d'un produit perceptibles par les mécanorécepteurs, les récepteurs tactiles et, éventuellement, par les récepteurs visuels et auditifs.
Dureté	Propriété mécanique de texture en relation avec la force nécessaire pour obtenir la déformation d'un produit ou une pénétration donnée. En bouche, elle s'évalue en comprimant le produit entre les dents (solides) ou entre la langue et le palais (semi-solides). Les principaux adjectifs correspondant à différents niveaux de dureté sont: mou, ferme, dur.
Cohésion	Propriété mécanique de texture en relation avec le niveau jusqu'auquel un matériau peut être déformé avant de se rompre.
Fragilité	Propriété mécanique de texture liée à la cohésion et en relation avec la force nécessaire pour qu'un produit s'effrite ou se brise.. Elle s'évalue en imprimant une force brusque à un produit placé entre les dents (incisives) ou les doigts. Les principaux adjectifs correspondant à différents niveaux de fragilité sont: friable, croquant, cassant/craquant/croustillant.
Masticabilité	Propriété mécanique de texture liée à la cohésion et en relation avec la dureté ou le nombre de mastications nécessaires pour mâcher un produit solide afin de le rendre prêt à être avalé. Les principaux adjectifs correspondant à différents niveaux de mâchement sont: tendre, masticable/mâchable/masticatoire, coriace.
Broyabilité	Propriété mécanique de texture liée à la cohésion d'un produit tendre. En bouche, elle est en relation avec l'effort nécessaire pour broyer le produit et le rendre prêt à être avalé. Les principaux adjectifs correspondant à différents niveaux de broyabilité sont: sablé, farineux/pâteux, gommeux/gélatineux.
Granulosité	Propriété géométrique de texture qualifiant la perception de la dimension et de la forme des particules d'un produit. Les principaux adjectifs correspondant à différents niveaux de cette propriété sont: lisse, granuleux/sabloneux/grenu/grossier
Humidité	Propriété de surface de la texture qualifiant la perception de la quantité d'eau absorbée ou dégagée par un produit. Les principaux adjectifs correspondant à différents niveaux de cette propriété sont: sec, humide, mouillé, juteux, succulent, aqueux.
SAVEUR:	Sensation perçue par l'organe du gustatif lorsqu'il est stimulé par certaines substances solubles. Les saveurs élémentaires sont acide, amère, salée, sucrée, alcaline, umami, métallique.
Sucré	Qualifie la saveur élémentaire provoquée par des solutions aqueuses de diverses substances telles que le saccharose.
Acide	Qualifie la saveur élémentaire provoquée par des solutions aqueuses diluées de la plupart des corps acides (tels que l'acide citrique, l'acide tartrique)
Amer	Qualifie la saveur élémentaire provoquée par des solutions aqueuses diluées de diverses substances telles que la quinine et la caféine
Astringence	Qualifie la sensation complexe résultant de la contraction de la surface des muqueuses de la bouche, produite par des substances telles que les tannins du kaki et de la prunelle.
ARÔME:	Propriété organoleptique perceptible par l'organe olfactif par voie rétro nasale lors de la dégustation.

Le Tableau 3 fait un bilan des conditions expérimentales des différentes études de profil et plusieurs constats peuvent être faits au vu de cet inventaire. Jusqu'à présent, un nombre important d'études ont utilisé le profil sensoriel pour décrire les caractéristiques des pommes. Cependant, on constate qu'il n'y a ni consensus sur l'utilisation d'un protocole de dégustation ni sur le mode de présentation des échantillons. Ceci est à mettre en relation avec la diversité des objectifs des différentes études. Daillant-Spinnler *et al*. (1996) ont réalisé des profils d'échantillons de pommes pelées ou non. Les résultats ont montré de grandes similitudes entre les deux conditions d'évaluation et les auteurs recommandent d'utiliser des petits quartiers pelés pour effectuer du profil. Ce travail repose sur l'hypothèse qu'il n'y aurait pas d'influence visuelle sur les perceptions en bouche.

Par ailleurs, on peut remarquer que 6 études seulement ont analysé 6 variétés de pommes ou plus conjointement (Tableau 4), avec un maximum de 13 variétés (Karlsen *et al.*, 1999). De plus, la prise en compte de l'ensemble des critères sensoriels de manière détaillée (saveurs, texture, arômes) est rarement effectuée. Plus particulièrement, peu d'importance est donnée à l'évaluation des arômes à l'exception de trois études (Daillant-Spinnler *et al.*, 1996; Jaeger *et al.*, 1998; Williams & Carter, 1977). Des descripteurs très variés ont été générés et évalués dans les différentes études. Un récapitulatif est présenté dans le Tableau 5. On peut observer à nouveau que les saveurs et la texture sont beaucoup plus souvent évaluées que les arômes.

De nombreux exemples de profil sensoriel de pommes sont présentés dans la littérature. Ainsi la caractérisation de variétés diverses a été effectuée. La Golden Delicious est la variété qui a été la plus couramment étudiée (Billy, 2007; Carbonell *et al.*, 2008; Daillant-Spinnler *et al.*, 1996; Karlsen *et al.*, 1999; Kühn & Thybo, 2001; Mehinagic *et al.*, 2004; Thybo *et al.*, 2004; Watada *et al.*, 1980) et est aussi la variété de pommes la plus consommée. Ensuite viennent les variétés Fuji (Billy, 2007; Daillant-Spinnler *et al*., 1996; Harker, Marsh, *et al*., 2002; Mehinagic *et al*., 2004; Varela *et al*., 2005), Jonagold (Jaeger *et al.*, 1998; Karlsen *et al.*, 1999; Kühn & Thybo, 2001; Thybo *et al.*, 2004), Granny Smith (Carbonell *et al*., 2008; Daillant-Spinnler *et al*., 1996; Harker, Maindonald, *et al*., 2002), Elstar (Karlsen *et al.*, 1999; Kühn & Thybo, 2001; Thybo *et al.*, 2004), Braeburn (Daillant-Spinnler *et al*., 1996; Harker, Maindonald, *et al*., 2002; Mehinagic *et al*., 2004) et Cox's Orange Pippin (Harker, Maindonald, *et al*., 2002; Jaeger *et al*., 1998; Williams & Knee, 1977).

Tableau 3 : Conditions expérimentales des différentes études ayant mené du profil conventionnel

Réf.	Nombre de variétés	Conditions Testées	Nombre d' échantillons par séance	Répétition	Présentation des produits	Nombre et type de juges	Nombre de descripteurs
1	1	différents stockages (durée et type)	ND	ND	Echantillons (cubes de pommes), servis à 20°C, jus de pommes commercial servi comme référence simultanément les échantillons	9 juges entrainés	18 (Odeur:7, Arôme:4, Saveur: 2, Texture: 2, Apparence: 3)
2	2	différentes durées de stockage	ND	2	2 demi-pommes avec peau, les juges sont invités à couper et peler les pommes avant d'évaluer les descripteurs	10 juges entrainés	13 (Texture: 5, Arôme: 5, Odeur: 3)
3	3	différentes température de stockage	ND	2	ND	16 juges entrainés	14 (Odeur: 3, Arôme: 1, Saveur: 2, Sensation: 1, Texture: 7)
4	12		12 (6/pause/6)	2 éch. pelés et 2 non pelés	Échantillons pelés sont présents en quartiers, les non-pelés /en demi-pommes	12 juges entrainés	43/62 (Odeur:15, Arôme:12, Saveur:3, Texture:12, Apparence: 10, Après déglutition:7)
5	4	différent hybrides	6 (3/pause/3)	ND	Demi-pommes pelées	20 juges entrainés	4 (Saveur: 2, Arôme:2)
6	De 1 à 7	différents dates de récolte et stades de maturité	4	ND	Demi-pommes pelées	15-16 juges entrainés	9 (Texture:9)
7	3	3 conditions de stockage donnant 3 niveaux de farinosité	9	2	Pommes pelées, épépinées et en quartier	12 juges entrainés	41 (Odeur: 4, Texture: 12, Saveur: 3, Arôme: 12, Apparence: 5, Après déglutition: 4)
8	13	Différents calibres	13	2	Demi-pommes non-pelées	7 juges entrainés	23 (Odeur:7, Arôme: 7, Saveurs: 3, Texture: 5, Après déglutition: 1)
9	6		9	3	Un quartier pelé par juges	8 juges entrainés	13 (Texture: 6, Saveur: 2, Arôme: 4, Après déglutition: 1)
10	6	différentes dates de récolte	ND	ND	Huitième de fruit pelé	5 juges entrainés and 1 expert	6 (Texture: 3, Saveur: 2, Appréciation globale: 1)
11	3	différentes durées de stockage	6	ND	Demi-pommes non-pelées, les côtés coloré et non-coloré du fruit sont évalué séparément par le même juge	15 juges entrainés	12 (Odeur : 1, Saveur: 2, Arôme: 1, Sensation: 1, Sensation au toucher: 2, Texture: 5)
12		126 génotypes	10 à 34	2	Quartiers pelés et épépinés	4 experts	5 (Saveur: 2, Texture: 3)
13	6		6	4	Un quartier avec peau par juge	10 juges entrainés	14 (Apparence: 3, Texture: 6, Saveur: 2, Arôme: 2, Après déglutition: 1)
14	1	différentes durée de stockage	ND	2	6 cubes (1,5cm de côté) pelés de chaque échantillon sont servis à 8°C dans des boîtes en plastique sans odeur	11 juges entraînés	17 (Apparence: 1, Odeur: 3, Texture: 6, Saveur: 2, Arôme: 3, Après déglutition: 2)
15	5	variations de date de récolte et durée de stockage	ND	2	Chaque juge choisit 3 huitièmes parmi les morceaux issus de 10 pommes, qu'il pèle à moitié. Le morceau pelé sert pour évaluer la texture, l'autre morceau servant pour les arômes et saveurs	6-10 juges entrainés	10 (Texture: 5, Saveur: 2, Arôme: 2, Sensation: 1)
16	1	4 différents stockages	ND	ND	ND	10	11 (arômes: 11)

[1](Aaby *et al.*, 2002); [2](Billy, 2007); [3] (Carbonell, Izquierdo, Carbonell, & Costell, 2008); [4](Daillant-Spinnler, MacFie, Beyts, & Hedderley, 1996); [5](Harker, Maindonald, *et al*., 2002); [6](Harker, Marsh, *et al*., 2002); [7](Jaeger, Andani, Wakeling, & MacFie, 1998); [8](Karlsen, Aaby, Sivertsen, Baardseth, & Ellekjær, 1999); [9](Kühn & Thybo, 2001); [10](Lateur, Planchon, & Moons, 2001); [11](Mehinagic, Royer, Symoneaux, Bertrand, & Jourjon, 2004); [12](Oraguzie *et al*., 2009); [13](Thybo, Kühn, & Martens, 2004); [14](Varela, Salvador, & Fiszman, 2005); [15](Watada, Abbott, & Hardenburg, 1980); [16](Williams & Knee, 1977)

ND : non défini

Tableau 4 : Bilan des variétés analysées dans les études comportant 6 variétés ou plus

	Total variétés étudiées	Akero	Aroma :"Telefrukt"	Aroma: "Hardanger frukt"	Aroma: size > 80 mm	Aurora	Braeburn	Cabarette	Celeste	Compact Golden Delicious	Cox's orange pippin	Elstar	Fiesta	Fuji	Gala	Gloster	Golden Delcious	Granny Smith	Gris Braibant	GS330	Jonagold	Joseph Musch	Lobo	Mutsu	Pacific Rose	Red Delicious	Red Gravenstein: small diameter	Red Gravenstein: large diameter	Red Ingrid Marie	Red Torstein	Reinette de Blenheim	Reinette de Flandre	Reinette des Capucins	Royal Galal	Splendour	Top Red	Yellow Gravenstein
Daillant-Spinnler *et al.*, 1996	**12**					X	X		X	X			X	X			X	X		X													X	X	X	
Harker *et al.*, 2002	**7**						X				X			X				X							X	X										
Karlsen & Aaby, 1999	**13**	X	X	X	X							X					X				X		X				X	X	X	X						X
Kühn & Thybo, 2001	**6**											X			X	X	X				X			X												
Lateur *et al.*, 2001	**6**							X											X			X									X	X	X			
Thybo *et al.*, 2004	**6**											X			X	X	X				X			X												

Tableau 5: Descripteurs utilisés avec la technique du profil conventionnel pour caractériser les pommes

(Dans un souci de justesse et afin d'éviter des ambiguïtés de traduction notamment sur les termes de texture, les descripteurs ci-dessous sont restitués en anglais)

Odeur externe		
Green apple [5]	Fresh [5]	Sweeted apples [5]
Sweet [5]	Floral [5]	Plum/Cherry [5]
Odeur Interne		
Sweet [5, 10]	Quince [2]	Damp twigs [5, 8]/ Stalks [5] / Woody [5]
Honey [9]	Plums/cherries/peaches [5]	Unripe [5, 8]
Acidic [1, 5, 9] / Sour [5]	Fruity (not apple) [1, 9]	Ripe [16]
Apple [1]	Almond [9]	Alcoholic [16]
Green Apple [5]	Fresh [1]	Unnatural [10]
Red Apple [5]	Grassy [1, 5, 8, 9]	Chemical [1, 9]
Cooking apple [5], Cooked apple [8]	Vegetal [2]	Aged [16]
Pear [8]	Earthy [2]	Overall [4, 17]/ Odour intensity [1, 9, 19]
Saveur		
Taste intensity [3]	Sweet [1, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]	
Bitter [1, 5, 7, 8, 9, 12, 18]	Sour/Acidic [3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]	
Arôme		
Fruity (not apple) [3, 9, 19] / Fruitiness [18]	Vegetative [18]	Ripe [16]
Apple [1, 7, 11, 15]	Grassy [5, 9]	Unripe apple [8]/ Unripe [5, 11]
Cooked apple [4, 8, 17]	Green [19]	Alcoholic [16, 19]
Green apple [4, 5, 8, 17]	Fresh [1, 5, 16]	Musty [18, 19]
Red apple [5, 8]	Spiciness [18]	Cellar [4, 17]
Cox-like [5, 8]	Typical [3]	Estery (synthetic) [19]
Pear [2, 5, 8]	Peardrops [5, 8]	Chemical [9]
Red fruit [4, 17]	Watery [5, 8]	Estery (wax-like) [19]
Citrus fruit [4, 17]	Perfumed [11]	Fatty [19]
Plum/cherry [5, 8]	Scented [19]	Sharp [19]
Almond [9]	Sour [4, 17] /Acidic [1, 9]	Cardboard [18]
Honey [2, 9]	Fermented [2]	Soapy [5]
Sugary [19], Sweet [8]	Stale [8]	Off-flavour [5, 8]
Floral [2, 8]	Overripe [11, 15]	Overall [7, 2, 19] / Flavour intensity [1, 4, 9]/ Aroma Intensity [3, 14]
Texture		
Juiciness [1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18]	Crunchiness [6, 13, 16]	Cohesiveness [15]
Moistness [15]	Crispiness [1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 17, 18]	Chewiness [2, 3, 8, 9, 13]
Flouriness [2, 3, 4, 6, 8, 17]	Sound produced [16]	Sponginess [5,18]
Mealiness [6, 11, 13, 15, 16, 18]	Pulpiness [7, 8]	Denseness [3], Density of the flesh [8]
Starchiness [18]	Mushiness [9]	Fibrous [8]
Granularity [3, 8, 16]	Fondant [2, 13]	Slimy [8]
Firmness [1, 7, 11, 14]	Easy breakdown [6]	Skin toughness [5, 11, 15]
Hardness [3, 5, 8, 9, 11, 15, 16, 18]	Slow breakdown [5]	Skin bits [5]
Arrière-goût [9] / Après déglutition		
Astringent [3, 5, 13, 16, 18] / Drying [5, 8]	Acidic /sour [5]	Red apple [5]
Alcoholic [16]	Bitter [5, 8]	Peel [5]
Duration of apple flavour [11, 15]	Green apple [5]	Residue [8]
Sweet [5]		
Sensations au toucher		
Touch resistance [13]		
Roughness [13]		

[1] (Aaby, Haffner, & Skrede, 2002); [2] (Billy, 2007); [3] (Carbonell *et al.*, 2008); [4] (Codarin, Vaysse, Merendet, Pitiot, & Bonany, 2009); [5] (Daillant-Spinnler *et al*., 1996); [6] (Harker, Maindonald, *et al*., 2002); [7] (Harker, Marsh, *et al*., 2002); [8] (Jaeger *et al.*, 1998); [9] (Karlsen *et al*., 1999); [10] (Komthong, Katoh, Igura, & Shimoda, 2006); [11] (Kühn & Thybo, 2001); [12] (Lateur *et al*., 2001); [13] (Mehinagic *et al.*, 2004); [14] (Oraguzie *et al*., 2009); [15] (Thybo *et al*., 2004); [16] (Varela *et al*., 2005); [17] (Vaysse, Reynier, Codarin, Roche, & Martin, 2006); [18] (Watada *et al.*, 1980) ; [19] (Williams & Knee, 1977).

3.2.1 Caractérisation des saveurs et sensations

Le sucré et l'acide font partie des principales mesures de qualité post-récolte (Mitcham, 1997; Smith, 1985) étant donné qu'ils reflètent la maturité des fruits. Ceci explique que ces saveurs ont été évaluées très fréquemment dans la pomme lors de profils (Tableau 5) : les saveurs sucrée et acide ont été évaluées pour quatorze des dix-neuf études présentées. L'amertume et l'astringence ont été aussi mesurées, mais de manière plus occasionnelle et notamment sur les pommes à cidre qui présentent ces caractéristiques.

3.2.2 Caractérisation de la texture

La texture des pommes présente différents aspects notamment le croquant, la fermeté et le juteux évalués au niveau sensoriel respectivement par les descripteurs *Crunchiness* et *Crispiness ; Firmness* et *Hardness* ; et *Juiciness* et *Moistness*. La farinosité évaluée dans la littérature sous les termes de *Mealiness*, *Flouriness*, *Starchiness* (Tableau 5) est dans les pommes un aspect négatif de la qualité. Son évaluation nécessite, d'après Barreiro *et al.* (1998), la combinaison de quatre descripteurs *Croquant*, *Farineux*, *Jutosité à la première bouchée* et *Jutosité pendant la mastication*. Elle est par ailleurs associée aux caractéristiques texturales suivantes : molle, sèche et granuleuse (Andani, Jaeger, Wakeling, & MacFie, 2001; Harker & Hallett, 1992).

3.2.3 Caractérisation des arômes et odeurs

Dans les 16 études présentées dans le Tableau 3, on peut remarquer que l'importance relative donnée à l'évaluation des odeurs et des arômes dans les pommes varie : entre un et douze descripteurs évalués. Les pommes présentent une large palette de notes aromatiques : *Fruits Rouges*, *Agrumes*, *Miel*, *Florales*, *Végétales*, *Epicées*, *Bonbon*. Néanmoins un certain nombre de défauts sont aussi évalués notamment les notes *Cave*, *Fermentée*, *Moisie*, *Chimique*, *Carton*, *Savon*, *Pas mûr*, *Alcool* (Tableau 5). Il faut également noter que les références correspondant aux notes aromatiques évaluées dans les pommes sont peu présentées dans la littérature.

3.3 Synthèse

La méthode de profil conventionnel a été abondamment utilisée sur différentes variétés de pommes ou pour tester par exemple l'impact de différentes dates de récolte ou de différentes conditions de stockage sur les propriétés organoleptiques des pommes. Un maximum de treize variétés a été caractérisé simultanément alors que la pomme comporte une grande richesse variétale. La texture et les saveurs sont couramment évaluées avec cette méthode ce qui est moins le cas pour les arômes. En effet, quand une caractérisation des arômes a été effectuée, cela a été réalisé avec un petit nombre de descripteurs dans la majorité des cas.

4 Mesures subjectives : Les préférences

4.1 Définition

Tout d'abord, il est important de rappeler que ni des mesures instrumentales ni des mesures sensorielles d'un attribut spécifique ne répondent à l'ultime question « Comment ce fruit est-il acceptable pour le consommateur ? » soulignant la nécessité d'une approche consommateur (Smith & Churchill, 1983).

La norme ISO 5492 (ISO, 1992) définit l'acceptabilité comme étant *l'état d'un produit reçu favorablement par un individu déterminé ou une population déterminée, en fonction de ses propriétés organoleptiques* et la préférence comme *l'état ou la réaction affective d'un sujet qui l'amène à trouver un produit meilleur qu'un ou plusieurs autres*. L'acceptabilité est mesurée par une tâche de notation de la réponse à la question « Comment aimez-vous ce produit ?». Alors que la préférence est mesurée avec une tâche de choix et le juge répond à la question « Quel échantillon préférerez-vous ? » (Meilgaard *et al*., 1991). Il est important de préciser qu'en général le terme « étude des préférences » sous-entend en réalité une mesure d'acceptabilité du/des produits. Cette mesure peut, par la suite, être couplée à des mesures sensorielles descriptives ou des mesures instrumentales.

4.2 Facteurs influençant les préférences

Les préférences d'un individu pour un produit dépendent de différents types de facteurs: premièrement, les facteurs liés au produit lui-même incluant les propriétés sensorielles et physico-chimiques, les aspects fonctionnels et les valeurs nutritionnelles (Babicz-Zielinska, 1999); deuxièmement, les facteurs relatifs au consommateur notamment l'âge et le genre, les facteurs physiologiques individuels et les facteurs psychologiques comme la personnalité, les expériences précédentes (Babicz-Zielinska, 1999). Par le biais des expériences antérieures, la mémoire joue un rôle important dans la perception du consommateur et l'appréciation des produits (Vanne, Tuorila, & Laurinen, 1998; Vickers, 1993). Finalement, les facteurs environnementaux : économiques, culturels et sociaux modulent aussi les préférences (Babicz-Zielinska, 1999).

4.3 Méthodes pour étudier les préférences

4.3.1 Les objectifs et les prérequis

L'étude des préférences consiste à analyser l'acceptabilité de produits par des consommateurs avec éventuellement l'ajout de données externes (données descriptives sensorielles ou instrumentales). Il existe plusieurs types de tests pour mesurer l'acceptabilité des

consommateurs. Le test le plus répandu est l'évaluation hédonique. Dans ce type de test, les produits sont présentés monadiquement et le juge évalue le caractère agréable du produit sur une échelle de discrète, à 9 points souvent (Peryam & Pilgrim, 1957) ou une échelle linéaire allant de 'extrêmement désagréable' à 'extrêmement agréable' (Köster, 2009; Lawless & Heymann, 1998; Meilgaard *et al*., 1991). L'échelle Just-about-right (JAR) est un autre moyen pour mesurer l'acceptabilité et plus spécifiquement les niveaux optimaux de descripteurs dans le produits (Lawless & Heymann, 1998; Meilgaard *et al*., 1991). Ce type d'échelle a cinq niveaux allant par exemple de 'pas assez sucré' à 'trop sucré', le centre de l'échelle étant l'optimum. L'épreuve par paire et le classement sont d'autres méthodes de mesure des préférences en tant que telles (Köster, 2009). Dans ce travail de thèse que ce soit au niveau de la bibliographie ou des expérimentations, seules les mesures hédoniques sur une échelle à 9 points sont utilisées.

L'étude des préférences a des objectifs multiples. Elle vise à analyser quels produits sont aimés et rejetés de manière objective par les consommateurs, à déterminer les besoins éventuels pour de nouveaux produits/variétés, à observer la segmentation des consommateurs suivant leurs préférences, à modéliser les préférences des différents segments de consommateurs et à identifier les attributs sensoriels qui déterminent les préférences. Des techniques appelées « cartographie de préférences » (Carroll, 1972; Greenhoff & MacFie, 1994) ont été développées et sont couramment utilisées pour répondre à ces objectifs. Elles consistent en des traitements statistiques multivariés basés notamment sur l'Analyse en Composantes Principales (ACP), la classification et les régressions polynomiales multiples (Carroll, 1972; Helgesen, Solheim, & Næs, 1997; Meullenet, Xiong, Findlay, & Ebrary, 2007; Schlich, 1995; Thompson, Drake, Lopetcharat, & Yates, 2004).

Certains auteurs mettent en avant l'importance du choix des produits de l'étude. En effet, pour satisfaire les objectifs définis les produits choisis doivent couvrir autant que possible l'espace-produits étudié (Jaeger, Rossiter, Wismer, & Harker, 2003; Scandella *et al*., 2002). D'un côté, si les échantillons sont trop différents, probablement un petit nombre de sous-groupes de produits seront obtenus sans donner beaucoup d'information sur les différences entre échantillons. Ainsi, l'apport d'information par la cartographie des préférences est limitée (Jaeger, Rossiter, *et al*., 2003). D'un autre côté, dans le cas où les échantillons sont trop similaires, les consommateurs ne sont pas en mesure de les discriminer de manière significative sur le plan hédonique. Alors peu d'informations sont obtenues sur les raisons de la segmentation des consommateurs (Jaeger, Rossiter, *et al*., 2003).

Le nombre de produits mis en jeu est essentiel et résulte d'un compromis entre le besoin d'une certaine puissance statistique pour estimer les modèles et le besoin d'obtenir des données fiables (Næs, Brockhoff, & Tomic, 2010b). Le problème réside, en réalité, sur le nombre

d'échantillons qu'un consommateur peut tester avant de sentir une fatigue sensorielle (Næs *et al.*, 2010b) et ce dernier point est fortement dépendant du type de produits testés (Næs *et al.*, 2010b). D'une étude à l'autre, le nombre d'échantillons varie entre trois (Caspia, Coggins, Schilling, Yoon, & White, 2006) et trente (Gambaro, Ares, GimEnez, & Pahor, 2007); mais un minimum d'une dizaine de produits est fortement recommandé (McEwan, 1996; Schlich, 1995). Cependant, le nombre de produits est un point discuté. Certains auteurs recommandent de ne pas aller au-delà de 8-12 produits (Faber, Mojet, & Poelman, 2003) et 5-6 produits est une alternative considérée comme étant plus réaliste dans de nombreuses études (Helgesen *et al.*, 1997). La plupart du temps, les mêmes produits sont donnés à tous les consommateurs mais ce n'est pas toujours le cas. L'utilisation de plan incomplet est possible dans le cas de cartographie externe mais se révèle plus difficile à appliquer dans le cas de la cartographie interne (Næs *et al.*, 2010b).

La cartographie des préférences implique un recueil de données d'acceptabilité auprès d'un panel de consommateurs naïfs, suffisamment large et ciblé pour être représentatif d'une certaine population (Jaeger, Rossiter, *et al.*, 2003; Schlich, 1995). De nombreuses applications de la cartographie de préférence ont utilisé entre 100 et 150 consommateurs ce qui semble suffisant pour obtenir des résultats intéressants (Næs *et al.*, 2010b; Schlich, 1995). Ce nombre peut être diminué si besoin mais un nombre inférieur à 50-60 consommateurs n'est pas recommandé (Næs *et al.*, 2010b) pour des raisons statistiques et de représentativité du panel.

Dans une étude de préférences, plusieurs types de données peuvent être collectés : les notes d'appréciation des consommateurs des produits, la description sensorielle des produits par un panel entraîné et des données qualitatives et/ou quantitatives sur les consommateurs. Une note d'appréciation globale pour chaque produit est demandée au consommateur à l'aide d'une échelle ordinale ou à intervalles. Les scores de préférence sont disposés en une *matrice Y* ayant n lignes (produits) et p colonnes (consommateurs). Deuxièmement, les données de profils sensoriels sont obtenues avec un panel entrainé notant un certain nombre de descripteurs pour chaque produit. Un tableau descriptif sensoriel de consensus entre les juges est ensuite calculé. Ce tableau constitue une *matrice X* ayant *n* lignes (produits) et *k* colonnes (descripteurs) (Schlich, 1995). Une *matrice Z*, contenant des informations sur le consommateur (informations sociodémographiques, sur la consommation, les usages et attitudes vis-à-vis des produits), peut être additionnellement constituée avec p lignes (consommateurs) et q colonnes (variables qualitatives ou quantitatives consommateur). L'utilisation de ces trois types de données, également nommées « données en L » (Figure 3), permet d'expliquer les préférences des consommateurs et identifier des types de consommateurs en fonction des caractéristiques sociodémographiques et d'usages/attitudes (Endrizzi, Gasperi, Calo, & Vigneau, 2010).

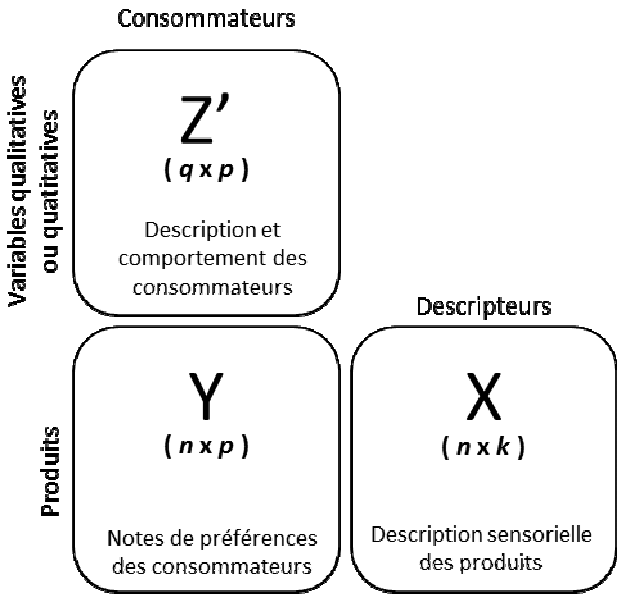


Figure 3 : Structure possible des données d'une étude de préférences

4.3.2 Méthodes pour observer la segmentation des consommateurs

Pour observer la segmentation des consommateurs à partir des données d'appréciation initiales, il existe principalement deux approches différentes : la première est pragmatique, intuitive et essentiellement visuelle et la deuxième, plus automatique, exige une méthodologie statistique plus avancée (Næs, Brockhoff, & Tomic, 2010c).

Qu'elle que soit la méthode de segmentation considérée, la question du centrage des données se pose. Cette décision n'est pas évidente, elle dépendra de l'expérimentateur, de l'espace-produit et des données. Si les données ne sont pas centrées, le niveau général d'appréciation pour un consommateur jouera un rôle dans la segmentation. Alors que si les données sont centrées par consommateur, seules les différences relatives seront analysées dans le processus de segmentation (Næs *et al.*, 2010c).

4.3.2.1 Analyse en Composantes Principales

La première méthode pour observer la segmentation des consommateurs est l'Analyse en Composantes Principales (ACP) sur la matrice de données Y composée des notes d'appréciation. Elle est couramment effectuée et permet de visualiser la segmentation des consommateurs. Les observations de cette ACP sont les produits et les variables sont les consommateurs. L'utilisation de la matrice de covariance (matrice non-normalisée) (Danzart, 2009; McEwan, 1996; Schlich, 1995).

L'ACP des notes d'appréciation est couramment désigner par le terme cartographie interne des préférences.

En général, la carte factorielle des deux premières dimensions des produits est utilisée pour observer la répartition des consommateurs et souligner les dimensions principales des préférences (Schlich, 1995; Schlich & McEwan, 1992). Cette carte factorielle est appelée carte de préférences. Cette approche avec l'utilisation de l'ACP est pertinente dans les cas où le nombre de composantes principales retenues s'arrête à deux ou trois (Næs *et al.*, 2010c). La cartographie interne des préférences permet de distinguer visuellement les segments de consommateurs pointant dans la même direction et donc préférant les mêmes produits. Un des inconvénients est qu'il n'y aucune information sur les raisons d'appréciation ou de rejet des échantillons présentés (McEwan, 1996) étant donné que seules les données d'appréciation sont prises en compte. Mais, il est possible de projeter les descripteurs sensoriels notés par le panel entraîné sur la carte des consommateurs comme variables additionnelles pour améliorer l'information donnée par la carte interne (Danzart, 2009; Lawlor & Delahunty, 2007; Schlich, 1995).

4.3.2.2 Classification

Une approche plus automatique peut être effectuée en utilisant une méthode statistique de classification. La classification est un terme général pour désigner un regroupement de variables ou d'observations en se basant sur le degré de similarité (Ennis, Boelens, Haring, & Bowman, 1982; Meilgaard *et al*., 1991). Elle est largement utilisée pour regrouper les consommateurs en « segments de préférence » homogènes à partir des notes d'appréciation globale. Elle peut également être effectuée sur les coordonnées des individus sur la carte factorielle de l'ACP (cartographie interne des préférences) lorsque le nombre de consommateurs est élevé (plus de 60) (McEwan, 1996; Schlich, 1995). Il existe différents types de classification notamment la classification hiérarchique et la classification de type k-means qui sont les méthodes les plus utilisées (Berna, Lammertyn, Buysens, Di Natale, & Nicola, 2005; Haddad *et al*., 2007; Helgesen *et al*., 1997; Hottenstein, Taylor, & Carr, 2008; Jaeger, Lund, Lau, & Harker, 2003; Martinez, Santa Cruz, Hough, & Vega, 2002; Murray & Delahunty, 2000; Næs *et al*., 2010c), la classification autour de variables latentes (Vigneau, Qannari, Punter, & Knoops, 2001) et la classification floue (Bølling Johansen, Hersleth, & Næs, 2009). Ces méthodes de classification peuvent être également appliquées à d'autres données comme par exemple les coefficients de corrélation entre consommateurs et attributs sensoriels (Carbonell *et al.*, 2008). De cette manière, on obtient des segments de consommateurs qui diffèrent dans leurs préférences pour les produits et les différences entre les segments sont liées à l'intensité des descripteurs sensoriels. La classification peut être employée comme technique en tant que telle bien

qu'elle soit souvent une étape parmi les traitements multivariés comme la cartographie externe de préférence (Ennis *et al.*, 1982).

La classification ascendante hiérarchique (CAH) fait partie des méthodes de classification les plus utilisées. Les données sont présentées sous la forme d'un tableau de dissimilarités ou de distance entre individus. La distance euclidienne est couramment utilisée. Chaque observation est initialement considérée comme un groupe séparé et l'analyse regroupe les observations successivement (ou des groupes intermédiaires d'observations) en minimisant un critère d'agrégation. Ce critère peut être défini par la méthode de Ward, méthode la plus utilisée, qui consiste à l'agrégation de deux groupes tout en faisant le moins baisser l'inertie inter-groupe. Les regroupements successifs et la structure hiérarchique des individus sont illustrés par un dendrogramme (Meilgaard *et al*., 1991; Meullenet, Xiong, & Findlay, 2007a). Helgesen *et al*. (1997) ont comparé les groupes obtenus en segmentant le panel de consommateurs visuellement sur la carte factorielle de l'ACP et via une CAH. Dans leur étude, les quatre segments identifiés coïncident relativement bien montrant dans ce cas que ces deux méthodes sont similaires. Mais si plus de deux axes factoriels sont nécessaires pour décrire les données, les différentes approches peuvent conduire à des partitions ayant des structures différentes.

4.3.3 Modélisation des préférences

La cartographie externe des préférences, comme son nom l'indique, utilise des données externes qui peuvent être instrumentales (mesures de couleur, de texture, d'arôme, etc.) ou sensorielles (données de profils). Dans le cadre de cette thèse, on ne s'intéressera qu'aux données sensorielles. L'hypothèse sous-jacente à la cartographie externe des préférences présuppose que celles-ci sont reliées aux dimensions sensorielles mesurées par le profil. Le postulat de la cartographie externe des préférences implique que lorsque deux produits sont proches sur la carte (similaire d'un point de vue sensoriel) alors un consommateur les notera de manière similaire (Danzart, 2009). La méthode consiste à réaliser une régression sur les données où les dimensions de l'espace sensoriel sont les variables explicatives et les données d'appréciation les variables de réponse (Meullenet, Xiong, & Findlay, 2007b; Schlich, 1995; Schlich & McEwan, 1992). L'espace sensoriel est obtenu avec une analyse multidimensionnelle des données des experts. Généralement, seulement les deux premières dimensions sont retenues. Quatre modèles de régression peuvent être utilisés pour modéliser les préférences individuelles de chaque consommateur: vectoriel, circulaire, elliptique et quadratique. Schlich (1995) et Moskowitz (2000) ont montré que les modèles elliptique et quadratique doivent définitivement être pris en compte. Mais il est également possible de réaliser une cartographie externe des préférences avec d'autres types de régression comme Partial Least

Square Regression (Thybo *et al.*, 2004). Les modèles individuels sont imbriqués pour créer une carte de densité des préférences des consommateurs et les zones avec la plus forte densité sont considérées comme les zones idéales (Danzart, Sieffermann, & Delarue, 2004).

La cartographie externe des préférences offre plusieurs avantages : a/ elle permet d'identifier des nouveaux marchés en donnant des directions pour le développement de produits futurs, b/ cette technique donne des informations sur la segmentation du marché en ce qui concerne les préférences sensorielles, c/ elle permet de connaitre une cible sensorielle à atteindre pour être le produit préféré pour un segment. Néanmoins, cette technique comporte aussi des inconvénients : a/ un assez grand nombre de produits (10-20) est nécessaire pour l'ajustement des modèles, b/ chaque produit doit être évalué par chaque consommateur ce qui est long et couteux, c/ les données de préférences ne sont pas toujours directement liées aux données sensorielles car la manière dont le panel entrainé perçoit les produits est différente de celle du consommateur, d/ tous les consommateurs ne sont pas bien représentés par les modèles de régression (McEwan, 1996).

La Classification around Latent Variable (CLV) avec données externes est une alternative à la cartographie externe des préférences (Vigneau & Qannari, 2002). Les deux méthodes permettent d'expliquer les préférences de segments d'individus selon des données externes. D'un point de vue opérationnel, la cartographie externe des préférences peut être conduite de deux manières différentes : soit de manière individuelle et la segmentation n'est faite que visuellement sur la carte de densité, soit pour chaque consommateur moyen identifié à la suite d'une classification. Dans les deux cas, l'analyse de données est faite de manière séquentielle : tout d'abord la description des produits puis leur mise en relation avec les données de préférences. En comparaison la CLV avec données externes a pour objectif d'identifier des segments de consommateurs et d'analyser simultanément leurs préférences. Cette procédure apparaît comme plus directe et plus rapide. De plus, il existe, à ce jour, peu d'applications de cette méthode pour analyser les préférences.

4.4 Les préférences des consommateurs de pommes

L'impact des facteurs sensoriels des fruits et légumes sur la consommation et les préférences a été étudiés sur de multiples espèces végétales. Plus précisément, la pomme a été l'objet de plusieurs travaux.

A ce jour, seuls cinq articles scientifiques ont décrit les préférences des consommateurs de pommes (Daillant-Spinnler *et al*., 1996; Harker *et al*., 2008; Jaeger *et al*., 1998; Kühn & Thybo, 2001; Thybo *et al*., 2004). Kühn & Thybo (2001) et Thybo *et al*. (2004) ont étudié spécifiquement les préférences des enfants au Danemark sur les six mêmes variétés. Les caractères aromatiques et le

caractère sucré étaient corrélés positivement avec les préférences au contraire de la dureté de la peau. L'acidité, la farinosité et la jutosité n'ont pas joué de rôle significatif dans l'explication de préférences (Kühn & Thybo, 2001). Parmi les enfants, Thybo *et al*. (2004) ont montré que quatre différents segments de préférence se distinguaient en fonction de l'apparence et des perception en bouche. Pour l'apparence, le premier segment préférait les variétés striées rouges (Gala, Jonagold), le second préférait la Gloster, pomme striée rouge plus foncée et ovale, le troisième préférait la pomme jaune Mutsu et le dernier segment avait une préférence pour la Granny Smith. Pour les perceptions en bouche, les segments se sont répartis suivant l'arôme de pomme, la texture, le sucré et l'acidité respectivement. Les segments dirigés par l'arôme et la texture étaient les plus importants en termes d'effectif. Les préférences alimentaires des enfants se distinguent de celles des adultes. Elles peuvent être expliquées par plusieurs choses : d'une part, les seuils de perception à certaines substances évoluent au cours du développement et d'autre part, les préférences alimentaires à un moment donné sont déterminées par les expériences passées notamment (Babicz-Zielinska, 1999).

Daillant-Spinnler *et al*. (1996) ont travaillé sur un espace-produit large composé de 12 variétés de pommes de l'hémisphère sud, l'espace le plus large publié dans la littérature, avec des consommateurs anglais. Cependant, il n'est pas précisé comment les variétés testées ont été choisies. Cette étude visait à mettre en place une méthodologie pour relier les données instrumentales ou sensorielles aux caractéristiques sensorielles des préférences du marché anglais. Les échantillons ont été évalués avec 43 et 62 descripteurs par un panel de dégustateurs entraînés pour respectivement les échantillons pelés/en quartier et les échantillons non pelés/demi-fruit. Parallèlement, deux groupes de consommateurs ont noté les échantillons selon leur appréciation. Chacun des groupes n'a évalué qu'un seul mode de présentation des échantillons. Les cartes de préférences obtenues entre les deux modes de présentation sont assez similaires. Cette étude a révélé que les descripteurs de texture et de saveur étaient corrélés aux deux premières dimensions des préférences alors que les descripteurs d'arômes et d'apparence étaient corrélés aux troisième et quatrième dimensions des préférences. Ainsi, la texture et les saveurs semblent expliquer davantage les préférences que les arômes et l'apparence. Les préférences du segment le plus important étaient positivement associées avec la fermeté, la jutosité et le sucré. D'autres consommateurs préfèrent soit les pommes sucrées mais moins croquante soit les pommes croquantes, acides et astringentes. Par ailleurs, Daillant-Spinnler *et al*. (1996) ont démontré qu'il y avait peu d'effet de l'épluchage du fruit sur les préférences des consommateurs avec les descripteurs testés à savoir de texture, de saveur et d'arôme. Une limite de cette étude est que les préférences des consommateurs ont été étudiées sur deux fois 60 consommateurs induisant des analyses statistiques séparées moins robustes.

L'exploration des changements induits par l'augmentation de la farinosité au niveau sensoriel et des préférences a été réalisée dans l'étude de Jaeger *et al*. (1998). Ces auteurs ont également comparé les modèles de préférences des consommateurs de pommes anglais et danois. Ils ont analysé neuf échantillons : trois variétés de pommes et trois niveaux de farinosité pour chacune d'elle. Les 41 descripteurs utilisés pour la réalisation du profil sensoriel sont issus de l'étude Daillant-Spinnler *et al*. (1996). Les résultats issus de ces travaux sont légèrement différents aux travaux de Daillant-Spinnler *et al*. (1996): deux segments de consommateurs apparaissent, le premier accordant plus d'importance à la texture et le second à la flaveur, principalement le sucré et les arômes fruités/floraux. L'importance de l'arôme est ainsi soulignée mais n'est néanmoins pas le seul déterminant à prendre en considération.

L'étude ISAFRUIT a observé ces mêmes grandes tendances au niveau des préférences (Egger, 2010). Le rôle de la texture a été confirmé par l'existence d'une relation entre fermeté/dureté du produit et son acceptation (Harker *et al*., 2008; Péneau *et al*., 2006). De plus, la « fraicheur » est définie en partie par la texture des fruits et semble être également liée aux préférences (Lund, Jaeger, Amos, Brookfield, & Harker, 2006).

La teneur en acide varie au cours de la maturation du fruit. Une certaine acidité est acceptable par le consommateur mais un fruit trop acide, jugé immature, est généralement rejeté. Certaines variétés, plus acides que d'autres, sont peu appréciées : c'est le cas des pommes Boskoop pour les consommateurs britanniques et danois (Jaeger *et al*., 1998). Cependant, certains consommateurs apprécient la saveur acide. En effet, Daillant-Spinnler *et al*. (1996) ont mis en avant l'existence de deux segments opposés avec un nombre de consommateurs similaires appréciant soit la saveur sucrée soit la saveur acide.

Bien que le niveau de farinosité semble être moins important pour les préférences du consommateur que les différences de flaveur, il est aussi démontré que la farinosité est perçue négativement dans ces fruits (Egger, 2010; Jaeger *et al.*, 1998). Les caractéristiques sensorielles telles que les textures spongieuses et molles, une intensité aromatique faible et des arômes végétaux ou de savon ou de poire et des défauts aromatiques (off-flavour) influencent de manière négative les préférences (Daillant-Spinnler *et al.*, 1996; Egger, 2010).

Les conclusions des études citées ci-dessus relatives aux préférences des consommateurs de pommes ne sont pas tout à fait en accord notamment sur l'importance de l'arôme comme déterminant de préférences. Cependant, on peut souligner que les variétés utilisées sont différentes entre les études amenant à penser que suivant les produits présentés, la segmentation des consommateurs et les déterminants des préférences associés aux différents segments changent. Il

est important de noter que hormis l'étude de Daillant-Spinnler *et al*. (1996) comportant 12 variétés, les études de préférences de pommes ont été menées sur un petit nombre de produits n'étant pas forcément représentatif du marché et de la variabilité sensorielle de la pomme. Or, McEwan (1996) recommande d'utiliser entre 10 et 20 produits pour ce type d'étude. Une attention particulière doit notamment être apportée au choix de l''espace-produit afin d'être représentatif du produit étudié pour apporter des conclusions pertinentes (Scandella *et al.*, 2002). Enfin dans les travaux antérieurs sur les pommes, la méthode de cartographie interne des préférences a été choisie plutôt que la méthode de cartographie externe. Cette dernière technique est certes moins facile à mettre en œuvre que la cartographie interne, mais elle permet de modéliser les préférences par les données sensorielles.

4.5 Synthèse

Les mesures d'appréciation et de préférences font référence à l'hédonisme et sont donc dépendantes des sujets. Cependant, ces mesures sont modulées par un grand nombre de facteurs externes qui peuvent être liés aux produits ou à l'environnement. Le couplage des mesures d'appréciation des consommateurs à des mesures descriptives sensorielles est généralement utilisé pour analyser la segmentation des consommateurs et les différents modèles de préférences. Il est mis en avant que le nombre et le choix des produits pour une étude de préférence est très important et qu'il influence fortement les résultats. Néanmoins, aucune étude à ce jour ne compare les segmentations et modèles de préférences obtenus avec les mêmes consommateurs sur des ensembles de produits différents. De plus, un maximum de douze variétés de pommes a été analysé simultanément. Les différentes études de préférences sur les pommes soulignent le rôle de la texture et des saveurs mais l'importance des arômes semble plus ou moins grande suivant les études, d'autre part les résultats qui en découlent ne sont pas toujours en accord.

5 Conclusion

La pomme a fait l'objet de nombreuses recherches pour caractériser ses propriétés physico-chimiques et sensorielles mais l'étude de ses préférences et des interactions engendrées lors de sa dégustation est à ce jour encore incomplète. A partir de la bibliographie, des objectifs de travail ont été définis et sont décrits dans la partie suivante avec la démarche suivie.

PROBLEMATIQUE ET DEMARCHE

Les préférences alimentaires sont décrites comme étant une prédisposition générale pour un aliment particulier. Elles dépendent du produit, de l'environnement et du consommateur lui-même notamment de sa perception visuelle et en bouche. Les consommateurs n'apprécient pas tous les mêmes caractéristiques sensorielles pour un produit donné. Dans le cas de la pomme, certains consommateurs préfèrent des fruits sucrés et fermes, d'autres des variantes acides et juteuses (Daillant-Spinnler *et al.*, 1996). D'autres études montrent que l'arôme serait aussi un levier de consommation important, mais finalement peu de travaux s'y sont intéressés ou alors de manière incomplète. La limite des études citées réside dans le fait que ces essais de segmentation de consommateurs de pommes sont réalisés sur des espaces-produits assez réduits du point de vue de la diversité organoleptique. De plus, l'analyse bibliographique montre un manque de méthodes rapides et pratiques pour à la fois analyser la segmentation des consommateurs et modéliser les préférences des différents segments de consommateurs.

La problématique de la thèse portera donc sur la mise au point et l'utilisation de méthodologies et de méthodes visant à mieux identifier les principaux déterminants sensoriels des préférences des différents segments de consommateurs de pommes tout en étudiant des interactions qui peuvent apparaitre entre ces déterminants.

Ainsi, quatre questions seront abordées dans le cadre de ce travail :

1. **Comment est caractérisée la diversité sensorielle des pommes ?**
2. **Quels sont les principaux déterminants sensoriels des préférences ?**
3. **Quel est l'impact des caractéristiques des produits présentés dans une étude des préférences sur la segmentation des consommateurs et les déterminants sensoriels des préférences ?**
4. **Comment les interactions influencent les perceptions sensorielles ?**

La Figure 4 présente la démarche générale suivie.

Une contribution à l'étude des préférences des consommateurs de pommes sera la première étape de ce travail. L'hypothèse qui doit être vérifiée est qu'un sous-ensemble de produits peut être représentatif de la diversité organoleptique d'un grand ensemble de produits. Pour tester cette hypothèse, une caractérisation d'un grand nombre de variétés et une sélection d'un ensemble de produits représentatifs de la variabilité des pommes est recommandée.

Dans la seconde étape de ce travail, d'autres hypothèses de travail seront testées. Tout d'abord, en appréhendant de manière exhaustive la diversité sensorielle qui existe au sein d'un large espace sensoriel de pommes, les arômes jouent un rôle non négligeable dans les préférences des consommateurs de pommes. Ensuite, l'utilisation d'une méthode statistique pour à la fois analyser la segmentation des consommateurs et identifier des déterminants des préférences de manière simultanée, rapide et directe semble utile et serait un atout pour étudier les préférences d'un type de produits donnés. Dans le but de vérifier ces hypothèses, une large étude sur cet ensemble de produits représentatifs a été mise en place afin d'établir précisément les préférences sensorielles des consommateurs de pommes.

Les segments de consommateurs ont également été caractérisés au niveau sociodémographique et sur différents critères d'usages et attitudes comme la consommation de pommes. Pour ce faire, deux panels ont été recrutés : un premier composé de 13 juges entraînés à la dégustation de pommes et un second composé de 224 consommateurs de pommes réguliers. Dans cette étude de préférences, il a été choisi de s'affranchir de l'effet de la couleur de la peau des pommes en présentant les pommes soit avec une lumière rouge soit épluchées afin d'obtenir des résultats non biaisés. Une autre partie est consacrée à l'étude de l'impact de la couleur sur les préférences et sur les perceptions sensorielles.

Une méthode d'analyse statistique appelée Classification Around Latent Variables a été mise en avant ici. Elle vise principalement à segmenter les consommateurs, mais en prenant en compte dans le processus de classification les informations sensorielles sur les produits. Elle permet également, la modélisation des préférences et la hiérarchisation des déterminants des préférences simultanée. Cette deuxième étape visait également à apporter des informations aux acteurs de la filière sur les segments de consommateurs et leurs principaux déterminants de consommation.

Dans une étude des préférences, le choix des produits analysés est essentiel car la diversité organoleptique de ces produits conditionne les résultats. Mais d'après la bibliographie, l'impact de ce choix n'a pas encore été étudié spécifiquement. La troisième étape de ce travail consiste en l'étude de différents ensembles de produits présentant des caractéristiques sensorielles différentes dans le but de vérifier les changements au niveau des résultats, d'une part, et de les quantifier, d'autre part.

L'étude de l'impact des caractéristiques sensorielles des produits testés sur les résultats d'une étude de préférence a été appréhendée, ici, à l'aide de trois ensembles de produits réduits impliquant les mêmes consommateurs et le même nombre de variétés. Le premier ensemble est représentatif de la variabilité naturelle des pommes ; le deuxième comporte des produits pour lesquels l'acidité ne varie pas, et le dernier est composé de produits dont le niveau de croquant perçu est similaire. Les préférences sont tout d'abord analysées dans chaque ensemble de produits. Les résultats issus des trois analyses sont alors comparés avec des méthodes statistiques multidimensionnelles. Il est possible de comparer à la fois la segmentation du panel et les déterminants des préférences associés à chaque segment de chaque espace sensoriel.

Les phénomènes de perception sont complexes et l'analyse sensorielle tente d'apporter des informations pour mieux comprendre ces phénomènes. Grâce à l'utilisation de panels entraînés l'analyse sensorielle cherche à mesurer séparément les perceptions générées par les différents systèmes sensoriels. De nombreuses interactions physico-chimiques, cognitives ou physiologiques ont néanmoins lieu et influencent la réponse sensorielle. Les interactions sensorielles ont fait l'objet de nombreux travaux mais certains phénomènes n'ont pas été explorés ou sont encore mal compris.

La pomme étant un produit naturel, sa composition est difficilement contrôlable. Ainsi, l'étude d'interactions physico-chimiques parait difficile ce qui est moins le cas des interactions cognitives ou physiologiques. Dans le cadre de ces travaux, l'accent a été mis sur l'étude de certaines interactions cognitives. La couleur est très importante dans l'évaluation des aliments et particulièrement des pommes. En effet, le stimulus visuel est une des seules informations sensorielles sur le produit avant la mise en bouche du produit. Un certain nombre de travaux ont étudié la couleur mais cela n'a pas encore été publié sur une matrice alimentaire de type pomme. Il a été démontré qu'il existe des interactions cognitives entre la couleur et la perception des arômes et de certaines saveurs. Cependant, peu d'études ont considéré le lien entre couleur et texture. Dans la partie 4A, il est question de vérifier l'hypothèse que la couleur influence les perceptions des juges malgré un entrainement intensif et également les préférences des consommateurs dans le cas des pommes. Cette étude a été réalisée sur trois variétés de pommes très répandues, de trois couleurs différentes : Golden Delicious, Royal Gala et Granny Smith. Deux panels ont été utilisés : un premier panel de 13 juges entraînés pour étudier l'impact de la couleur sur la perception de huit descripteurs et un deuxième panel de consommateurs pour observer l'influence de la couleur sur les préférences.

Les interactions sensorielles sont depuis longtemps étudiées et la bibliographie fait état d'un grand nombre de travaux sur ce sujet. Néanmoins, jusqu'à présent la plupart des études ont utilisées des matrices modèles pour les appréhender posant un problème de généralisation des résultats. Il

peut être souligné également qu'il est plus difficile de contrôler la libération des arômes en bouche, très dépendante du sujet, comparativement à la libération d'une odeur, externe à l'individu. Cette libération de molécules volatiles et son contrôle impactent l'étude des interactions liées aux arômes. Utiliser une odeur représentative d'un arôme en bouche, appelée odeur « pomme en bouche » pour étudier les interactions liées à l'arôme serait une solution pour mieux contrôler la libération de molécules volatiles et étudier les interactions relatives à l'arôme plus facilement. L'hypothèse à vérifier est qu'il est possible d'observer des interactions cognitives par le biais d'une odeur représentative d'un arôme au sein de matrices complexes réelles telles que la pomme. L'étude des interactions entre l'odeur « pomme en bouche » et la saveur, la texture et l'arôme a été appréhendée à l'aide d'un dispositif expérimental innovant appelé « Mouth to Nose Merging System ». Il a impliqué l'utilisation simultanée d'un simulateur de mastication, développé par le Laboratoire de Biochimie Alimentaire Industrielle d'ONIRIS, et d'un panel entrainé. Les résultats des expérimentations sur l'impact de l'odeur « pomme en bouche » sur les autres perceptions sont développés dans l'étape 4B de ce mémoire.

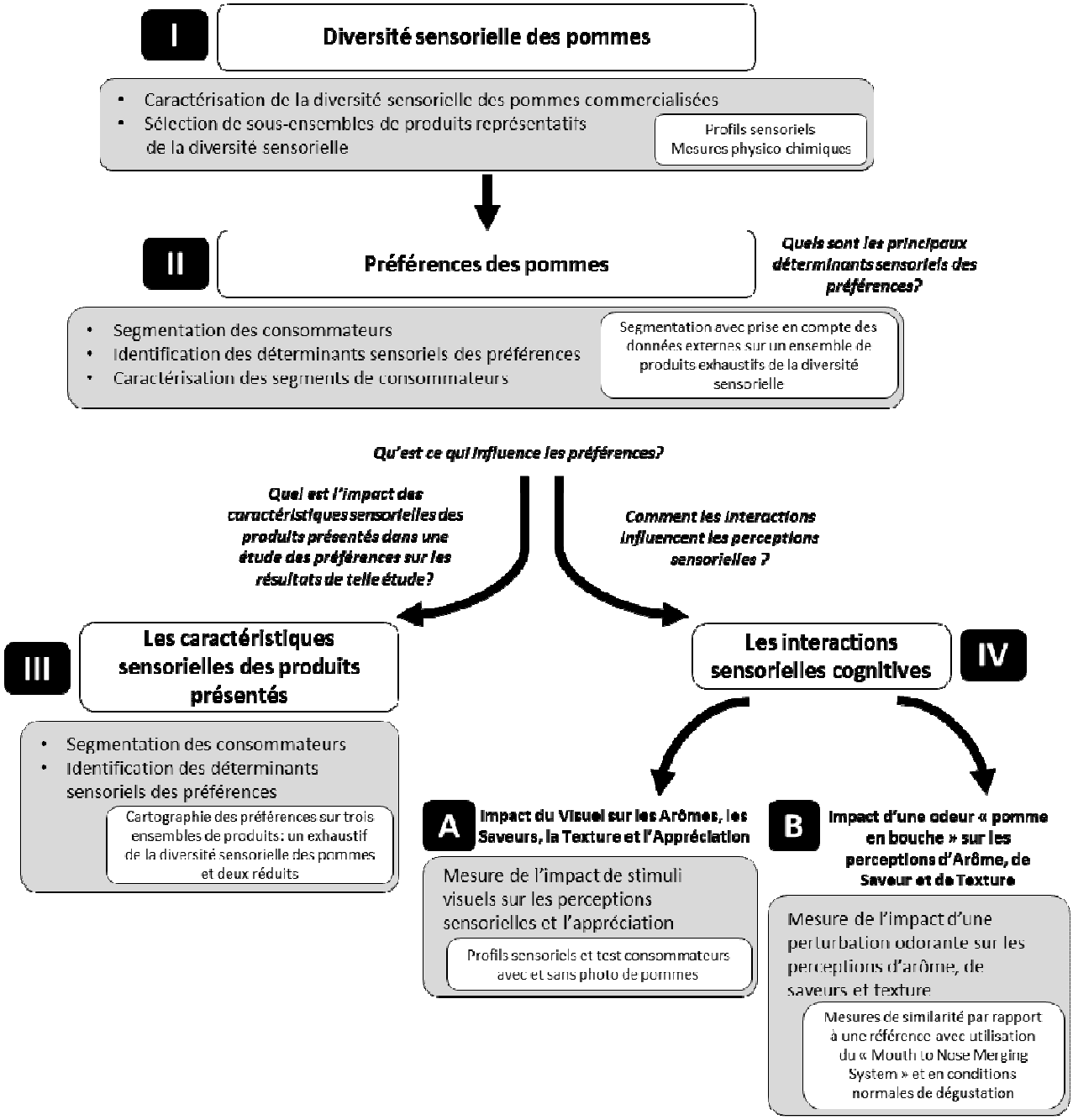


Figure 4 : Démarche générale

EXPERIMENTATIONS

Partie I CARACTERISATION DE LA DIVERSITE SENSORIELLE DES POMMES

Principaux résultats :

► Une méthode d'entrainement pour l'évaluation sensorielle d'un produit saisonnier comme la pomme est validée.

► Un vocabulaire pour la description des pommes et notamment des arômes est mis au point ainsi que les références.

► Un espace sensoriel très étendu, composé de nombreuses variétés de pommes commercialisées en France, est caractérisé par des profils sensoriels complets.

► Les corrélations entre les mesures physico-chimiques et sensorielles de la fermeté, de la jutosité, du sucré et l'acide sont calculées. Les liens entre ces deux types de mesures semblent montrer des spécificités variétales démontrant une limite des mesures physico-chimiques comme critères prédictifs de la qualité sensorielle.

► Une sélection de produits représentatifs de la diversité sensorielle des pommes est effectuée.

Le premier objectif de cette partie était de décrire la méthode d'entrainement développée pour entrainer le panel à la dégustation de pommes et notamment des notes aromatiques. Le second objectif était de caractériser la diversité sensorielle des pommes commercialisées actuellement en France. Cette caractérisation a été réalisée par des profils sensoriels avec 43 descripteurs notamment 32 aromatiques et un grand nombre de lots de pommes disponibles sur le marché. Ainsi, l' « espace sensoriel pomme » a été décrit de manière complète (odeur, texture, saveur et arôme). Des mesures physico-chimiques ont été effectuées en parallèle pour caractériser les lots, juger de la qualité des fruits et permettre une comparaison avec la bibliographie. De plus, leurs liens avec les mesures sensorielles ont été observés. Pour finir, cette partie expose une méthodologie pour sélectionner des produits de manière à ce qu'ils soient représentatifs du large espace initial. Cette méthode a permis de sélectionner les produits pour l'étude des préférences et pour l'étude de l'impact des caractéristiques sensorielles des produits présentés dans une étude de préférences.

1 Matériels et Méthodes

1.1 Les produits

48 lots de pommes ont été caractérisés (Tableau 6) pour faire un état des lieux de la diversité sensorielle des pommes et réaliser ensuite une sélection de lots pour l'étude des préférences. Les fruits ont été cueillis à maturité commerciale et ont été fournis par 11 producteurs et grossistes français (dans l'ordre d'importance de volume): la Ferme La Breto (Maine et Loire), la Ferme Les Grands Champs (Maine et Loire), Coopérative Les Vergers d'Anjou (Maine et Loire), Station expérimentale fruitière La Morinière (Indre et Loire), Sica Vieilles Souches (Deux-Sèvres), Davaudeau Ligonnière (Maine et Loire), EARL Lamisse (Maine et Loire), Coopérative Pompadour (Corrèze), Coopérative Pomanjou (Maine et Loire), Coopérative Valfruit (Haute Savoie) et Pomona (Maine et Loire). Pour chaque variété, un lot de 1500 fruits a été acheté. Les lots de fruits ont été sélectionnés selon le calibre, le plus courant pour chacune des variétés avec une variabilité commerciale. Les fruits ont été stockés en chambre froide à une température entre +1 et +2°C. Les fruits ont été sortis de la chambre froide au minimum 12h avant les tests pour permettre une mise à température ambiante. Les photos des 48 variétés sont présentées en Annexe 1.

Tableau 6 : Liste des variétés étudiées, codes, producteurs et dates de récolte

Variété	Code	Producteur	Date de récolte
Antares®	ANT	Ferme Les Grands Champs	15/10/2010
Ariane[1]	ARI	Ferme Les Grands Champs	27/09/2010
Belchard Chantecler[2]	BC	Ferme La Breto	08/10/2010
Belchard Chantecler 2[2]	BC2	Sica Vieilles Touches	NC
Belle de Boskoop	BK	Ferme La Breto	10/09/2010
Braeburn[2]	BR	Ferme La Breto	12/10/2010
Caméo	CM	Vergers d'Anjou	10/10/2010
Chailleux	CHA	EARL Lamisse	NC
Choupette/ Dalinette	CHO	Ferme La Breto	20/10/2010
Cox's Orange Pippin	COX	Pomona	19/09/2010
Crimson Cripps	CRI	Ferme Les Grands Champs	28/09/2010
Dalincot	DLC	Ferme Les Grands Champs	02/11/2010
Dalinsweet	DLS	Ferme La Breto	19/10/2010
Dalitron	DLT	Davodeau Ligonnière	22/09/2010
Delbard Jubilé®	DJU	Ferme Les Grands Champs	04/10/2010
Elstar[2]	ELS	Ferme La Breto	02/09/2010
Fuji[1]	FJ	Ferme La Breto	11/10/2010
Golden de Savoie	GSA	Coopérative ValFruits	NC
Golden Delicious[1]	GD	Vergers d'Anjou	01/10/2010
Golden du Limousin	GL	Coopérative Pompadour	NC
Goldor	GO	Ferme Les Grands Champs	13/09/2010
Goldrush	GR	Ferme La Breto	15/11/2010
Granny Smith[1]	GS	Davodeau Ligonnière	13/10/2010
Honey Crunch®	HC	Pomanjou	NC
Jazz™ [2]	JAZ	La Morinière	11/10/2010
Jonagored	JON	Ferme Les Grands Champs	10/11/2010
Juliet	JUL	Ferme Les Grands Champs	10/11/2010
Melrose	MEL	Ferme La Breto	05/10/2010
Patte de Loup	PL	Ferme La Breto	26/10/2010
Pink Lady® [2]	PIL	La Morinière	27/10/2010
Pinkgold Leratess®	PG	Sica Vieilles Touches	NC
Pinova Corail®	PIN	Ferme Les Grands Champs	23/10/2010
Red Chief[3]	RC	Vergers d'Anjou	20/09/2010
Reine des Reinettes	RR	Ferme La Breto	17/09/2010
Reinette Bénédictin	RBE	EARL Lamisse	NC
Reinette Clocharde	RCLO	Ferme Les Grands Champs	NC
Reinette Clocharde	RCLO2	Sica Vieilles Touches	NC
Reinette d'Armorique	RA	Ferme La Breto	16/11/2010

Tableau 6 (suite)

Variété	Code	Producteur	Date de récolte
Reinette de Brive	RBR	Ferme Les Grands Champs	27/10/2010
Reinette Dorée de Corrèze	RDC	Ferme Les Grands Champs	NC
Reinette Grand-Mère	RGM	Ferme La Breto	23/09/2010
Reinette grise du Canada[2]	RGC	Ferme La Breto	28/10/2010
Royal Gala[1]	RG	Ferme La Breto	27/08/2010
Rubinette	RB	Ferme La Breto	15/09/2010
Schneywell	SW	Ferme La Breto	21/09/2010
Sundowner®	SD	La Morinière	10/11/2010
Tentation®	TT	Vergers d'Anjou	14/10/2010
Topaz	TP	Ferme Les Grands Champs	12/10/2010

NC = Non Communiqué
[1] : variété avec une forte production mondiale, [2] : variété avec une forte production française, [3] : variété fortement consommée hors France d'après ORourke (2003) et l'Inventaire des vergers de Val de Loire (2006)

Vaysse *et al*. (2000) ont caractérisé sensoriellement et instrumentalement 26 variétés qu'ils décrivent comme étant les principales variétés commercialisées actuellement. Ces auteurs se sont davantage attachés à la description de la texture et des saveurs de ces variétés qu'à celles des arômes. Cependant, il est raisonnable de considérer que ces 48 lots différents de pommes, dont 22 des 26 variétés décrites par Vaysse *et al*. (2000) additionnées de variétés « nouvelles » et de variétés de « collection », couvrent la presque totalité de l' « espace pomme » au niveau sensoriel et commercial.

L'ensemble des variétés étudiées constitue un panorama sensoriel mais aussi plus global des pommes existantes. En effet, les variétés étudiées sont pour certaines très courantes et pour d'autres plus rares. Les variétés analysées peuvent être classées en trois catégories suivant leur date de création (Vaysse, communication personnelle). Dans la catégorie des anciennes variétés se trouve les variétés très connues comme Granny Smith et Golden Delicious, créées au 19^{e} siècle ainsi que la Cox's Orange Pippin. Les variétés Reinette Grise du Canada, Royal Gala, Jonagored, Fuji, Reinette Clochard et Belchard® Chantecler font également partie de cette catégorie et ont été créées dans la première moitié du 20ème siècle. Dans la catégorie « collection » se trouve les variétés Chailleux, Reinette d'Armorique et Reinette de Brive dont la date de création est inconnue. Pour finir, la catégorie variétés « nouvelles » est composée de pommes créées de 1965 à nos jours avec par exemple la Delbard Jubilé, la Pink Lady®, la Tentation®, l'Ariane et la Jazz®.

1.2 Caractérisation sensorielle

1.2.1 Le panel entrainé

Le panel était composé de 13 juges externes (10 femmes et 3 hommes, âgés entre 35 et 65 ans). Les juges ont été sélectionnés sur la base de leur acuité sensorielle leur capacité à décrire un produit et leur comportement en groupe. Leur disponibilité et leur motivation étaient aussi des critères de sélection. Ce panel était déjà familier avec les techniques d'analyse sensorielle puisqu'il a participé pendant 18 mois à un projet d'évaluation sensorielle de cidres dans le cadre du programme régional CISAVEUR.

1.2.2 Déroulement général des tests sensoriels descriptifs

Les tests sensoriels descriptifs ont été réalisés en trois phases : deux phases d'entrainement et une phase de caractérisation (Figure 5). L'entrainement, la mesure des performances et la réalisation des profils sensoriels sont détaillés dans les paragraphes suivants 1.2.3, 1.2.4 et 1.2.5.

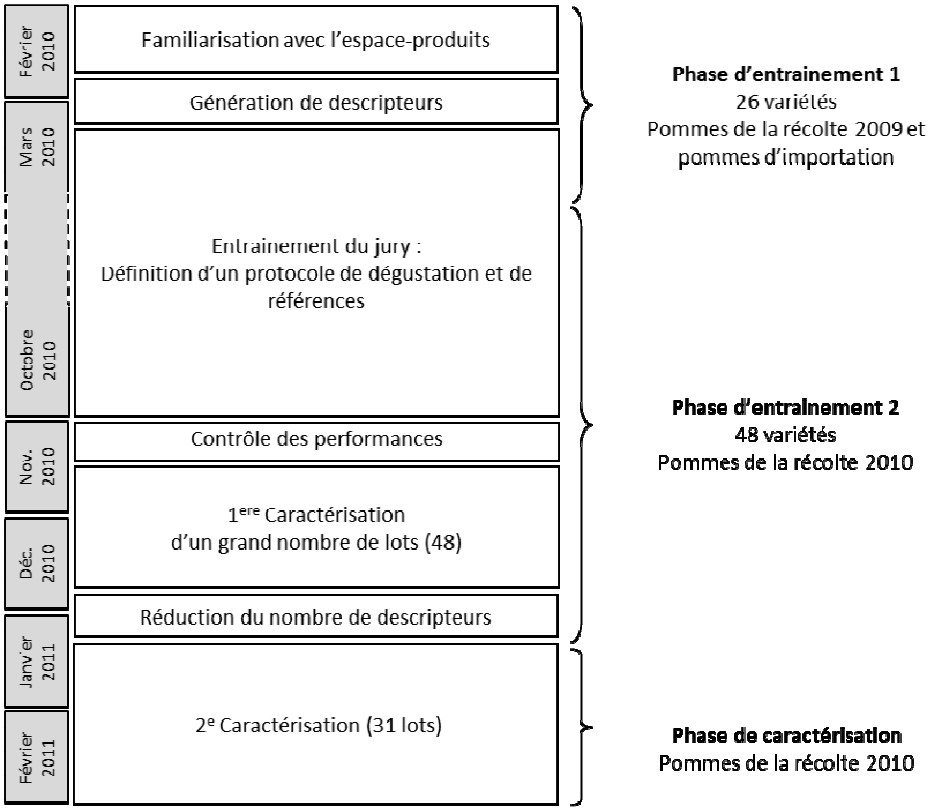


Figure 5 : Schéma du déroulement général des tests sensoriels descriptifs

1.2.3 Entrainement

La première phase s'est déroulée de février à juin 2010 sur des fruits de la récolte 2009 puis la deuxième, de septembre à fin octobre 2010 sur des fruits de la récolte 2010. Il faut noter que certaines variétés ont été récoltées en novembre. Elles n'ont pas été évaluées en entrainement sachant qu'elles étaient à un stade de maturité avancé sur la première période d'entrainement et récoltées à la fin de la seconde phase d'entrainement. Au total, les juges ont été entraînés au cours de 36 séances de 1h30 à raison de 2 séances par semaine soient 54h. L'entrainement a été fait en accord avec les normes ISO 8586-2 (2008) et 11035 (1995) tout en prenant en compte la contrainte de saisonnalité des pommes et la variabilité des fruits d'une année à l'autre.

D'après la norme 11035 (1995), une génération de descripteurs doit être effectuée sur une gamme de produits apparentés, qui lors de la dégustation, permettront au juge de percevoir l'ensemble des différences qualitatives possibles perceptibles dans le produit dont on veut réaliser le profil. Dans le cas présent, la génération de descripteurs a été réalisée au début de la phase d'entrainement 1 sur 26 variétés. La liste de descripteurs obtenue a été complétée à l'aide de la bibliographie (Tableau 5) et des données générées par des professionnels. 43 descripteurs (Texture, Saveurs et Sensation, Odeur et Arômes) ont été conservés et validés par le panel (Tableau 7).

La pomme, produit sujet à des contraintes de saisonnalité et de variabilité entre récoltes d'une année sur l'autre, impose une adaptation du protocole de profil sensoriel conventionnel (recommandé par les normes ISO) notamment au niveau de la recherche et de la sélection de descripteurs. La saisonnalité des pommes n'a pas permis d'avoir toutes les variétés au moment de l'entrainement et la variabilité de la qualité des fruits varie d'une année à l'autre. Ce sont les raisons qui ont motivé la conservation d'un grand nombre de descripteurs pour la première caractérisation. Les travaux de Le Moigne, Symoneaux & Jourjon (2008) pose la question de l'entrainement saisonnier des juges et propose d'utiliser des substituts du produit étudié – le raisin – (comme des autres petits fruits, des tomates cerises, du raisin de table) pour effectuer l'entrainement. Cependant, cette solution n'est pas choisie pour cette étude sachant que la production de pommes de l'hémisphère Sud comble les besoins, en partie, pour l'entrainement pendant la période creuse en Europe.

Un protocole de dégustation a été proposé, discuté et adapté si besoin en consensus. Différentes références odorantes pour chaque descripteur aromatique ont été présentées, modifiées si besoin et une référence par descripteur a été validée (Tableau 7). Les processus de sélection des références aromatiques puis de familiarisation ont été effectués uniquement par voie orthonasale et majoritairement sur mouillette. Une roue des arômes de pommes a été construite et mise en place

pour faciliter l'entrainement et la mémorisation des notes aromatiques (Figure 6). La construction de la roue des arômes a été faite suivant le modèle développé sur le vin (Noble *et al.*, 1987; Noble *et al.*, 1984). Les odeurs sont classées en familles suivant la nature des produits dont elles sont issues (par ex : fruits, fleurs). L'ordre des descripteurs, après discussion avec le panel, a été défini de la manière suivante: la roue commence par les descripteurs à caractère fruité (en haut à droite) puis on déroule les familles d'arômes dans le sens des aiguilles d'une montre, viennent ensuite les familles aromatiques noix, empyreumatique, floral, lacté, épicé, végétal, boisé/sous-bois, animal.

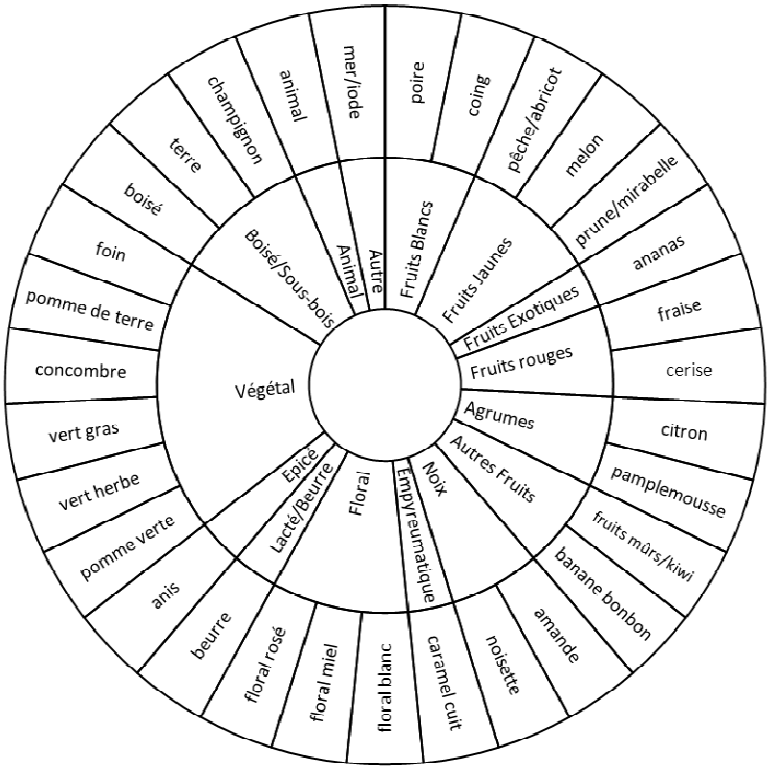


Figure 6 : Roue des arômes de pommes

1.2.4 Performances

Les performances des juges ont été mesurées tout au long de l'entrainement et de manière plus approfondie avant la caractérisation des lots. Cinq produits (Reinette Grand-Mère, Belle de Boskoop, Caméo, Schneywell, Gala, Elstar) et un produit présenté en double (Schneywell) constituant une répétition intra-séance, ont été évalués en duplicata sur deux séances à deux jours d'intervalle. Les produits étaient présentés selon un carré latin de Williams et l'ordre était identique entre les deux séances. La capacité à discriminer les pommes, la répétabilité et l'homogénéité du panel dans l'utilisation des descripteurs ont été évalués grâce à une ANOVA à trois facteurs: *Produits*, *Juge*,

Séance avec interactions. L'effet *Juge* était considéré comme aléatoire c'est-à-dire que l'effet *Produit* est testé contre l'interaction et non contre la résiduelle. La répétabilité intra-séance a été évaluée grâce à l'échantillon présenté en double au sein de chaque séance.

L'analyse de la variance est recommandée pour mesurer la fiabilité d'un panel (Lea, Rødbotten, & Næs, 1995; Næs & Solheim, 2007; Schlich, 2007). La fiabilité d'un panel consiste en deux indicateurs : l'accord entre les juges décrivant le consensus des notes d'un même produit, la discrimination du panel et la répétabilité (Bi, 2007; Pineau, 2006). La performance globale du panel de juges au niveau de la capacité à discriminer est mesurée en testant le facteur *Produit*. Les performances individuelles au niveau de la capacité à discriminer, la répétabilité, l'accord ou le désaccord entre les juges sont testées en utilisant les effets de contraste ou interaction. La performance individuelle au niveau de la manière de noter est examinée en testant le facteur *Juge* (Latreille *et al.*, 2006).

Dans cette étude, les facteurs *Produit*, *Juge* et *Séance* sont identifiés comme source de variabilité. Ainsi, pour analyser les performances du panel, le modèle d'ANOVA suivant est utilisé :
$Y = Produit + Juge + Séance + Produit*Juge + Produit*Séance + Juge*Séance + \varepsilon$.

1.2.5 Profils sensoriels

Une première caractérisation des pommes de la récolte 2010 (48 variétés) a été effectuée en suivant la méthode du profil conventionnel (ISO, 2003) avec 43 descripteurs (Tableau 7). Cette caractérisation avait plusieurs objectifs : sélectionner les descripteurs discriminants, faire un bilan de la variabilité sensorielle qui existe entre des lots de pommes de différentes variétés et sélectionner les produits pour l'étude de préférence (Partie II) et l'étude de l'impact des caractéristiques sensorielles des produits testés dans une étude des préférences (Partie III).

Les profils sensoriels ont été réalisés en lumière rouge dans des cabines sensorielles individuelles équipées d'ordinateur avec le logiciel d'acquisition de données Fizz (Biosystèmes, Couternon, France). Le choix de la lumière rouge a été fait pour s'affranchir du biais causé par la couleur. La partie IV.A. de ce mémoire est consacrée à l'étude de l'impact de la couleur sur les perceptions en bouche. L'intensité des descripteurs a été évaluée sur une échelle non structurée de 10 cm de 0 *descripteur non perçu* à 10 *extrêmement intense*. Les produits ont été présentés de manière monadique et selon un carré latin de Williams. Sept produits ont été évalués par séance. Cette caractérisation a été effectuée sur 4 semaines à raison de deux séances par semaine par 13 juges sans répétition, sachant le nombre important de produits et de descripteurs.

Les pommes ont été préparées avec un coupe-pomme : le fruit était coupé en huit morceaux égaux et le trognon était retiré. Cinq huitième de pommes ont été servis par produit : un huitième pour évaluer l'odeur globale, deux pour la texture et les saveurs et les deux restants pour les arômes. Pour des raisons pratiques les pommes étaient préparées non pelées. Cependant, les juges avaient pour consigne de croquer l'intérieur du morceau de pomme non épluchée ; la peau des pommes n'a donc pas été évaluée. Pour se rincer la bouche entre les échantillons, les juges disposaient d'un verre d'eau et de crackers salés.

Tableau 7: Descripteurs sensoriels utilisés par le panel sensoriel de l'ESA pour analyser les pommes

Descripteurs	Définition	Protocole	Eval. dans le temps	Borne inférieure	Borne supérieure
ODEURS INTERNES					
Intensité odorante globale*	Intensité odorante globale du quartier de pomme perçue par la voie orthonasale (directe)	*Prenez le morceau de pomme, coupez le en deux, sentez-le puis évaluez l'intensité de l'odeur*	*Avant la mise en bouche*	0 = absence d'odeur	10 = extrêmement odorant
TEXTURE					
*Croquant**	Bruit provoqué par l'enfoncement des incisives dans la chair et par le détachement du morceau de pomme lorsqu'on le mord	*Enfoncez les incisives dans le quartier de pomme pour détacher un morceau et évaluez le bruit émis*	*Prise en bouche du morceau de pomme*	0 = pas	10 = extrêmement
*Ferme**	Résistance de la chair à la pression des molaires lors de la première mastication	*Écrasez le morceau de pomme entre les molaires et évaluez la force nécessaire pour enfoncer les molaires*	*1ère mastication*	0 = pas	10 = extrêmement
*Juteux**	Quantité de jus libéré en bouche	*Mastiquez le morceau de pomme 4 à 5 fois, sans avaler, puis évaluez la quantité de jus en bouche en aspirant le jus*	*Après 4-5 mastications*	0 = pas	10 = extrêmement
*Crissant**	Bruit provoqué par le broyage de la pomme entre les dents	*Évaluez le bruit émis par le frottement de la pomme sur les dents pendant 3 à 4 mastications du morceau de pomme*	*Pendant 3-4 mastications*	0 = pas	10 = extrêmement
*Fondant**	Capacité des morceaux de pommes à se dissoudre plus ou moins rapidement dans la bouche sous	*Mastiquez le morceau de pommes 4 à 5 fois, puis évaluez la consistance de la "pâte" obtenue*	*Après 4-5 mastication)*	0 = pas	10 = extrêmement
*Farineux**	Sensation de farine et d'assèchement dans la bouche	*Mastiquez la pomme et avalez-la, puis évaluez la sensation de farine*	*Après déglutition*	0 = pas	10 = extrêmement
SAVEURS et SENSATION					
Sucré*	Intensité de la saveur sucrée perçue en bouche		*Pendant la mastication*	Faible: 68g.L^{-1} de saccharose & 1,3g.L^{-1} d'acide malique	Fort: 140g.L^{-1} de saccharose & 1,3g.L^{-1} d'acide malique
Acide*	Intensité de la saveur acide perçue en bouche		*Pendant la mastication*	Faible: 1,3g.L^{-1} d'acide malique & 68g.L^{-1} de saccharose	Fort: 8,0g.L^{-1} d'acide malique & 68g.L^{-1} de saccharose
Amer	Intensité de la saveur amère perçue en bouche		*Pendant la mastication*	Absence : eau	Fort : 0,8g.L^{-1} de caféine
Astringence*	Intensité de la sensation d'astringence perçue en bouche (contraction des muqueuses buccales)		*Après déglutition*	Absence : eau	Fort : 1,9g.L^{-1} d'alun de potassium

Descripteurs	Définition	Evaluation dans le temps	Borne inférieure	Borne supérieure	Références
AROMES					
Intensité aromatique globale*	Intensité rétronasale globale	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	
Amande*	Intensité aromatique de la note "Amande"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	benzaldéhyde 1% dans éthanol (ISIPCA)
Ananas*	Intensité aromatique de la note "Ananas"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	solution Symrise (ref. 221 045)
Animal	Intensité aromatique de la note "Animal"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	scatol 0,1% dans éthanol (ISIPCA)
Anis*	Intensité aromatique de la note "Anis"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	trans-anethol 1% dans éthanol (Sigma Aldrich)
Banane-Bonbon*	Intensité aromatique de la note "Banane-Bonbon"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	acetate d'isoamyl 1% dans éthanol (ISIPCA)
Beurre	Intensité aromatique de la note "Beurre"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	acétoïne 1% dans éthanol (ISIPCA)
Boisé*	Intensité aromatique de la note "Boisé"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	essence de cèdre 10% dans éthanol (ISIPCA)
Caramel-Cuit*	Intensité aromatique de la note "Caramel-Sucre Cuit"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	ethyl maltol 1% dans éthanol (Sigma Aldrich)
Cerise°	Intensité aromatique de la note "Cerise"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	sirop de cerise (Teisseire)
Champignon Frais*	Intensité aromatique de la note "Champignon Frais"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	1-octene-3-ol 1% dans éthanol (ACROS Organics)
Citron*	Intensité aromatique de la note "Citron"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	citral 1% dans éthanol (Acros Organics)
Coing°*	Intensité aromatique de la note "Coing"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	gelée de coing (Bonne Maman)
Concombre	Intensité aromatique de la note "Concombre"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	trans-2-cis-6-nonadienal 1% dans éthanol (ISIPCA)
Floral-Blanc*	Intensité aromatique de la note "Floral-Blanc"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	ylang ylang 5% dans éthanol (ISIPCA)
Floral-Miel*	Intensité aromatique de la note "Floral-Miel"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	phényl ethyl acetate 1% dans éthanol (Sigma Aldrich)
Floral-Rosé*	Intensité aromatique de la note "Floral-Rosé"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	rose turque essence 5% dans éthanol (ISIPCA)
Foin*	Intensité aromatique de la note "Foin"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	essence de foin 10% dans éthanol (ISIPCA)
Fraise	Intensité aromatique de la note "Fraise"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	ethyl-2-méthyl butyrate 0,1% dans éthanol (Acros Organics)
Fruits Mûrs-Kiwi*	Intensité aromatique de la note "Fruits Mûrs-Kiwi"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	ethyl butyrate 1% dans éthanol (ISIPCA)
Melon°*	Intensité aromatique de la note "Melon"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	sirop de melon (Giffard)
Mer-Iode	Intensité aromatique de la note "Mer-Iode"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	calone 1% dans éthanol (Symrise)
Noisette	Intensité aromatique de la note "Noisette"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	solution Symrise (ref. 221 102)
Pamplemousse	Intensité aromatique de la note "Pamplemousse"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	solution Giffard (ref. non disponible)
Pêche-Abricot°	Intensité aromatique de la note "Pêche-Abricot"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	sirop de pêche/abricot (Moulin de Valdonne)
Poire*	Intensité aromatique de la note "Poire"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	acetate d'hexyle 1% dans éthanol (Acros Organics)
Pomme De Terre*	Intensité aromatique de la note "Pomme De Terre"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	methional 0,1% dans éthanol (ISIPCA)
Pomme Verte*	Intensité aromatique de la note "Pomme Verte"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	solution Giffard (ref. non disponible)
Prune-Mirabelle°	Intensité aromatique de la note "Prune-Mirabelle"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	sirop de mirabelle (Monin)
Terre*	Intensité aromatique de la note "Terre"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	isoborneol 10% dans éthanol (ISIPCA)
Vert-Gras*	Intensité aromatique de la note "Vert-Gras"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	trans-2-hexenal 1% dans éthanol (Acros Organics)
Vert-Herbe*	Intensité aromatique de la note "Vert-Herbe"	*Pendant la mastication*	0 = absence d'arome	10 = extrêmement aromatique	cis-3-hexenol 1% dans éthanol (Acros Organics)

° références présentées en flacons bruns. * descripteurs retenus après la réduction de la liste

1.3 Caractérisation physico-chimique

La mesure de la fermeté par pénétrométrie, du taux de sucre et d'acide malique ainsi que la mesure de jutosité sont couramment réalisées par les professionnels de la filière. Ces mesures ont été effectuées à l'aide de l'automate Pimprenelle à la station expérimentale La Morinière (Saint Epain, Indre et Loire) sur un échantillon de 20 fruits par lot, nombre minimum nécessaire pour s'affranchir de l'hétérogénéité du lot (Vaysse, Masseron, *et al*., 2000). Ces mesures permettent d'avoir des indications sur la qualité gustative globale des lots en comparaison avec les mesures standards de chaque variété (Vaysse, Hilaire, Trillot, Scandella, & Bergougnoux, 2000).

1.3.1 Pénétrométrie

La principale composante de la texture est la fermeté, critère important pour déterminer la date de cueillette et suivre l'évolution du produit dans la filière. Elle correspond à la force de pénétration d'un embout calibré dans la chair du produit (dont l'épiderme a été, au préalable, retiré) (Vaysse, Masseron, *et al*., 2000).

Les mesures de pénétrométrie ont été réalisées sur pomme entière non épluchées à l'aide d'un pénétromètre électronique avec un embout de 1cm^2 de surface. Le système denté placé sur l'embout permet la découpe de l'épiderme. La force de déplacement (Ff) à 7mm, force obtenue pour un déplacement de 7 mm dans la chair, est alors mesurée. La fermeté s'exprime en Newton (N) ou en kg/cm^2. Dans le cas de Pimprenelle, elle est exprimée en kg/cm^2 (Vaysse & Landry, 2004).

1.3.2 Teneur en sucres

La teneur en sucres est un critère majeur de l'évaluation de la qualité de la pomme. Sa mesure est donc déterminante. La teneur en sucres s'exprime par la mesure de la matière sèche soluble, en utilisant la propriété optique d'un jus à dévier la lumière, la réfractométrie (Vaysse, Masseron, *et al*., 2000).

Chaque fruit est écrasé individuellement et la teneur en sucres solubles, également appelée Indice Réfractométrique, est mesurée sur le jus extrait par un réfractomètre électronique (° Brix) (Vaysse & Landry, 2004).

1.3.3 Taux d'acidité

L'acide organique dominant des pommes est l'acide malique. L'acidité est exprimée classiquement en g d'acide malique par litre de jus. En pratique, on neutralise les acides du jus de l'échantillon par une solution de soude décinormale (N/10) au pH 8,1. Plus ce jus est acide et plus la quantité de soude nécessaire sera importante pour les neutraliser. Le volume de soude utilisé

permet de connaitre, la valeur de la mesure d'acidité à l'aide de la formule suivante : Acide malique ($g.L^{-1}$) = quantité de soude 10^{-3} L x 0,67

Une masse de jus est prélevée dans la totalité du jus des 20 pommes pour mesurer l'acidité totale qui est ensuite exprimée en $g.L^{-1}$ d'acide malique (Vaysse & Landry, 2004).

1.3.4 Jutosité

La mesure de la jutosité est une mesure globale sur un lot de 20 fruits. Chaque fruit est pressé individuellement. Le jus de tous les fruits est stocké, pesé et comparé à la somme des poids individuels des fruits. La jutosité est le rapport jus/poids et est exprimée en %.

1.4 Traitement des données

Sur les résultats des caractérisations des tests d'ANOVA et de Kruskal et Wallis ont été effectués pour observer les différents niveaux de discrimination des descripteurs. Le test de Kruskal Wallis est un test d'analyse de la variance non-paramétrique. Il est utilisé dans les cas où les données ne suivent pas une distribution normale ce qui était le cas des descripteurs aromatiques. L'ANOVA étant un test suffisamment robuste, elle est néanmoins utilisée pour analyser les données de profil. Ces deux tests sont utilisés pour le tri des descripteurs.

En complément, un tri de pertinence a été réalisé en utilisant la moyenne géométrique ($M = (F \times I)^{½}$; F : la fréquence de citation et I : l'intensité de notation). Ce calcul permet de prendre en compte de la même façon les descripteurs peu cités mais dont l'importance est grande par l'intensité perçue et les descripteurs dont l'intensité perçue est faible, mais qui sont souvent cités. Le tri de pertinence est recommandé par la norme ISO 11035 pour réduire le nombre de descripteurs. Pour les calculs de fréquence de citation et d'intensité relative seules les notes supérieures à 0,5 sont prises en compte.

Une Analyse en Composantes Principales sur les notes moyennes est appliquée pour visualiser les corrélations entre descripteurs (ISO, 1995) afin de compléter le tri des descripteurs.

Pour caractériser l'espace sensoriel, une ANOVA à deux facteurs à effet fixe (*Produit* et *Juge*) sur les données brutes et une ACP sur les données moyennes, préalablement centrées par juge, ont été réalisées.

Les corrélations entre les variables physico-chimiques et sensorielles ont été observées pour analyser leurs relations.

La sélection des produits pour l'étude de préférence parmi les 48 caractérisés a été réalisée par la méthode du « Tandem Analysis » (Arabie & Hubert, 1994). Cette méthode est une analyse en deux phases : tout d'abord une ACP sur la matrice Produits x Descripteurs sensoriels (sélectionnés précédemment), puis une CAH (critère de Ward, métrique euclidienne) sur les coordonnées des produits sur les premières composantes principales retenues. Les résultats sont obtenus sous forme d'un dendrogramme qui est coupé généralement au moment où la variation d'inertie intra-groupe devient sensible. La partition retenue a ensuite été consolidée avec un algorithme de type k-means. L'algorithme k-means est un algorithme de partitionnement de données c'est-à-dire qu'il gère la répartition des observations en groupes de sorte à ce que chaque observation soit affectée dans le groupe avec la moyenne la plus proche. Les groupes de produits obtenus ont alors été décrits avec les descripteurs initiaux (listés dans le Tableau 7).

Les différents traitements ont été effectués avec les logiciels R Version 2.13.0 et Statgraphics Centurion XVI Version 16.1.02.

2 Résultats

2.1 Validation de la méthode d'entrainement du panel

Les résultats des profils des 6 lots de pommes avec 43 descripteurs réalisés en duplicata sur deux séances par 12 juges permettent de valider la méthode d'entrainement. Sur ces données, une ANOVA à trois facteurs (*Produit*, *Juge*, *Séance*) avec interactions est effectuée. Les résultats issus de l'ANOVA sont présentés dans le Tableau 8 dans l'ordre d'évaluation des descripteurs. Au niveau du panel, le facteur *Produit* est significatif, au seuil α=5%, pour 16 descripteurs sur 43, tous les descripteurs de texture et de saveurs/sensation ainsi que l'*Intensité Aromatique Globale* et les descripteurs aromatiques *Banane-Bonbon*, *Boisé*, *Citron*, *Poire*. Ceci montre que le panel est capable de faire des différences entre produits sur un grand nombre de descripteurs. Le pouvoir discriminant du panel est plutôt satisfaisant sachant que la mesure de performance est effectuée uniquement sur 5 variétés différentes et de fait, les notes aromatiques ne sont pas toutes représentées.

Tableau 8 : Probabilités (p-values) issues de l'ANOVA à trois facteurs (*Produit*, *Juge*, *Séance*) avec interactions sur les données de profils de 6 lots par le panel entraîné

p-values	Produit	Juge	Séance	Produit*Juge	Produit*Séance	Juge*Séance
Int.Odo.Gl.	0,230	**0,012***	0,490	0,650	0,190	0,170
Croquant	**0,000*****	**0,000*****	0,740	**0,027***	0,058	**0,006****
Ferme	**0,000*****	**0,000*****	0,430	0,150	0,720	0,059
Juteux	**0,000*****	**0,000*****	0,320	**0,000*****	0,760	**0,023***
Crissant	**0,000*****	**0,000*****	0,740	0,210	0,360	**0,002****
Fondant	**0,000*****	**0,000*****	0,510	**0,045***	0,560	**0,028***
Farineux	**0,000*****	**0,000*****	0,058	0,260	0,630	0,360
Sucré	**0,021***	**0,000*****	0,980	0,690	**0,000*****	0,150
Acide	**0,000*****	**0,001****	0,420	0,400	0,470	0,580
Amer	**0,001****	**0,002****	0,480	**0,035***	0,970	0,980
Astringent	**0,000*****	**0,000*****	**0,038***	0,068	0,870	0,960
Int.Arom.Gl.	**0,004****	**0,000*****	0,690	**0,000*****	0,390	**0,005****
Amande	0,870	0,490	0,190	0,120	0,120	0,460
Ananas	**0,033***	0,470	0,760	0,650	0,950	0,940
Animal	0,310	0,052	0,088	**0,018***	0,088	0,250
Anis	0,650	**0,021***	0,290	0,690	0,650	0,690
Banane-Bonbon	**0,012***	0,680	0,400	0,410	0,800	0,740
Beurre	0,210	**0,014***	0,310	**0,000*****	0,210	0,550
Boisé	**0,030***	**0,002****	0,330	0,650	0,740	0,290
Caramel-Cuit	0,890	**0,001****	0,890	0,410	0,350	**0,028***
Cerise	0,270	**0,040***	0,460	0,730	0,110	0,590
Champignon Frais	0,300	0,086	0,230	1,000	0,610	1,000
Citron	**0,000*****	**0,000*****	0,130	**0,000*****	0,440	**0,001****
Coing	0,470	**0,010***	0,400	0,730	0,930	0,890
Concombre	0,150	**0,009****	0,150	**0,000*****	0,170	0,490
Floral-Blanc	0,087	**0,000*****	**0,049***	0,910	0,950	0,760
Floral-Miel	0,078	0,180	0,058	0,930	0,760	1,000
Floral-Rosé	0,190	0,170	0,690	0,840	0,960	0,740
Foin	0,120	**0,023***	0,420	**0,002****	0,430	0,560
Fraise	0,420	0,220	0,089	0,260	0,590	0,850
Fruits Mûrs	0,290	**0,007****	0,580	0,680	0,340	0,960
Melon	0,110	0,130	0,210	0,850	0,110	1,000
Mer-Iode	0,120	**0,014***	0,250	**0,002****	0,920	0,590
Noisette	0,220	0,250	0,480	0,210	0,250	0,640
Pamplemousse	0,140	**0,016***	0,910	0,740	0,820	0,490
Pêche-Abricot	0,390	0,840	0,082	0,960	0,460	0,730
Poire	**0,003****	**0,005****	0,870	0,960	0,085	0,890
Pomme De Terre	0,230	**0,044***	0,190	0,190	**0,031***	0,990
Pomme-verte	0,320	**0,011***	0,320	0,490	0,058	0,340
Prune-Mirabelle	0,910	0,056	0,300	0,220	0,430	0,950
Terre	0,240	**0,002****	0,210	**0,000*****	**0,044***	0,440
Vert.Gras	0,470	0,052	0,260	0,610	0,450	0,080
Vert.Herbe	0,340	0,100	**0,018***	0,078	0,160	0,090

Les astérisques indiquent différents niveaux de significativité:
* $p < 0.05$
** $p < 0.01$
*** $p < 0.001$

Le facteur *Juge* est significatif pour la majorité des descripteurs, 29 sur 43, ce qui montre une certaine hétérogénéité au sein du panel au niveau de l'utilisation de l'échelle (niveau de notation). Cependant, sur les 16 descripteurs discriminants pour le facteur *Produit*, seulement 6 descripteurs (*Croquant*, *Juteux*, *Fondant*, *Amer*, *Intensité Aromatique Globale* et *Citron*) présentent une interaction *Produit*Juge* significative. Le panel est donc relativement homogène. Après l'analyse des graphiques d'interaction *Produit*Juge*, cet effet semble plus être dû à des désaccords entre les juges qu'à des différences de dispersion des notes des juges. Cela est illustré pour le descripteur *Croquant* par exemple dans la Figure 7. A cet effet *Juge* peut s'ajouter une autre source de variabilité due aux fruits d'un même lot (Bavay, 2013; Hampson *et al.*, 2000; Williams & Knee, 1977). En effet, chaque juge a dégusté un fruit différent dont la texture, les saveurs et les arômes peuvent varier d'un fruit à l'autre.

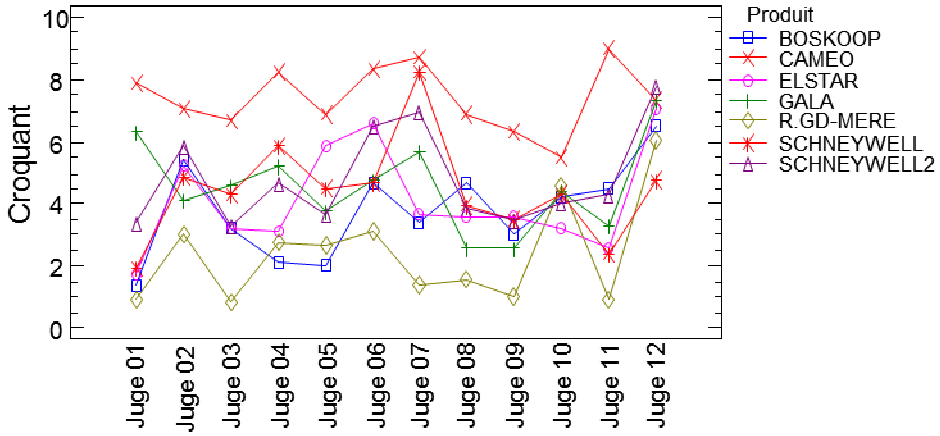


Figure 7 : Interactions entre les facteurs *Produit* et *Juge* pour le descripteur *Croquant*

Au niveau de l'interaction *Produit*Séance*, seulement trois descripteurs (*Sucré*, *Pomme de terre*, *Terre*) montrent un niveau significatif au risque de α=5%. Cela souligne que les produits sont globalement évalués de la même manière d'une séance à l'autre. Cependant, la saveur sucrée est difficile à évaluer pour les juges car cette évaluation passe indirectement par l'évaluation de la saveur acide qui interagit et peut moduler la perception du sucré. Il faut noter que la variété de pomme Boskoop a une forte note aromatique *Terre* et la Reinette Grand-Mère une note aromatique *Pomme de Terre* mais ces deux notes aromatiques ne sont pas dominantes globalement dans les pommes. La Figure 8 montre un exemple de descripteur évalué différemment sur les deux séances (*Sucré*) et un descripteur évalué de manière similaire (*Juteux)*. Par ailleurs, les juges apparaissent comme étant assez répétables en ce qui concerne leur niveau moyen de notation d'une séance à l'autre de manière satisfaisante. En effet, l'interaction *Juge*Séance* n'est significative que pour sept descripteurs (*Croquant*, *Juteux*, *Crissant*, *Fondant*, *Intensité Aromatique Globale*, *Caramel-Cuit*,

Citron) sur 43. De plus, on peut vérifier qu'il n'y a pas de différence significative au niveau du facteur *Produit* entre les deux produits répétés pour les descripteurs discriminants. La répétabilité des juges au sein d'une séance semble ainsi être satisfaisante.

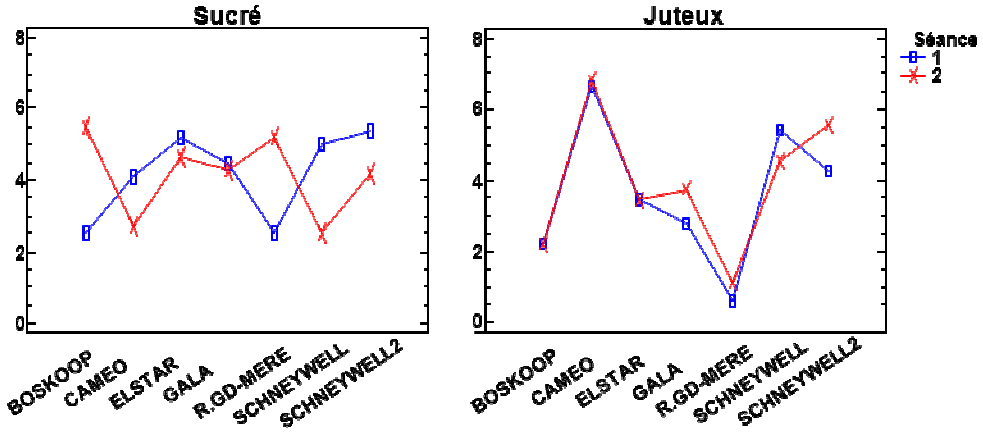


Figure 8 : Interactions entre les facteurs *Produit* et *Séance* pour les descripteurs *Sucré* et *Juteux*

Les différences de notation entre les juges peuvent être dues à plusieurs éléments par exemple des différences dans l'utilisation de l'échelle, l'hétérogénéité des produits ou encore des facteurs physiologiques (détection) et psychologiques (état de fatigue, stress, concentration, lassitude) (Meilgaard *et al*., 1991). Les différences de notation entre les juges sont courantes même pour les panels très entraînés notamment à cause des différences de sensibilité qui existent entre les êtres humains pour certains attributs (Boireau, 2001; Cardinal, Cornet, Qannari, & Qannari, 1994; Meilgaard *et al*., 1991).

Pour conclure, le panel est jugé globalement performant ayant montré sa capacité à discriminer les lots, une bonne répétabilité et homogénéité. Ceci permet de valider la méthode utilisée pour entrainer les juges. Ces performances sont le gage d'une certaine qualité des résultats qui seront générés *a posteriori* par ce panel.

2.2 Caractérisation sensorielle d'un grand nombre de produits

L'analyse de variance est réalisée avec deux facteurs (*Produit*, *Juge*) pour observer le pouvoir discriminant des descripteurs. Dans la Figure 9 sont présentées les p-values pour le facteur *Produit*. Tous les descripteurs de texture (*Croquant*, *Ferme*, *Crissant*, *Fondant*, *Juteux*, *Farineux*), de saveur (*Sucré*, *Acide*, *Astringent*), d'intensité odorante et aromatique globale sont discriminants au risque α de 5%. Ils sont donc pertinents pour différencier les lots étudiés. Ces descripteurs seront conservés pour l'étude de préférences à l'exception du descripteur *Amer*. Malgré le fait qu'il soit discriminant, il n'est utilisé pour décrire qu'un petit nombre de pommes et avec une intensité relative faible (3,40%).

L'intensité relative est le rapport de la somme des intensités données par l'ensemble du jury pour un descripteur à la somme des intensités maximales pour le descripteur. Les profils des 48 variétés ainsi que les moyennes et les écart-types des descripteurs par variété sont présentés dans les Annexes 2 et 3.

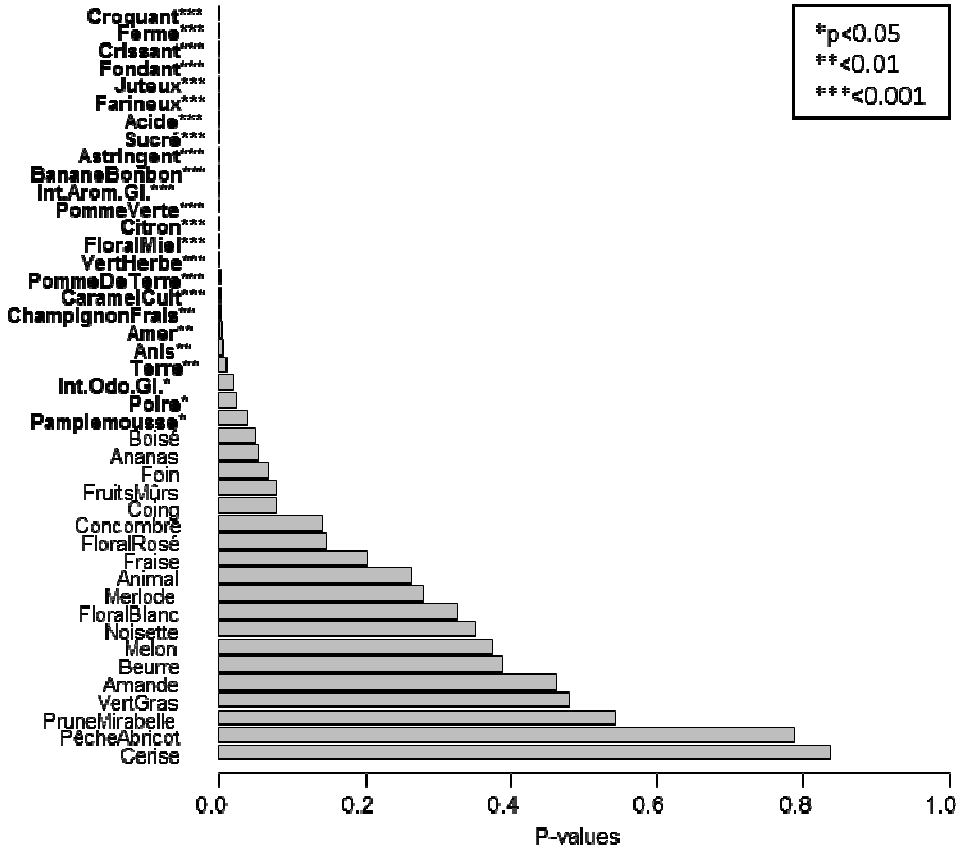


Figure 9 : Probabilités issues du test d'ANOVA associées au facteur *Produit* de chaque descripteur sur les données de profils des 48 produits avec 43 descripteurs.

Concernant les arômes, les résultats des différents tests sont récapitulés dans le Tableau 9. Seuls 12 descripteurs apparaissent comme discriminants au test de l'ANOVA au risque α de 5% sur les 31 évalués. Sur les 12 descripteurs, deux sont fortement corrélés : *Citron* et *Pamplemousse*. Ce dernier n'est donc pas pris en compte dans la poursuite de l'étude. A ces descripteurs les plus significatifs sont ajoutés les descripteurs caractéristiques de certaines variétés notamment *Amande*, *Ananas*, *Boisé*, *Coing*, *Floral-Blanc*, *Floral-Rosé*, *Foin* et *Fruits Mûrs*. Au final, une liste de 19 descripteurs aromatiques (en gras dans le Tableau 9) est retenue pour effectuer la sélection des produits pour l'étude de préférences. Cette liste est composée des descripteurs : *Banane-Bonbon*, *Pomme Verte*, *Citron*, *Floral-Miel*, *Vert-Herbe*, *Pomme de Terre*, *Caramel-Cuit*, *Champignon Frais*, Anis, *Terre*, *Poire*, *Amande*, *Ananas*, *Boisé*, *Coing*, *Floral-Blanc*, *Floral-Rosé*, *Foin* et *Fruits Mûrs*.

Considérant l'ensemble des critères sensoriels, 30 descripteurs sont conservés pour la seconde caractérisation sur 31 lots.

Tableau 9 : Intensité relative, Fréquence de citation, Moyenne géométrique, tests d'ANOVA et de Kruskal Wallis des descripteurs aromatiques

	Intensité	Fréquence	Moyenne géométrique	p-value ANOVA	p-value Kruskal Wallis
Banane-Bonbon	**10,70%**	**27,20%**	**0,17**	**0,000*** **	**0,000*** **
Pomme Verte	**5,70%**	**13,50%**	**0,09**	**0,000*** **	**0,029***
Citron	**7,40%**	**25,20%**	**0,14**	**0,000*** **	**0,000*** **
Floral-Miel	**6,90%**	**16,00%**	**0,1**	**0,000*** **	**0,018***
Vert-Herbe	**5,50%**	**13,10%**	**0,09**	**0,000*** **	0,080
Pomme De Terre	1,90%	**5,40%**	0,03	**0,000*** **	0,946
Caramel-Cuit	3,70%	**9,00%**	**0,06**	**0,001****	0,596
Champignon Frais	1,30%	2,90%	0,02	**0,002****	1,000
Anis	1,30%	3,20%	0,02	**0,004****	0,710
Terre	1,50%	3,40%	0,02	**0,009****	0,983
Poire	**6,00%**	**13,00%**	**0,09**	**0,023***	0,713
Pamplemousse	4,40%	**14,30%**	**0,08**	**0,037***	0,405
Boisé	3,30%	**10,60%**	**0,06**	**0,051°**	0,652
Ananas	4,50%	**13,10%**	**0,08**	**0,054°**	0,856
Foin	1,90%	**5,10%**	0,03	**0,065°**	0,981
Fruits Mûrs	3,90%	**9,50%**	**0,06**	**0,078°**	0,889
Coing	3,80%	**8,50%**	**0,06**	**0,079°**	0,827
Concombre	1,20%	2,60%	0,02	**0,141°**	1,000
Floral-Rosé	4,00%	**9,00%**	**0,06**	**0,147°**	0,999
Fraise	2,00%	4,80%	0,03	0,200	0,939
Animal	1,20%	2,10%	0,02	0,263	1,000
Mer-Iode	1,50%	3,50%	0,02	0,279	1,000
Floral-Blanc	**7,00%**	**17,80%**	**0,11**	0,325	0,958
Noisette	1,00%	1,60%	0,01	0,351	0,999
Melon	2,00%	4,60%	0,03	0,373	0,874
Beurre	3,00%	**9,90%**	**0,05**	0,387	0,856
Amande	1,90%	**6,30%**	0,03	0,460	0,978
Vert-Gras	2,10%	4,30%	0,03	0,479	0,992
Prune-Mirabelle	1,20%	2,20%	0,02	0,544	1,000
Pêche-Abricot	1,00%	1,40%	0,01	0,787	0,999
Cerise	2,90%	**6,30%**	0,04	0,837	0,997

A l'observation des données issues des profils avec 30 descripteurs, plusieurs remarques peuvent être faites. Les descripteurs de texture, de saveurs – exception faite de l'astringent – et d'intensité odorante et aromatique ont des moyennes plus élevées que la majorité des descripteurs aromatiques (Tableau 10). Les notes moyennes des descripteurs décrivant la texture des fruits sont comprises entre 3 et 4,5 sur une échelle d'intensité de 10 points. Le *Farineux* a cependant une moyenne plus faible 1,29. Les descripteurs de saveurs ont des moyennes entre 2 et 4. L'*Astringent* a une moyenne plus faible de 0,87. Les moyennes d'intensité aromatique et odorante sont supérieures à 4. Les moyennes des notes aromatiques sont toutes inférieures à 1 à l'exception du descripteur *Banane-Bonbon*. Les écart-types des notes des différents descripteurs sont compris entre 2,68 et

0,61, à noter que la dispersion des notes illustrée par l'écart-type est plus forte, à nouveau, pour les descripteurs de texture, de saveurs et d'intensité odorante et aromatique. L'étendue reflète également la dispersion des notes et il peut être observé que pour tous les descripteurs plus de 70% de l'échelle est utilisée. En effet, l'étendue est toujours supérieure à 7.

Tableau 10 : Moyennes, écart-types et étendues des notes de profils des 30 descripteurs conservés

	Moyenne	Ecart-type	Etendue
Int.Odo.Gl.	4,10	2,18	9,20
Croquant	4,65	2,60	9,90
Ferme	4,19	2,68	9,80
Juteux	4,13	2,45	9,90
Farineux	1,29	1,89	9,80
Crissant	3,31	2,56	9,60
Fondant	3,21	2,62	9,60
Sucré	3,97	2,12	9,40
Acide	2,26	2,08	9,30
Astringent	0,87	1,47	8,20
Int.Aroma.Gl.	4,49	2,02	9,70
Amande	0,21	0,81	7,30
Ananas	0,47	1,30	7,20
Anis	0,14	0,64	6,60
Banane-Bonbon	1,10	2,02	10,00
Beurre	0,31	0,96	6,00
Boisé	0,34	1,08	8,10
Caramel-Cuit	0,36	1,19	7,30
Champignon-Frais	0,13	0,61	5,90
Citron	0,75	1,54	8,20
Coing	0,38	1,29	9,10
Floral-Blanc	0,68	1,58	8,90
Floral-Miel	0,69	1,64	7,50
Floral-Rosé	0,39	1,29	8,20
Foin	0,18	0,73	7,20
FruitsMûrs	0,38	1,22	7,50
Poire	0,58	1,58	7,50
PommeDeTerre	0,20	0,78	6,80
PommeVerte	0,56	1,54	8,10
Terre	0,16	0,73	6,70
Vert-Herbe	0,54	1,49	8,50

Ces différences de discrimination et de notation entre descripteurs d'arôme et les descripteurs de texture et saveur ont déjà été observées dans la littérature notamment par Paçi Kora *et al*. (2003). Saint-Eve *et al*. (2011) émettent l'hypothèse que les descripteurs de texture et de saveur sont d'une part plus dominant et d'autre part plus faciles à utiliser et à choisir comme descripteur dominant par les panélistes pour décrire les produits que les descripteurs d'arôme dans le cas d'une méthode d'évaluation dynamique (TDS). Cependant cette hypothèse pourrait aussi s'appliquer à une méthode non dynamique comme le profil conventionnel.

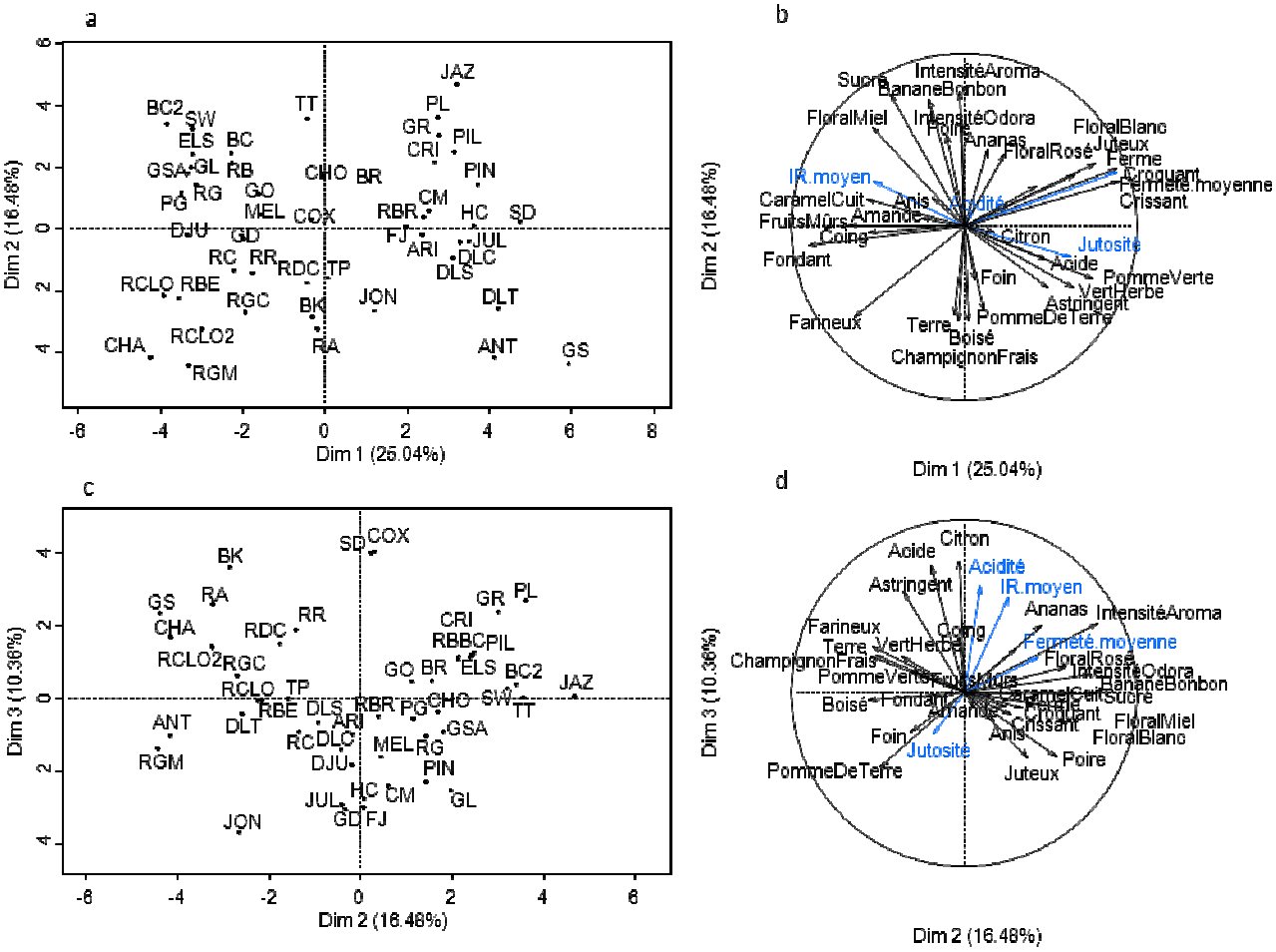
Le fait que la notation des arômes est différente du reste des descripteurs avec un niveau moyen et une variabilité des notes faibles, sera pris en compte en optant pour le centrage et la normalisation de chaque descripteur. Ainsi tous auront potentiellement la même importance dans les analyses multivariées réalisées par la suite.

Une ACP est ensuite réalisée sur ces données (Tableau 11 et Figure 10) afin d'obtenir le positionnement des 48 produits les uns par rapport aux autres. Les variables prises en compte sont les descripteurs sélectionnés (en noir sur la Figure 10 et les quatre variables physico-chimiques mesurées (Indice réfractométrique, Acidité, Fermeté, Jutosité, en bleu dans la Figure 10). Les trois premiers axes de l'ACP restituent environ 56% de l'information.

Le premier axe (25,04%) oppose les produits décrits par les termes *Juteux*, *Croquant*, *Ferme*, *Crissant*, *Pomme Verte*, *Vert-Herbe* tels que Granny Smith (GS), Sundowner (SD) et Dalitron (DLT), aux produits type Belchard Chantecler 2 (BC2), Elstar (ELS), Golden du Limousin (GL) décrits comme *Fondant, Farineux*, *Fruits Mûrs*. Le deuxième axe (16,48%) oppose les produits sucrés, à forte intensité aromatique et odorante avec notamment une note *Banane Bonbon* comme la Jazz (JAZ) et la Goldrush (GR) aux produits décrits par les notes aromatiques *Champignon Frais*, *Terre* et *Boisé* avec notamment la Reinette Grise du Canada (RGC), la Reinette Clocharde 2 (RCLO2), la Reinette d'Armorique (RA). Le troisième axe oppose des pommes très acides ave des notes *Citron* comme la Cox's Orange Pippin (COX), la Sundowner (SD), la Belle de Boskoop (BK), la Reinette d'Armorique (RA) aux variétés Fuji (FJ), Golden Delicious (GD), Jonagored (JON) et Juliet (JUL) qui sont peu acides. Les variétés Reinette ont des caractéristiques communes qui sont une texture fondante plus ou moins farineuse, et des notes *Boisé*, *Citron*, *Floral Miel* et *Floral Blanc* et parfois *Terre*. A l'opposé les variétés Pink Lady (PIL), la Jazz (JAZ) et la Goldrush (GR) qui sont des pommes très aromatiques avec des notes *Banane-Bonbon*, *Ananas*, et une texture très croquante et juteuse.

Composante	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Valeur propre	8.51	5.60	3.52	2.04	1.91
Pourcentage	25,04%	16,48%	10,36%	6,01%	5,61%
Pourcentage cumulé	25,04%	41,52%	51,88%	63,50%	68,27%

Tableau 11 : Valeurs propres et pourcentage d'inertie des composantes de l'ACP réalisée sur les données des profils des 48 lots avec 30 descripteurs



En bleu apparaissent les variables physico-chimiques

Figure 10 : Représentation des individus (a et c) et des variables (b et d) par ACP sur les données de profils sensoriels et instrumentales de l'espace-produits avec 48 lots (Dim1-2 et Dim 2-3)

Les 48 lots de pommes ont ainsi été caractérisés avec de nombreux descripteurs. Cette analyse souligne la diversité sensorielle des pommes étudiées au niveau textural, des saveurs et des arômes. Les relations entre les mesures physico-chimiques et les mesures sensorielles seront examinées plus en détail (cf § 2.3). En outre, les corrélations entre ces types de données sont comparées à celles mises en avant dans la bibliographie.

2.3 Etude des relations entre paramètres sensoriels et physico-chimiques

Les mesures physico-chimiques ont été réalisées pour contrôler la qualité des lots de fruits qui ont servi pour réaliser les profils sensoriels. Par ailleurs, il a été démontré dans des études précédentes qu'il est possible de lier certaines mesures instrumentales à la perception sensorielle (Harker, Maindonald, *et al*., 2002; Harker, Marsh, *et al*., 2002; Mehinagic *et al*., 2003). Il important de noter que ces études ont été réalisées sur un petit nombre de variétés. Dans notre étude, un grand nombre de variétés a été analysées et il est intéressant de voir si corrélations observées sur un petit nombre de variétés est généralisables à un grand nombre de variétés.

Les 48 lots qui ont été évalués sensoriellement par un panel entrainé de 13 personnes avec la technique du profil conventionnel (voir § 1.2.5) ont été analysés sur quatre paramètres physico-chimiques : la fermeté mesurée par pénétrométrie, la jutosité, l'indice réfractométrique et l'acidité malique. Un échantillon de 20 fruits par lot a été utilisé pour réaliser les mesures instrumentales avec l'automate Pimprenelle. Les mesures physico-chimiques ont été effectuées pendant la même période que le profil sensoriel. Les moyennes et écart-types des mesures physico-chimiques des 48 variétés étudiées sont présentés dans l'Annexe 4.

Une ACP a été réalisée sur les données physico-chimiques (en bleu, Figure 10-b) et sensorielles (en noir, Figure 10-b). Le premier axe (25,04%) sépare d'un côté les variétés Granny Smith (GS) et Sundowner (SD), fermes et juteuses, aux variétés Belchard Chantecler (BC2) et Royal Gala (RG) qui ont un indice réfractométrique élevé. Les variables physico-chimiques ne sont pas très bien représentées sur le second axe (16,45%) de cette ACP. Le troisième axe (10,36%) oppose les variétés Cox Orange's Pippin (COX) et Sundowner (SD) avec une forte l'acidité malique aux variétés Golden Delicious (GD) et Fuji (FJ) ayant une moindre acidité.

Les variétés citées ci-dessus présentent des caractéristiques très différentes. Granny Smith est très ferme (7,14 kg/cm²), juteuse (18%), peu sucrée (10,71 ° Brix) avec une acidité assez élevée (7,40 $g.L^{-1}$). Cette variété est définie au niveau instrumental de manière similaire dans différents travaux (Abbott, Saftner, Gross, Vinyard, & Janick, 2004; Harker, Maindonald, *et al*., 2002; Thybo *et al*., 2004; Vaysse, Masseron, *et al*., 2000). La variété Belchard Chantecler est sucrée (14,60 ° Brix) et acide (6,80 $g.L^{-1}$), peu ferme (5,37kg/cm²) et peu juteuse (7,30 %). Cette variété est principalement produite principalement en France et peu de publications scientifiques la caractérisent. Vaysse *et al*. ont cependant mesuré ses principales caractéristiques de qualité qui sont en accord avec nos mesures (Vaysse, Masseron, *et al*., 2000). La Royal Gala est une variété moyennement sucrée (13,03 °Brix), très peu acide (3,10 $g.L^{-1}$), peu ferme (5,93 kg/cm²) et avec une jutosité intermédiaire

(10,10%). Ces mesures sont toutes (Vaysse, Masseron, *et al*., 2000) ou en partie (saveurs) (Thybo *et al*., 2004) corroborées par la bibliographie. Cox Orange's Pippin est une pomme acide (5,90 $g.L^{-1}$) mais sucrée (17,43 °Brix). A l'inverse Fuji et Golden Delicious sont très peu acides (4,20 et 4,30 $g.L^{-1}$ respectivement) et moyennement sucrées (14,23 et 12,71 °Brix respectivement). Ces mesures sont confirmées dans la littérature (Abbott *et al*., 2004; Vaysse, Masseron, *et al*., 2000). Les mesures physico-chimiques effectuées semblent être confirmées par les travaux antérieurs réalisés sur ces mêmes variétés. Ces mesures physico-chimiques illustrent une diversité en termes de saveurs et de texture. Les moyennes et écart-types des mesures physico-chimiques de l'ensemble des lots sont présentées en Annexe 4.

L'ACP présentée Figure 10 permet aussi de voir les liens entre les variables physico-chimiques (la fermeté mesurée par pénétrométrie, la jutosité, l'indice réfractométrique et l'acidité malique) et les descripteurs *Ferme*, *Juteux*, *Sucré* et *Acide*. Les coefficients de corrélation de Pearson entre les paramètres sensoriels et instrumentaux ont été calculés afin d'affiner l'analyse. Sur le cercle des corrélations (Figure 10-b), il peut être observé que la mesure de la fermeté par pénétrométrie et la fermeté perçue en bouche sont corrélées très significativement ($R=0,72$; $p<0,000$). Ces deux variables sont bien représentées sur l'axe 1. Le *Juteux* est corrélé avec un coefficient de 0,50 à la mesure de jutosité de manière significative ($p<0,000$). Le *Juteux* et la jutosité sont bien représentés sur l'axe 1 de l'ACP (Figure 10-b) mais ont des directions légèrement différentes. La corrélation entre la perception sucrée et la mesure du degré Brix est du même ordre que celle du Juteux ($R=0,50$; $p<0,000$) alors que ces variables ne semblent pas être très proches sur le premier plan de l'ACP (Figure 10), l'indice réfractométrique est plutôt représenté sur l'axe 1 alors que le descripteur sucré est représenté sur l'axe 2. L'acidité titrable et l'acidité en bouche sont également corrélées et sont bien représentée sur l'axe 3 (Figure 10-d), leur coefficient de corrélation est plus faible ($R=0,39$) mais reste néanmoins significatif.

Les mesures physico-chimiques réalisées permettent de caractériser les différents lots de pommes. Elles ont confirmées que nos lots sont représentatifs de chacune des variétés (celles décrites dans la bibliographie). Les liens entre les mesures des descripteurs sensoriels *Ferme*, *Juteux*, *Sucré*, *Acide* et leur mesure instrumentale correspondante ont été observés sur 48 lots de pommes. Les corrélations obtenues ne sont pas très fortes hormis pour le caractère *Ferme*. Les résultats montrent qu'il existe probablement des différences entres variétés. Les quatre mesures physico-chimiques effectuées sont des indicateurs de qualité pour chaque variété mais ne reflètent pas les différences relatives entre produits perçus sensoriellement.

2.4 Sélection de sous-ensembles de produits représentatifs de la diversité sensorielle des pommes et réduction des descripteurs

Le dernier objectif de cette partie était de sélectionner deux sous-ensembles de produits représentatifs de la diversité sensorielle des pommes. La sélection des produits pour ces deux espaces a été effectuée avec la méthode du « Tandem Analysis ». Pour réaliser ces sélections de produits, le nombre de descripteurs a été réduit et les traitements successifs sont décrits dans la Figure 11.

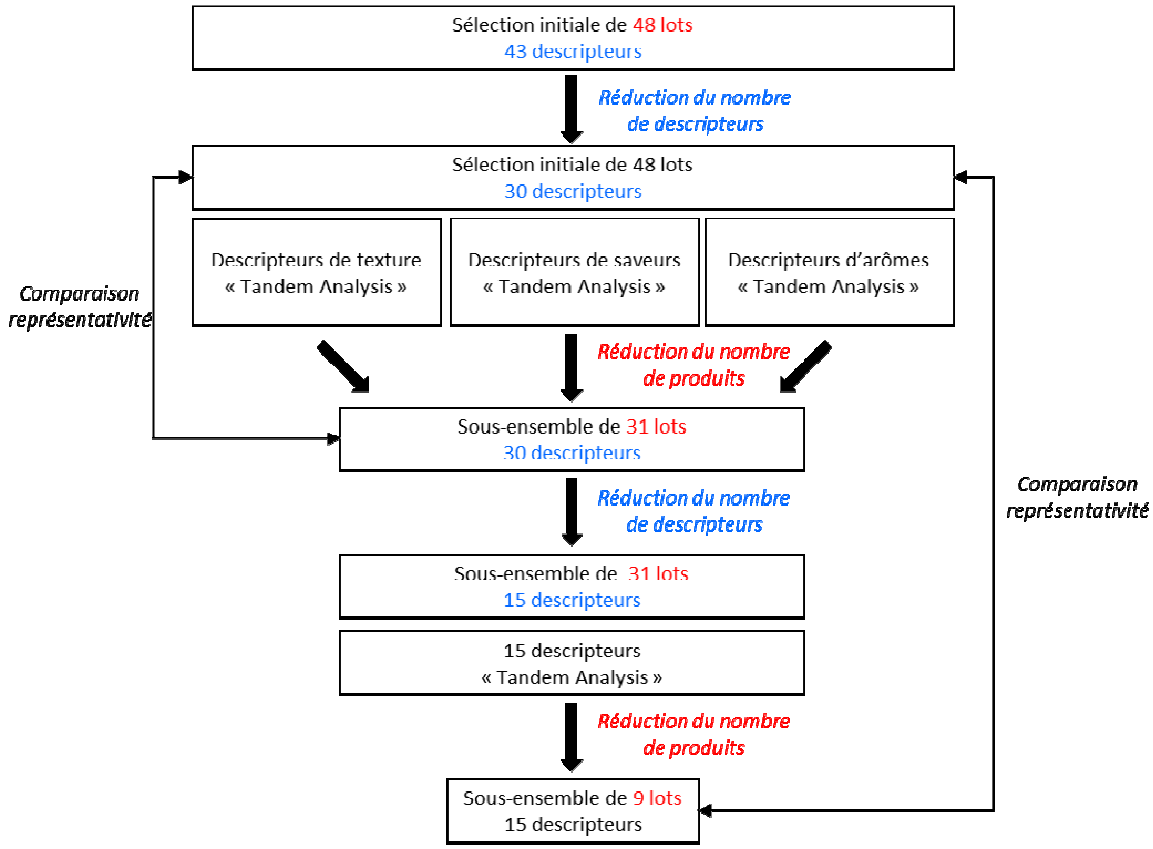


Figure 11 : Processus de sélection des deux sous-ensembles représentatifs de la diversité sensorielle de la pomme et de réduction des descripteurs

Comme il a été présenté précédemment, un grand nombre de descripteurs ont été évalué lors de la première caractérisation (sur 48 lots) pour des raisons de variabilité et de saisonnalité du produit. A l'issue de cette caractérisation, une réduction de 43 à 30 descripteurs a été réalisée (voir partie I §2.2). Une première sélection de 31 lots a été effectuée avec l'utilisation de la « Tandem Analysis » par blocs de descripteurs : Texture, Saveur et Arôme. Ce sous-ensemble a été comparé à l'espace initial en termes de représentativité sensorielle. Cette sélection de lots a servi à l'étude des préférences des consommateurs de pommes présentée dans la partie II. Les descripteurs sensoriels ont à nouveau été réduits afin de faciliter la modélisation des préférences par les descripteurs

sensoriels. Pour réaliser la sélection du deuxième sous-ensemble une « Tandem Analysis » a été effectué sur les données des 31 lots avec 15 descripteurs. Ce deuxième sous-espace est composé de 9 lots. Il a servi à étudier l'impact des caractéristiques sensorielles des produits présentés dans une étude de préférences sur la segmentation des consommateurs et l'identification des déterminants sensoriels des préférences). Sa représentativité par rapport à la sélection initiale (48 lots) a été mesurée.

2.4.1 Sélection d'un sous-ensemble de produits représentatif de la diversité sensorielle pour l'étude des préférences

Une première sélection de produits a été réalisée à partir des données des 48 produits et 30 descripteurs afin d'obtenir un sous-ensemble plus restreint – en nombre de lots – tout en étant représentatif de la diversité sensorielle des pommes. Les produits sélectionnés ont servi à l'étude des préférences réalisée ultérieurement. Compte tenu du nombre important de produits et de descripteurs, la méthode de sélection – « Tandem Analysis » – a été réalisée sur les données séparées de texture, de saveurs et d'arômes. Ces trois analyses ont été faites dans le but d'obtenir une analyse fine des données descriptives.

Au niveau des données de texture, les deux premières composantes principales restituent 96% de l'inertie (Figure 12). Trois groupes de pommes se distinguent. Le groupe T1 (en noir) est composé de pommes fondantes et farineuses. Le groupe T2 (en rouge) comporte des pommes fondantes et un peu plus juteuses. Les pommes du groupe T3 (en vert) sont très croquantes, crissantes, croquantes et juteuses.

Au niveau des données de saveurs, les deux premières composantes principales restituent environ 93% de l'inertie (Figure 13). Quatre groupes de pommes peuvent être discernés : Le groupe S1 (en noir) est composé de pommes sucrées ni acides ni astringentes ; le groupe S2 (en rouge) est composé de pommes non acides, non astringentes et moyennement sucrées ; le groupe S3 (en vert) est composé de pommes ayant des intensités moyennes pour les trois descripteurs et le groupe S4 (en bleu) est composé de pommes astringentes et acides mais non sucrées.

Au niveau des données d'arômes et d'odeur, il faut prendre en compte les sept premières composantes pour atteindre le seuil de 75% d'inertie. Une classification ascendante hiérarchique sur les coordonnées des individus sur les sept premières dimensions est effectuée et cinq groupes de pommes se distinguent (Figure 14).

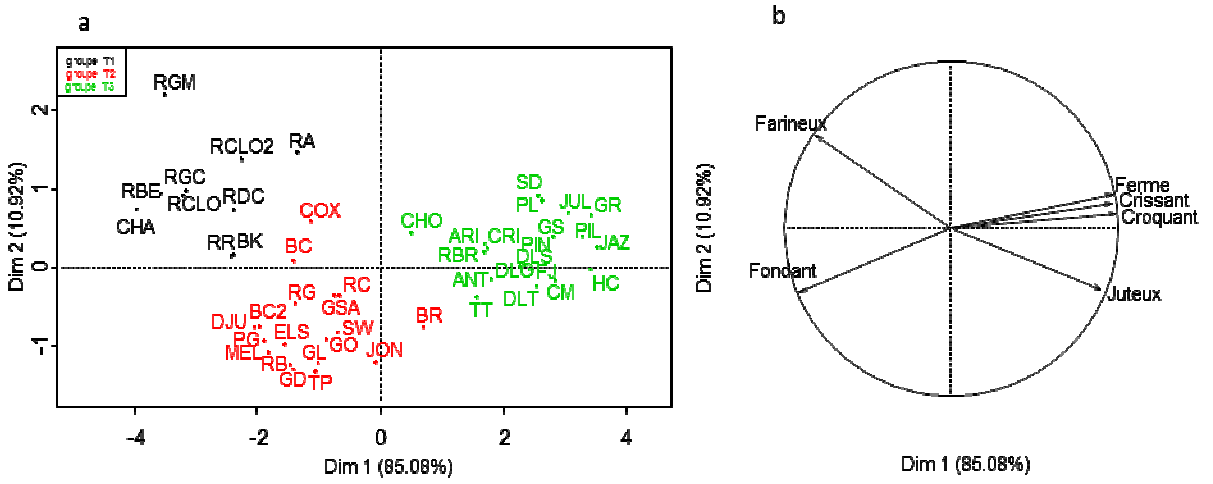


Figure 12 : Représentation des individus (a) et des variables (b) par ACP sur les descripteurs de texture issus des profils sensoriels avec 48 lots (Dim1-2)

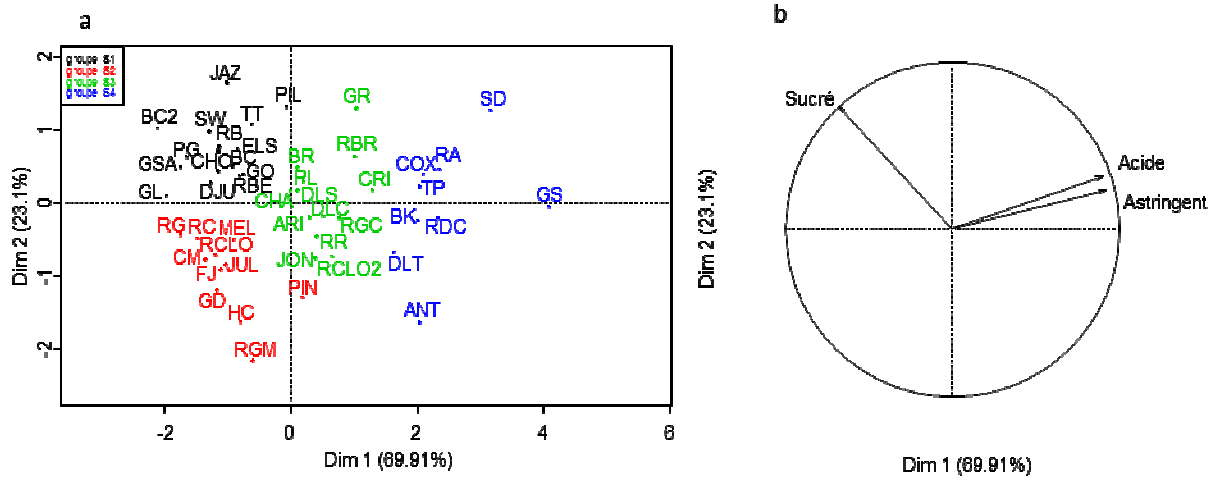


Figure 13 : Représentation des individus (a) et des variables (b) par ACP sur les descripteurs de saveurs issus des profils sensoriels avec 48 lots (Dim1-2)

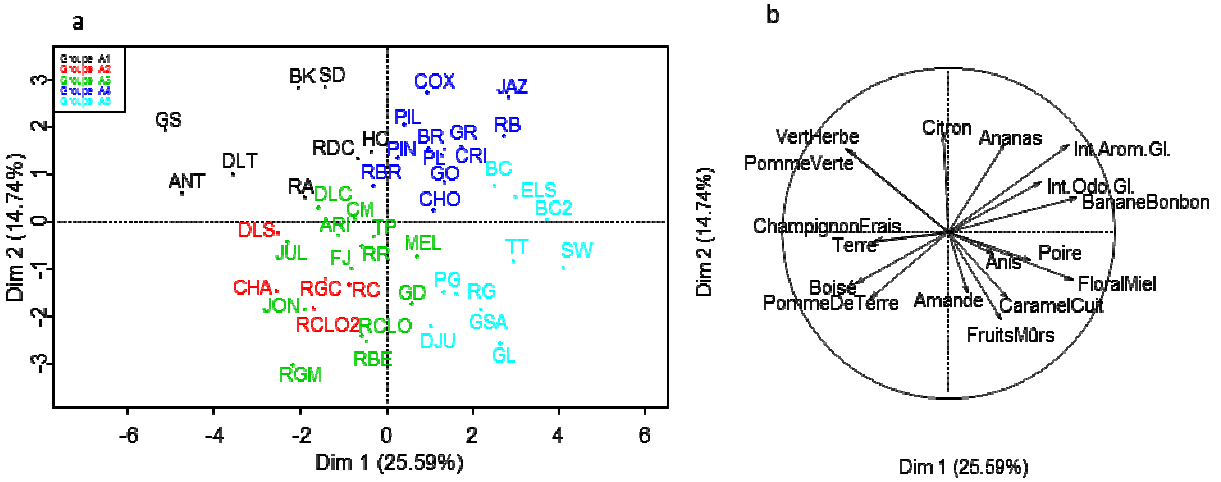


Figure 14 : Représentation des individus (a) et des variables (b) par ACP sur les descripteurs d'arômes issus des profils sensoriels avec 48 lots (Dim1-2)

Le groupe A1 (en noir) est composé de pommes avec des notes *Vert-Herbe*, *Pomme Verte*, *Citron* et *Terre*. Les pommes du groupe A2 (en rouge) sont caractérisées par les notes *Caramel-Cuit*, *Boisé*, *Champignon*. Les pommes du groupe A3 (en vert) ont des notes de *Pomme de terre* et sont peu aromatiques. Le groupe A4 (en bleu foncé) contient des pommes avec une forte intensité aromatique globale et des notes *Banane-Bonbon* et *Ananas*. Le groupe A5 (en bleu clair) inclut les pommes avec des notes aromatiques florales, sucrées et fruitées (*Floral-Miel*, *Caramel-Cuit*, *Fruits Mûrs*, *Poire*, *Banane-Bonbon*, *Anis*).

L'utilisation de la « Tandem analysis » par type de descripteurs permet d'obtenir une analyse plus fine des caractéristiques sensorielle pour les 48 produits. Un test du Chi-deux a été effectué sur les données de chaque analyse (texture, saveur, arôme) pour connaitre le niveau de significativité des descripteurs en fonction des groupes obtenus. Les détails de ces résultats sont présentés dans l'Annexe 5. 28 lots de pommes ont été sélectionnés de sorte à représenter toute la « variabilité sensorielle » de la pomme au niveau texture, saveur et arôme tout en prenant en compte la capacité de conservation et les variétés les plus commercialisées. En effet, il est important de prendre en compte la capacité de conservation pour assurer que les fruits qui seront évalués par la suite ne seront pas en sur-maturité. La prise en compte des variétés les plus commercialisées et cultivées permet d'être représentatif du marché actuel des pommes en France. Il a été choisi de faire une répétition de trois lots. Ainsi, un total de 31 lots de pommes est présenté dans l'étude des préférences.

Les appartenances aux groupes de texture (Figure 12), de saveurs et sensation (Figure 13) et d'arômes (Figure 14) de chaque lot de pommes sélectionné sont résumées dans le Tableau 12. Les appartenances aux groupes des 48 variétés sont détaillées dans l'Annexe 6. Un « + » est attribué quand le descripteur est significativement plus intense pour un groupe comparativement à la moyenne ($p<0,05$) ; un « - » est affecté quand le descripteur est significativement moins intense pour un groupe comparativement à la moyenne ($p<0,05$) et un « ° » quand la pomme possède une note correspondant à la moyenne générale de ce descripteur. En regroupant les trois analyses, une description complète des pommes est ainsi obtenue. Ce tableau illustre une grande diversité sensorielle pour les différents critères sensoriels.

Tableau 12 : Description simplifiée des lots de pommes sélectionnés pour l'étude de préférence et appartenance aux différents groupes de texture, saveur/sensation et odeur/arôme

Groupes Saveur / Groupes Texture	**S1** sucré (+), acide (-), astringent (-)	**S2** sucré (°), acide (-), astringent (-)	**S3** sucré (°), acide (°), astringent (°)	**S4** sucré (-), acide (+), astringent (+)
T1 farineux (+), fondant (+), crissant (-), ferme (-), croquant (-), juteux (-)		RCLO[3]	RGC[2], CHA[2]	RA[1]
T2 farineux (°), fondant (+), crissant (-), ferme (-), croquant (-), juteux (°)	DJU[5], BC2[5], GSA[5], SW[5]	GD[3], RG[5]	JON[3]	COX[4]
T3 farineux (-), fondant (-), crissant (+), ferme (+), croquant (+), juteux (+)	CHO[4], JAZ[4], PIL[4], TT[5]	HC[1], FJ[3], CM[3], JUL[3], PIN[4]	DLS[2], ARI[3], CRI[4], RBR[4], GR[4]	DLT[1], GS[1]

(+) est attribué quand le descripteur est significativement plus intense pour un groupe comparativement à la moyenne ($p<0,05$).
(-) est affecté quand le descripteur est significativement moins intense pour un groupe comparativement à la moyenne ($p<0,05$).
(°) est attribué quand la pomme possède une note correspondant à la moyenne générale de ce descripteur.
Les chiffres correspondent à l'appartenance aux groupes d'odeur/arôme :
1 Banane-Bonbon (-) ; Citron (+) ; Floral-Blanc (-) ; Fruits Mûrs (-) ; Poire (-) ; Pomme verte (+) ; Terre (+) ; Vert-Herbe (+)
2 Boisé(+) ; Caramel-Cuit (+) ; Champignon frais (+)
3 Int.Odo.Gl. (-) ; Int.Arom.Gl. (-) ; Banane-Bonbon(-); Caramel-Cuit (-) ; Pomme de terre (+)
4 Int.Arom.Gl. (+) ; Ananas (+) ; Banane-Bonbon (+) ; Boisé (-) ; Vert-Gras (-)
5 Int.Arom.Gl (+) ; Anis (+) ; Banane-Bonbon (+) ; Caramel-Cuit (+) ; Floral-Miel (+) ; Fruits Mûrs (+) ; Poire (+) ; Pomme de terre (-) ; Pomme verte (-) ; Vert-Herbe (-)

Les individus sélectionnés en décembre pour l'étude des préférences ont été à nouveau caractérisés sensoriellement en janvier-février en parallèle de leurs mesures d'appréciation. Pour s'assurer *a posteriori* que ce sous-ensemble représente bien l'ensemble de la variabilité sensorielle des pommes et que ces 31 lots ont été choisis correctement, une ACP sur les données des 48 lots (caractérisation novembre-décembre) a été effectuée et les lots sélectionnés ont été ajoutés en tant qu'individus supplémentaires (Figure 15). Sur la carte factorielle, les individus initiaux sont présentés en noir (48) et les individus supplémentaires en bleu (31).

Il peut être observé que les individus supplémentaires couvrent l'ensemble de l'espace défini par les individus initiaux. Mais il existe des différences entre la première et la seconde caractérisation des lots. Ceci est dû au phénomène de maturation qui induit une évolution de la texture, des saveurs et des arômes. Ce phénomène est dépendant des variétés c'est-à-dire que suivant les variétés, l'évolution est plus ou moins importante. Par exemple, la Granny Smith (GS) et la Jazz (JAZ) ont peu évolué entre les deux dates de caractérisation alors que la Tentation (TT) et la Reinette Grise du

Canada (RGC) ont plus évolué. La Tentation a gagné en Intensité Aromatique Globale, en arôme fruité et en sucre au cours du temps. La Reinette Grise du Canada a une texture plus farineuse dans la deuxième caractérisation.

La variance de chacun des descripteurs est calculée dans les deux cas pour être ensuite comparée (Figure 16). Aucune différence significative entre les variances des différents descripteurs n'est observée ce qui signifie que la variabilité sensorielle entre les deux ensembles de produits est comparable. Cependant, il peut être observé la variance diminue (différence de variance > 0,3) pour les descripteurs *Croquant*, *Ferme*, *Juteux*, *Crissant* et *Fondant*. A l'inverse, la variance augmente (différence de variance > 0,3) pour les descripteurs *Intensité Aromatique* Globale et *Fruits Mûrs*. Ces changements subtils peuvent être expliqués par l'évolution des fruits et/ou la composition du sous-ensemble. Le sous-ensemble composé de 31 produits est représentatif de la variabilité sensorielle de l'espace initial ce qui valide la méthode de sélection utilisée.

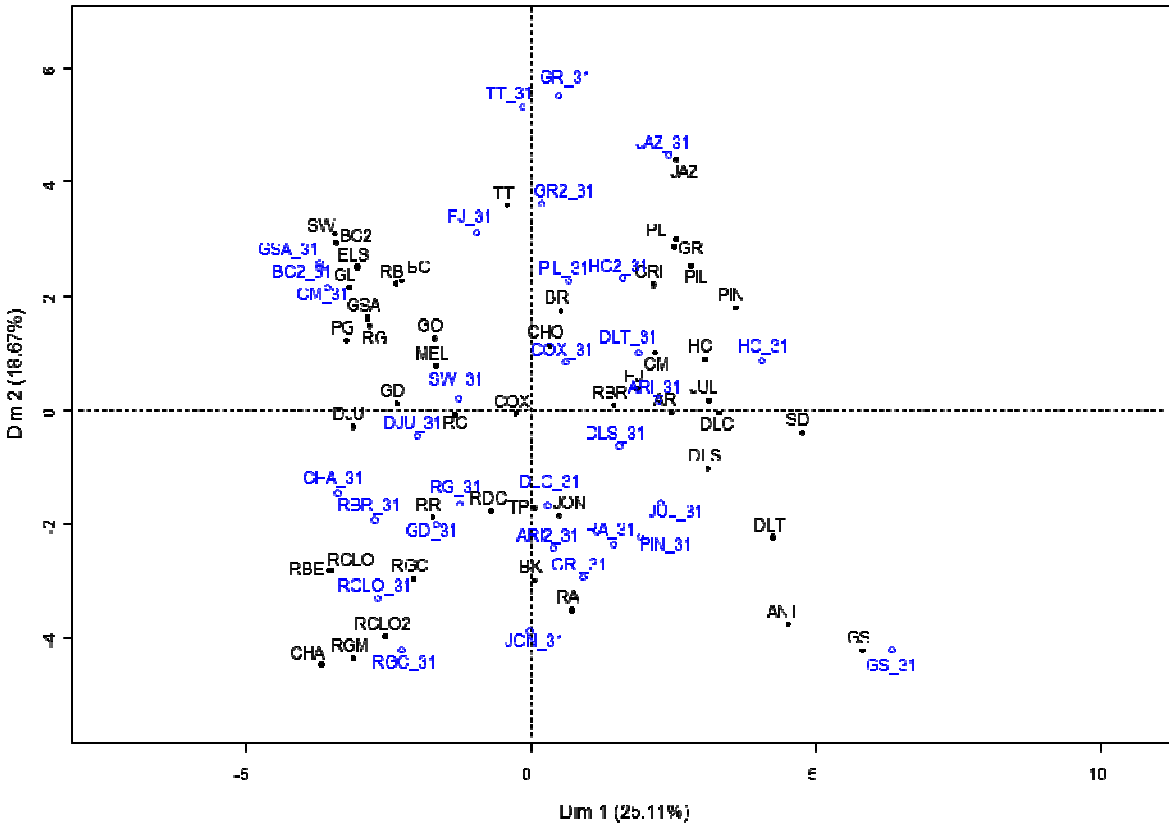


Figure 15 : Représentation des individus et des variables par ACP sur les données de profils sensoriels avec 30 descripteurs et 48 lots (noir), avec la sélection des 31 lots en individus supplémentaires (bleu)

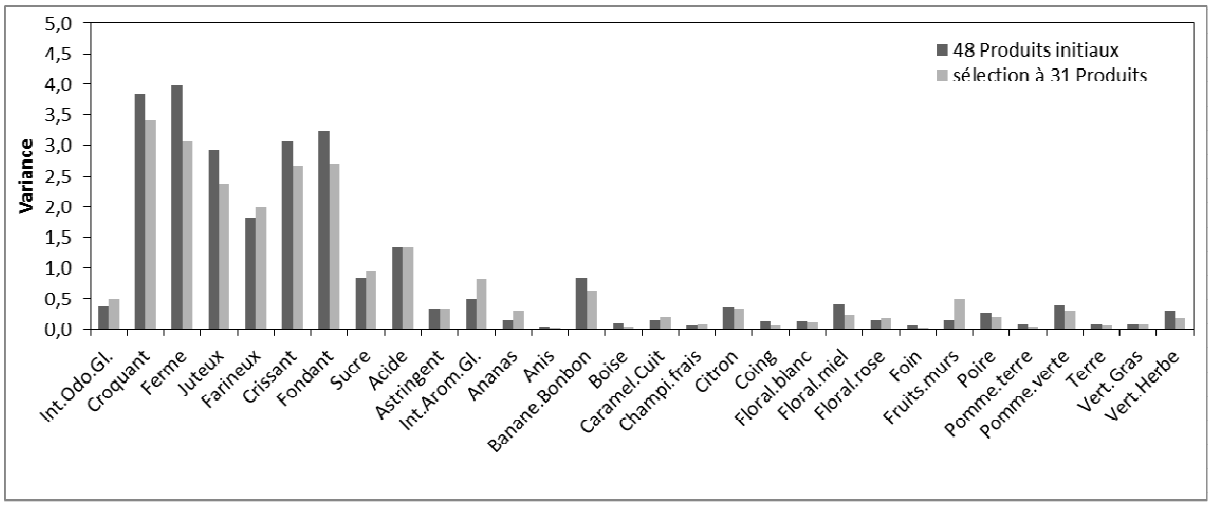


Figure 16 : Comparaison des variances des descripteurs des espaces à 48 et 31 lots

2.4.2 Sélection d'un sous-espace représentatif de la diversité sensorielle pour l'étude de l'impact des caractéristiques sensorielles des produits présentés dans une étude des préférences sur les résultats d'une telle étude

Un deuxième sous-ensemble de produits, plus restreint et composé de neuf produits, a été sélectionné de sorte à être également représentatif de la diversité sensorielle des pommes. Cette sélection servira dans la partie III qui porte sur l'étude de l'impact des caractéristiques sensorielles des produits présentés dans une étude des préférences sur les résultats - segmentation des consommateurs et identification des déterminants des préférences. La même méthode de sélection a été appliquée : une ACP suivie d'une CAH.

Cette sélection est réalisée au contraire de la précédente, sur les données des 31 lots (seconde caractérisation). Pour faciliter l'analyse des préférences notamment la partie modélisation des préférences, les descripteurs ont été à nouveau réduits au nombre de quinze (*Croquant*, *Juteux*, *Fondant*, *Sucré*, *Acide*, *Intensité Odorante Globale*, *Intensité Aromatique Globale*, *Ananas-Banane*, *Floral-Sucré*, *Floral-Blanc*, *Fruits Mûrs*, *Citron*, *Vert*, *Rustique*, *Sous-Bois*). *Croquant* était fortement corrélé à *Ferme* et *Crissant*. Le descripteur *Croquant* a été conservé au détriment des deux autres étant le plus discriminant. Il en a été de même pour les descripteurs *Fondant* et *Farineux* qui étaient corrélés. *Fondant* a été conservé. Les descripteurs *Juteux*, *Sucré*, *Acide*, *Intensité Odorante Globale*, *Intensité Aromatique Globale*, *Floral-Blanc*, *Citron* et *Fruits Mûrs* ont été gardés en tant que tels. Concernant les descripteurs aromatiques, les descripteurs ont été regroupés lorsqu'ils étaient corrélés et leur moyenne a été calculée et conservée : *Ananas* et *Banane-Bonbon* ont donné *Ananas-Banane* ; *Floral-Sucré* est le regroupement de *Floral-Rosé*, *Flora- Miel*, *Caramel-Cuit* et *Poire* ; *Pomme*

Verte, *Vert-Herbe*, *Vert-Gras* ont donné le descripteur *Vert*. *Rustique* est le regroupement de *Pomme de Terre* et *Champignon. Sous-Bois* est le regroupement des descripteurs *Boisé* et *Terre*. *Coing, Anis* et *Foin* ont été supprimés n'étant pas représentatifs de la caractérisation des 31 lots. Une analyse factorielle multiple a montré que les configurations sensorielles des produits obtenues avec les 30 et les 15 descripteurs sont vraiment similaires. En effet, le coefficient RV entre les deux configurations est égal 0,98.

Une analyse en composantes principales (normée) est réalisée sur les moyennes des 15 descripteurs sensoriels pour décrire l'espace produits étudié et observer la position relative des produits. Les trois premiers facteurs de l'ACP restituent environ 75% de l'inertie totale (Tableau 13).

Composante	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Valeur propre	5,57	3,38	2,29	0,91	0,82
Pourcentage	37,16%	22,52%	15,26%	6,04%	5,49%
Pourcentage cumulé	37,16%	59,69%	74,94%	80,98%	86,47%

Tableau 13 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie de l'ACP réalisée sur les données des profils de la sélection de 31 lots

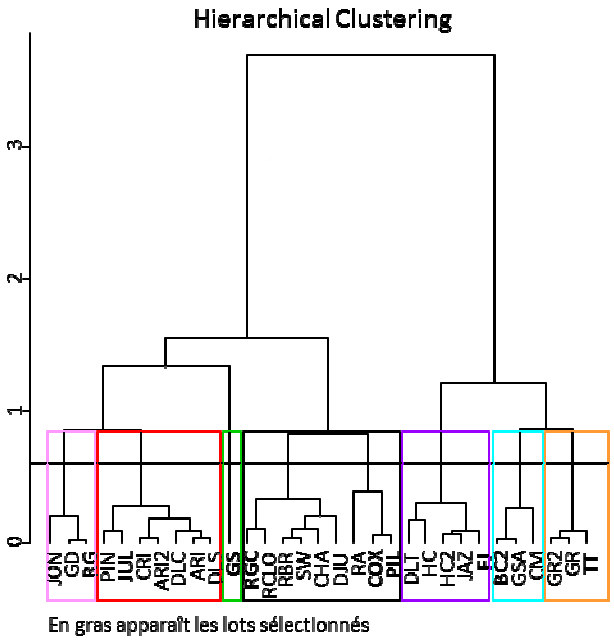


Figure 17 : Dendrogramme des 31 lots en fonction de leur représentation sur les 3 premières dimensions de l'ACP

Une classification ascendante hiérarchique sur les coordonnées des individus (des trois premiers axes) a ensuite été effectuée. Elle a été suivie d'une consolidation par la méthode des k-means et permet de mettre en évidence des groupes de pommes ayant des caractéristiques proches.

De la même manière que pour la précédente sélection, une CAH a été réalisée après l'ACP. D'après le diagramme d'inertie (non présentée), il y a une forte variation entre sept et huit groupes. Le dendrogramme peut être coupé au niveau de sept groupes (Figure 17).

Sept groupes principaux de pommes avec des caractéristiques sensorielles différentes sont ainsi obtenus. Ils sont représentés sur la Figure 18. Chaque groupe est représenté d'une couleur différente.

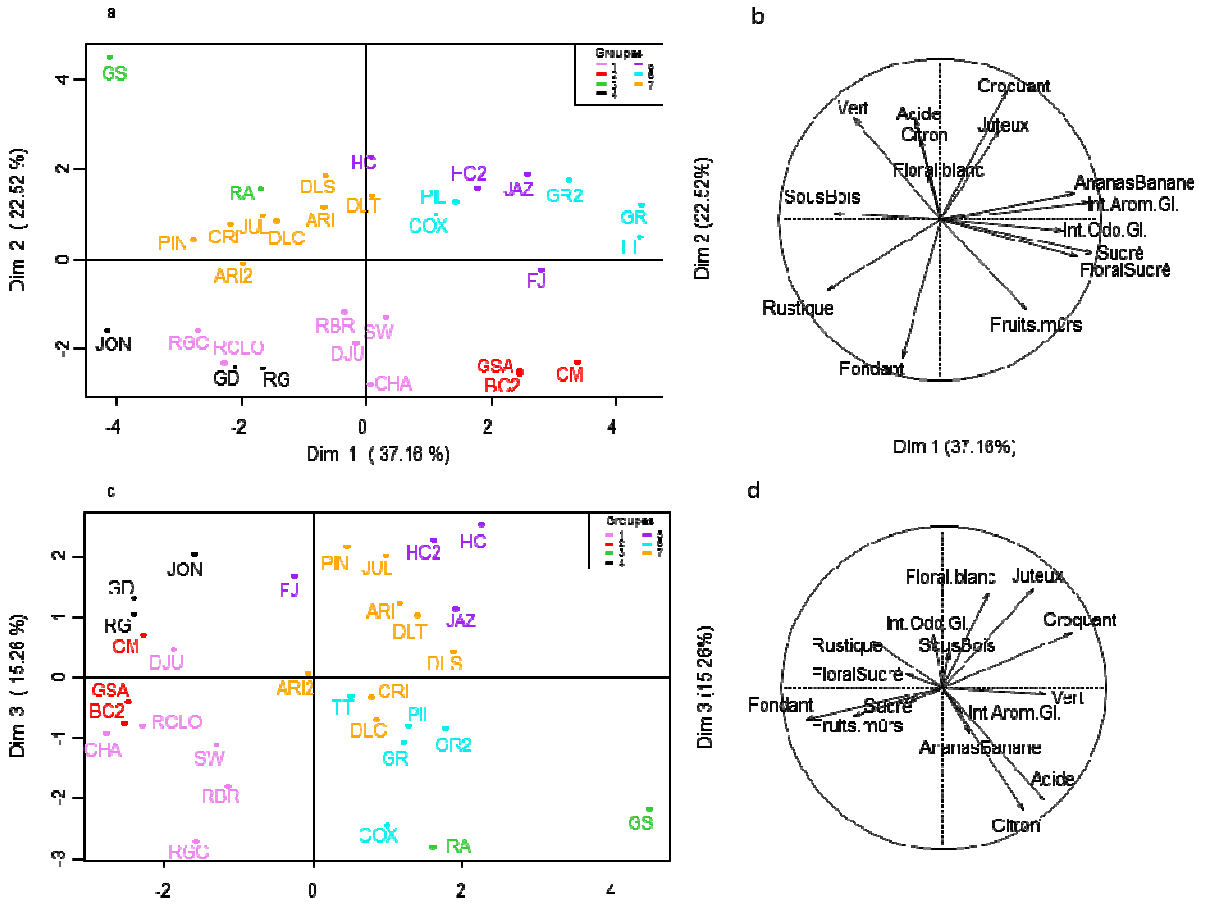


Figure 18 : Représentation des individus (a et c) et des variables (b et d) par ACP sur les données de profils de l'espace-produits avec 31 lots (Dim1-2 et Dim 2-3)

Le groupe 1, en rose sur la carte, est composé des variétés Delbard Jubilé, Reinette Clochard, Reinette de Brive, Reinette Grise du Canada, Schneywell et Chailleux. Ces pommes sont caractérisées par leur texture fondante, ce qui correspond bien à la caractérisation des pommes de la famille des reinettes, et par leur note *Fruits Mûrs*. Le groupe 2 avec les pommes Belchard Chanteclerc 2, Caméo et Golden de Savoie sont des variétés avec de fortes notes aromatiques *Fruits Mûrs*, *Floral-Sucré* et une saveur sucrée. Le groupe 3 est représenté par les pommes Granny Smith et Reinette d'Armorique qui sont les pommes les plus acides parmi les 31 décrites. Elles sont également peu

sucrées et présentent des notes aromatiques *Citron* et *Vertes*. On peut se poser la question s'il y a une congruence entre ces deux notes aromatiques et un phénomène d'interaction. Cependant sur le cercle des corrélations, il est possible d'observer que ces deux descripteurs, *Citron* et *Vert* ne sont pas très fortement corrélés. Le groupe 4 est composé des pommes Golden, Royal Gala et Jonagold. Leurs caractéristiques sensorielles principales sont une texture fondante et non croquante, des notes *Rustiques* et pas *Citron*. Ces pommes sont assez peu aromatiques dans l'ensemble. Le groupe 5 avec Fuji, Honey Crunch, Honey Crunch 2 et Jazz est le groupe des pommes les plus croquantes et juteuses. Elles sont aussi très odorantes et présentent des notes de fleurs blanches. Le groupe 6 avec les pommes Pink Lady, Tentation, Goldrush, Goldrush2 et Cox's Orange Pippin est le groupe des pommes très sucrées et très aromatiques avec notamment des arômes *Ananas Banane*. Le groupe 7 est composé des lots Ariane, Ariane 2, Crimson Crisp, Dalincot, Dalinsweet, Dalitron, Juliet, Pinova. Elles sont décrites comme étant peu sucrées, peu aromatiques et peu fondantes. L'ACP illustre la diversité sensorielle de pommes de la sélection des 31 lots. Un lot au minimum par groupe est choisi pour conserver cette diversité. Les produits sélectionnés sont les suivants : Juliet (JUL), Royal Gala (RG), Granny Smith (GS), Reinette Grise du Canada (RGC), Cox's Orange Pippin (COX), Pink lady (PIL), Fuji (FJ), Belchard Chanteclerc (BC2), et Tentation (TT).

Comme précédemment, afin d'observer si le sous-ensemble (9 lots) est représentatif de la diversité sensorielle initiale, une ACP sur les données de profils des 48 lots a été effectuée avec les 9 lots ajoutés comme individus supplémentaires (Figure 19). Les neufs produits sont bien répartis sur l'ensemble de l'espace sensoriel. De plus, la Figure 20 illustre l'évolution de la variance des descripteurs dans chaque espace. De même que pour la sélection précédente, l'évolution de la variance des descripteurs n'est jamais significative et les mêmes tendances sont observées. Il y a une diminution de la variance de tous les descripteurs de texture à l'exception de *Farineux* qui augmente. La variance des descripteurs *Sucré*, *Acide*, *Astringent*, *Intensité Aromatique Globale* et *Pomme Verte* augmentent. Le changement de variance observé pour les descripteurs *Sucré* et *Intensité Aromatique Globale* peuvent être expliqué par l'évolution de la maturité alors que pour les descripteurs *Acide*, *Astringent* et *Pomme Verte*, la variation est probablement plus due au choix des variétés elles-mêmes.

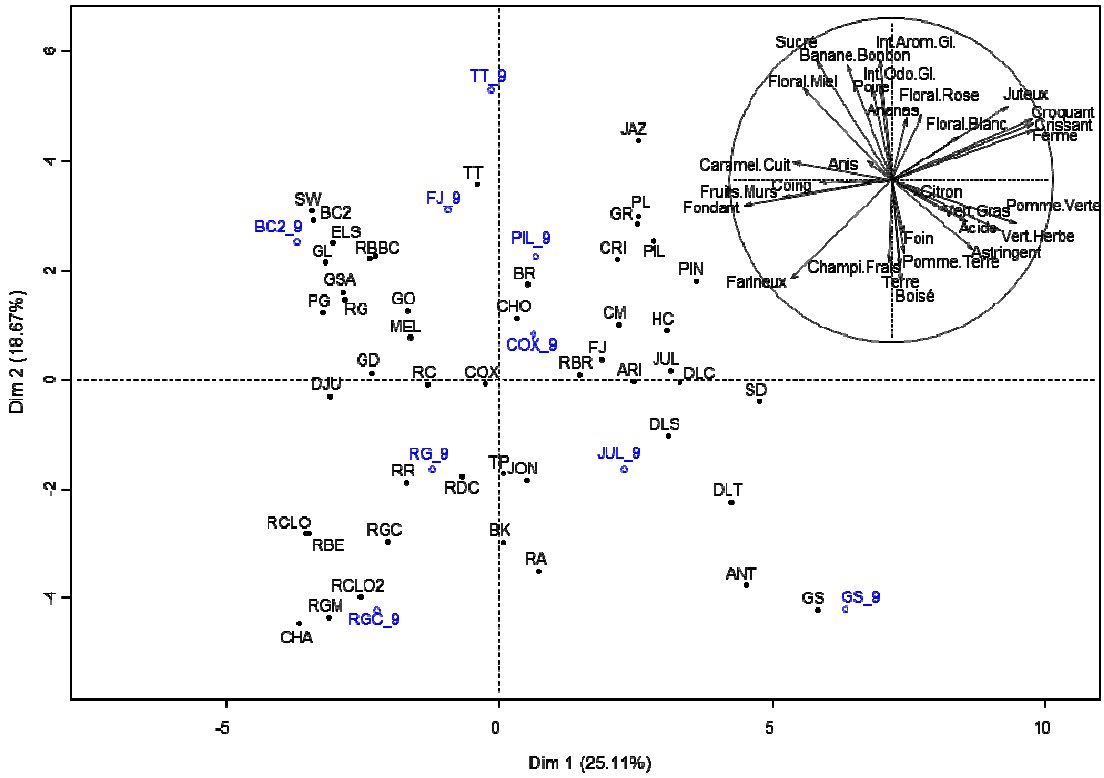


Figure 19 : Représentation des individus et des variables par ACP sur les données de profils sensoriels avec 30 descripteurs et 48 lots en noir), avec la sélection des 9 lots en individus supplémentaires (en bleu)

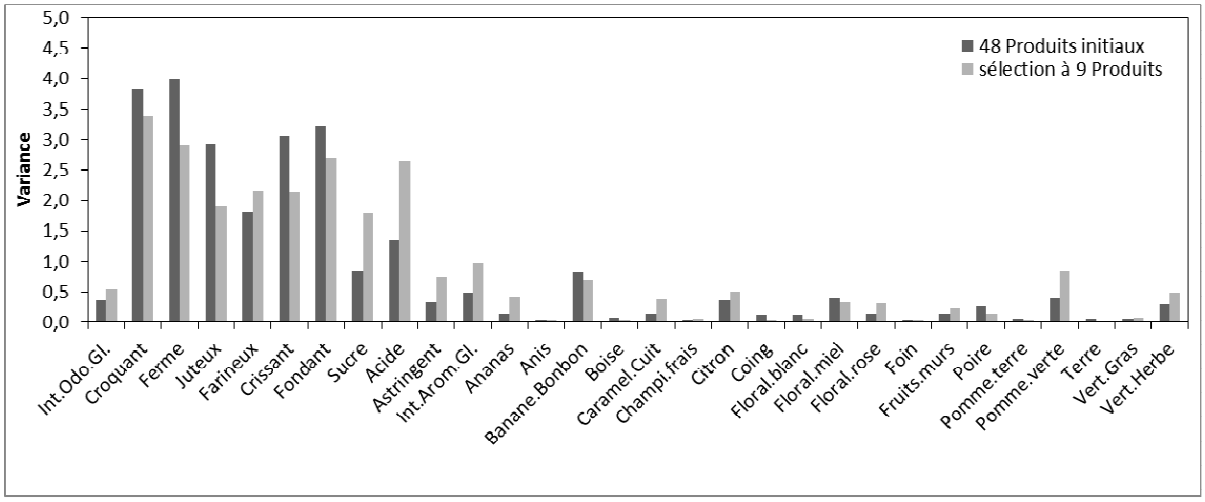


Figure 20 : Comparaison des variances des descripteurs des espaces à 48 et 9 lots

3 Discussion

L'analyse sensorielle descriptive est probablement la meilleure approche pour fournir une description complète et objective de la perception sensorielle, au niveau qualitatif et quantitatif (Murray, Delahunty, & Baxter, 2001) mais son application est longue et coûteuse. Daillant-Spinnler *et al*. (1996) ont effectué des profils de 12 variétés de pommes qui ont été couplés à des tests de préférences et conseillent de confirmer la méthode mises au point avec d'autres variétés. Ce travail de caractérisation de nombreuses variétés de pommes correspond à un besoin identifié.

L'utilisation de l'analyse sensorielle dans le cas des pommes est souvent basée sur un nombre de descripteurs réduit (Aprea *et al.*, 2012) ce qui a été souligné dans le Tableau 3 de l'étude bibliographique. Une description complète et précise des caractères sensoriels et notamment aromatiques des pommes a été peu faite jusqu'à présent (Tableau 3 et Tableau 5). De plus , dans un certain nombre de publications, des termes génériques pour décrire les arômes sont utilisés comme *Arôme de pomme* (Aaby *et al*., 2002; Harker, Marsh, *et al*., 2002; Kühn & Thybo, 2001; Thybo *et al*., 2004), *Parfumé* (Kühn & Thybo, 2001), *Typique* (Carbonell *et al.*, 2008). D'autres études ont utilisé des descripteurs aromatiques plus précis mais de manière restreinte (Tableau 5). A l'inverse, Williams et Carter ont développé un vocabulaire descriptif de la pomme très riche, composé de 143 descripteurs, pour obtenir une description très précise. Ce travail est intéressant mais cette liste de descripteurs est très importante et difficilement utilisable pour faire du profil sur de nombreux lots. Cependant, leur travaux n'ont porté que sur l'étude d'une variété la Cox's Orange Pippin (Williams & Carter, 1977) ce qui laisse supposer que ce vocabulaire est très spécifique et implique certainement une adaptation pour l'utiliser avec d'autres variétés.

L'utilisation de 43 descripteurs dont 32 descripteurs aromatiques lors de la caractérisation des lots par la méthode de profil permet de couvrir la diversité aromatique qui est illustrée dans le Tableau 5 qui répertorie les différents descripteurs déjà utilisés pour décrire les pommes. L'utilisation de la roue des arômes associée à des références aromatiques pour l'entrainement du jury semble pertinente pour effectuer du profil conventionnel sur un grand nombre de descripteurs aromatiques au vu de l'analyse des performances du panel. Les juges sont discriminants, en accord et répétables pour l'ensemble des descripteurs. Cette roue propose un vocabulaire standardisé pour décrire les arômes des pommes à la manière de Noble *et al*. avec la roue des arômes des vins (Noble *et al.*, 1987; Noble *et al.*, 1984). Il existe cependant une différence majeure entre ces deux méthodes sur la manière de présenter les références aromatiques : en bouche (voie rétronasale) pour le vin et à l'odeur (voie orthonasale) uniquement pour la pomme. Bien que des différences entre les perceptions d'odeur et d'arôme existent (Rousset-Akrim *et al.*, 1997), les deux types de profils ortho-

et rétronasal aboutissent globalement à la même description des produits (Aubry, Etievant, *et al*., 1999; Thomas-Danguin *et al*., 2009). Ceci conforte la démarche de réaliser un entrainement par voie orthonasale uniquement pour l'évaluation de notes aromatiques perçues de façon rétronasale. Il doit être souligné que la pomme en tant que produit brut, solide et unitaire ne permet pas, à l'inverse du vin, le mélange de références aromatiques au produit pour obtenir une note typique et représentative d'un arôme donné.

Une roue des arômes de pommes a été développée très récemment par des chercheurs suisses pour faciliter la différenciation des variétés par les consommateurs et acteurs de la « filière pomme » (Brugger, 2012). Cette roue n'est pas une roue des arômes au sens strict du terme étant donné que deux familles de descripteurs ont été ajoutées - texture et saveurs. Il existe de nombreuses similitudes entre cette roue des arômes de pommes et celle que nous avons développée dans le cadre de ces travaux de thèse (Figure 6). En effet, 17 descripteurs sont communs mais la roue présentée plus haut comporte 14 nouveaux descripteurs. La composition des familles de descripteurs fruités et floraux sont très proches. Ce qui est moins le cas pour les autres familles aromatiques. Dans la roue de Brugger (2012), la famille épicée est très développée avec trois sous familles - *Epices*, *Grillé* et *Boisé* - et douze descripteurs alors que dans la roue que nous avons développé (présentée en Figure 6), il y a une famille *Epicé* avec la note *Anis*, une famille *Noix* avec les notes *Amande* et *Noisette* et le *Boisé* apparaît dans la famille *Boisé/Sous-Bois*. La roue proposée par Brugger (2012) présente aussi une catégorie de défauts d'odeurs avec quatre sous-familles - *Chimique*, *Microbiologique*, *Aldéhyde/Lactone* et *Cave/Terre*.

Dans la bibliographie, seules les variétés de pommes les plus connues sont caractérisées. Ces descriptions sont cohérentes avec celles réalisées par le panel. Il existe cependant quelques différences au niveau de la description des notes aromatiques. Certaines sont décrites ci-dessous. Deux études récentes apportent une contribution importante avec respectivement, la description de la texture et des saveurs sur 21 variétés et la caractérisation sensorielle et chimique des arômes de 18 variétés de pommes (Aprea *et al.*, 2012; Corollaro *et al.*, 2012). Par ailleurs, ce travail de thèse a permis de réaliser la caractérisation de 29 variétés de pommes qui n'avaient jusqu'alors pas encore été décrites dans la littérature à notre connaissance.

- Golden Delicious est caractérisée comme fondante, pas très ferme avec un niveau intermédiaire de sucré ce qui est en accord avec la bibliographie (Abbott *et al*., 2004; Corollaro *et al*., 2012; Karlsen *et al*., 1999; Kühn & Thybo, 2001). Son arôme est décrit par le panel avec de fortes notes *Poire*, *Floral Miel* et *Banane Bonbon*. Cette variété a été caractérisée préalablement par des arômes *Végétal* et *Coing* (Billy, 2007), *Pomme Cuite*, *Poire*, *Melon*, *Banane* et *Fraise* (Mehinagic,

2004). Elle est décrite dans les travaux d'Aprea *et al*. (2012) comme étant une des variétés les plus fruitées, avec des notes *Poire* et *Banane* et est décrite de manière similaire à la variété Corail Pinova.

- Dans cette étude, les caractéristiques de la Granny Smith s'opposent nettement à celles de la Golden Delicious. La Granny Smith est décrite comme très ferme, croquante, crissante, juteuse et également très acide. Cette description correspond à celles faites par Thybo *et al*. (2004) et Vaysse *et al*. (1999). Corollaro *et al*. (2012) analysent le caractère *Fibreux* qui est élevé dans le cas de Granny Smith. Son arôme présente des notes boisées, vertes et citronnées. Cette description correspond plutôt à celle effectuée antérieurement. L'arôme de Granny Smith a été défini par les notes de *Pomme Verte* et d'*Agrumes* (Thybo *et al.*, 2004; Vaysse *et al.*, 1999), *Herbe Coupée*, *Kiwi*, *Concombre*, *Citrouille* et *Géranium* (Aprea *et al*., 2012).

- La Fuji a une texture ferme, croquante et juteuse avec une saveur sucrée et légèrement acide confirmant les caractérisations disponibles dans la littérature (Abbott *et al*., 2004; Codarin *et al*., 2009; Corollaro *et al*., 2012; Harker, Marsh, *et al*., 2002). Son arôme principal est la note *Banane-Bonbon*. Elle a été évaluée comme équilibrée sur les différents descripteurs aromatiques (Aprea *et al.*, 2012).

- Belchard Chantecler est caractérisée par une texture fondante, une saveur sucrée, une forte intensité aromatique globale avec notamment des arômes *Ananas*, *Banane-Bonbon*, *Floral-Miel* et *Citron*. Précédemment, Belchard Chantecler a été décrite comme assez fondante (Vaysse, Masseron, *et al*., 2000) avec une saveur à la fois sucrée et acide (Vaysse, Masseron, *et al*., 2000) et des notes d'*Agrumes* (Vaysse *et al.*, 2006), *Fruit Exotique*, *Floral* et *Fruits mûrs* sont perçues.

- La Royal Gala est d'après le panel une pomme très odorante, fondante, sucrée, aromatique. Les notes aromatiques *Banane-Bonbon*, *Coing*, *Floral-Blanc*, et *Poire* sont très présentes. Cette description est en adéquation avec la bibliographie (Kühn & Thybo, 2001; Thybo *et al.*, 2004; Vaysse *et al.*, 1999).

- La Red Chief se révèle dans cette étude comme étant très équilibrée sur l'ensemble des descripteurs. Cependant, elle présente une forte note aromatique boisée. D'après Aprea *et al*. (2012) Red Chief a un profil aromatique non herbacé et avec des arômes dominants de *Coing*, *Thé* et *Foin* et Vaysse *et al*. (2000) présente le groupe des pommes rouges américaines comme des pommes croquantes et juteuses avec une saveur peu prononcée.

- Les arômes des variétés Reinette du Canada et Topaz sont principalement décrites par des notes *Agrumes*, notamment *Pamplemousse* et *Citron*, mais aussi avec des notes *Tabac*, *Thé* et *Foin* (Aprea *et al.*, 2012). Le panel en fait une description aromatique un peu différente. Le profil aromatique de Topaz est caractérisé par des notes *Citron* et *Floral Miel* alors que celui de la Reinette du Canada révèle des notes *Boisé*, *Caramel-Cuit*, *Floral-Blanc* et *Pomme Verte*. Elles ont cependant

toutes les deux une texture fondante, une saveur sucrée et acide intermédiaire. La Reinette du Canada est farineuse ce qui n'est pas le cas de la Topaz.

Les différences de description sensorielle et plus particulièrement des arômes pour une même variété de pomme d'une étude à l'autre peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs : la variabilité du fruit due notamment à l'échantillonnage, la saisonnalité, les pratiques culturales, la zone de production, les conditions de stockage (Bavay, 2013), et par le panel notamment sa formation aux arômes, son acuité sensorielle et l'utilisation de l'échelle (Bavay, 2013; Cardinal *et al*., 1994; Meilgaard *et al*., 1991). Pour cette caractérisation sensorielle de pommes, les lots ont été sélectionnés à maturité commerciale et stockés à basse température avant l'expérimentation. Néanmoins, il doit être souligné que les dates de récolte se sont échelonnées sur plusieurs mois induisant des différences de maturité entre lots. Le stade de maturité induit une évolution de la texture, des saveurs et des arômes des pommes (Mehinagic, 2004). Ainsi, les différences sensorielles observées avec d'autres études peuvent aussi être expliquée par le stade de maturité.

Cette étude montre que les mesures physico-chimiques permettent de garantir la confromité de lots. Par ailleurs, les données physico-chimiques et sensorielles de la fermeté sont bien corrélées sur des mesures réalisées sur 48 lots de pommes différents. Ceci est confirmé par l'étude de Harker *et al*. (2002). La pénétrométrie est un bon moyen de prédiction pour les descripteurs sensoriels *Ferme*, *Crissant*, *Croquant*, *Juteux* et *Facilité de déstructuration*. Néanmoins, les résultats de ces auteurs ont également mis en évidence que les mesures sensorielles sont parfois moins sensibles que les mesures instrumentales. Les juges n'ont pas perçu de différence de texture pour les descripteurs *Juteux*, *Crissant*, *Croquant* et *Ferme* lorsque la force mesurée à 11 mm par un pénétrométrie était inférieure à 6 N (Harker, Maindonald, *et al*., 2002). Ces résultats démontrent l'existence de seuil de différenciation pour la texture et donc une certaine limite à l'utilisation de l'analyse sensorielle. Mehinagic *et al*. (Mehinagic *et al.*, 2003) mettent aussi en évidence de bonne corrélation entre les mesure de pénétrométrie et les descripteurs *Croquant*, *Crissant* et *Résistance au toucher*. Le lien entre mesures sensorielles et physico-chimiques est moins évident pour le *Juteux*, le *Sucré* et l'*Acide* sur les données de cette étude. Ces résultats montrent que les mesures instrumentales ne prédisent pas de manière adéquate les différences de perception sensorielle du *Juteux*, du *Sucré* et de l'*Acide* des différents lots. Cela vient à l'encontre d'une partie des résultats de Harker *et al*. (2002) qui montrent une bonne corrélation entre les mesures d'acide malique et la perception d'acidité (0,86). Ils ne sont cependant pas parvenus à prédire la perception du *Sucré*. Ces différences de résultats pourraient s'expliquer par les variétés elles-mêmes ou le panel qui sont variables.

La perception sensorielle est un phénomène complexe résultant de différents stimuli qui interagissent comme par exemple la perception du *Sucré* et de l'*Acide*. En effet, l'acidité perçue peut être diminuée par l'ajout de sucre (Schifferstein & Frijters, 1991) c'est le phénomène de suppression par mélange. L'intensité de deux saveurs mélangées est moindre que si elles étaient non mélangées, à la même concentration (Lawless & Heymann, 1998).

Les mesures instrumentales de la fermeté, du sucre et de l'acide sont des indicateurs de qualité des fruits fiables. De plus, ces mesures sont rapides à effectuer ce qui n'est pas le cas de l'analyse sensorielle qui nécessite un jury entrainé. Des mesures instrumentales ne peuvent néanmoins pas se substituer à des mesures sensorielles étant donné que certaines différences entre variétés ne sont pas toujours prédites correctement avec des mesures instrumentales. Harker *et al*. (2002) soulignent le caractère essentiel de l'évaluation des fruits par un panel entraîné ou un panel de consommateurs dans l'évaluation de la qualité des fruits.

Dans de nombreux cas, c'est le contexte qui impose clairement quels sont les échantillons intéressants à tester et à sélectionner pour une étude de préférence mais dans d'autres cas, un choix parmi un grand nombre d'échantillons doit être effectué (Næs *et al.*, 2010b). Plusieurs possibilités sont alors envisageables. Helgesen & Naes (1995) proposent de réaliser la sélection de manière visuelle sur la base d'une ACP des données sensorielles des échantillons disponibles de sorte à ce que la sélection couvre l'ensemble de l'espace. Cela permet d'assurer un modèle de préférence de bonne précision, la possibilité de détecter l'adéquation du modèle et une certaine stabilité des résultats (Næs *et al.*, 2010b). Dans le cas où la sélection engendre plus de deux dimensions, l'utilisation d'une méthode de classification standard peut être utile (Næs, 1989; Zemroch, 1986). La procédure consiste à arrêter la classification quand le nombre de groupes obtenus est égal au nombre de produits à sélectionner. Les échantillons sont similaires s'ils font partie du même groupe et différents si ce n'est pas le cas. Pour satisfaire le nombre souhaité de produits, un produit est sélectionné par groupe soit celui qui est le plus loin du centre de manière à avoir une plus forte dispersion soit le plus proche du centre de chaque groupe.

La méthode utilisée pour sélectionner les lots de pommes appelée « Tandem analysis » est une méthode classique et résulte de l'association d'une ACP à une CAH avec une reconsolidation des groupes. Cette sélection avait pour but d'obtenir des sous-ensembles représentatifs de la diversité sensorielle de la pomme ce qui est le cas pour les deux sous-ensembles obtenus. Ainsi, la méthode « Tandem analysis » semble être adéquate. L'évolution de la variance des descripteurs entre l'espace initial et les sous-espaces ne varient jamais de manière significative. Les légers changements de variance peuvent être expliqués à la fois par les produits eux-mêmes et par l'évolution des variétés

entre décembre – date de la caractérisation des 48 lots – et février – date de la caractérisation des lots des sous-ensembles.

4 Conclusion

Dans cette partie, une caractérisation de la majorité des variétés de pommes commercialisées en France a été effectuée sur la texture, les saveurs et les arômes. Cette caractérisation a engendré à la fois la validation de la méthode d'entrainement utilisée notamment au niveau des arômes et le développement d'un vocabulaire pour décrire la pomme de manière complète. Cependant, la familiarisation, la mémorisation et l'évaluation des arômes par les juges est un procédé long. Le développement de méthodes d'évaluation plus rapides serait intéressant. Par ailleurs, la notation des arômes est très spécifique. Les notes des descripteurs aromatiques sont toujours très faibles et plus variables comparativement aux descripteurs de texture et de saveur. L'utilisation d'autres traitements de données différents est une piste pour de futurs travaux.

Deux sélections de produits représentatifs de la diversité sensorielle de l'espace initial ont été retenues par des méthodes bien connues telles que l'analyse en composantes principales et la classification ascendante hiérarchique. La représentativité de la diversité sensorielle de ces deux sélections de produits est confirmée. Néanmoins, le développement et l'utilisation de méthodes plus automatiques peut être une autre perspective à ce travail.

Partie II : ETUDE DES PREFERENCES DES CONSOMMATEURS DE POMMES

Principaux résultats :

► Une étude de préférences des consommateurs de pommes mettant en jeu un grand nombre de variétés est réalisée.

► Certains critères déterminent de manière prépondérante les préférences de certains segments de consommateurs. Les principaux descripteurs différenciant les segments de consommateurs sont *Croquant*, *Juteux*, *Fondant*, *Acide* et les notes aromatiques *Verte* et *Ananas-Banane*.

► Globalement, le caractère aromatique a une forte contribution dans le modèle de préférences de tous les segments.

► Deux approches avec l'utilisation des données sociodémographiques et d'usages/attitudes (introduction de l'information *a posteriori ou a priori)* ont été considérées et comparées pour identifier les déterminants des préférences et caractériser les segments de consommateurs.

►Suivant l'objectif premier de l'étude, marketing ou sensoriel, l'approche avec l'utilisation des données sociodémographiques et usages/attitudes *a priori* ou *a posteriori* est recommandée.

Cette partie décrit les préférences d'un panel de 224 consommateurs français vis-à-vis de 28 variétés de pommes. Tout d'abord, une vue d'ensemble du panel est présentée au niveau des données sociodémographiques, d'usages et d'attitudes et de préférences. Une cartographie interne des préférences permet de décrire la diversité du panel en termes de préférence. Une méthode de segmentation (la Classification around Latent Variables ou CLV) avec données externes complète l'analyse. La segmentation du panel est réalisée tout en prenant en compte les données sensorielles descriptives. Les déterminants des préférences sont alors analysés pour chacun des segments de consommateurs identifiés. Pour terminer, les segments de consommateurs sont caractérisés par les données sociodémographiques et d'usages/attitudes. Ces résultats sont comparés aux résultats de la méthode L-CLV, qui intègre simultanément tous les blocs d'information: appréciation, description sensorielle et caractéristiques sociologiques. La prise en compte des données sociodémographiques et d'usages/attitudes peut donc se faire *a posteriori* et *a priori*.

1 Matériels et Méthodes

1.1 Les produits

28 variétés représentatives de l'ensemble de la diversité sensorielle des pommes ont été analysées pour l'étude des préférences (Tableau 14). Trois variétés ont été présentées en double aboutissant à l'analyse de 31 lots de pommes. La sélection des lots est présentée dans la partie I §2.4.1.

Tableau 14 : Liste des 28 variétés utilisées pour l'étude des préférences

Variété	Code	Variété	Code
Ariane	ARI	Granny Smith	GS
Belchard Chantecler 2	BC2	**Honey Crunch®**	HC
Caméo	CM	Jazz™	JAZ
Chailleux	CHA	Jonagored	JON
Cox's Orange Pippin	COX	Juliet	JUL
Crimson Cripps	CRI	Pink Lady®	PIL
Dalincot	DLC	Pinova Corail®	PIN
Dalinsweet	DLS	Reinette Clocharde	RCLO
Dalitron	DLT	Reinette d'Armorique	RA
Delbard Jubilé®	DJU	Reinette de Brive	RBR
Fuji	FJ	Reinette grise du Canada	RGC
Golden de Savoie	GSA	Royal Gala	RG
Golden Delicious	GD	Schneywell	SW
Goldrush	GR	Tentation®	TT

En gras figure les variétés présentées en double au niveau du test de préférences

1.2 Mesure de l'appréciation

1.2.1 Le panel de consommateurs

224 consommateurs angevins ont été recrutés pour participer au test. Le recrutement a été effectué sur le critère d'une fréquence de consommation de pommes d'au moins une fois par mois. Le panel était composé de 50% d'hommes et 50% de femmes. Les consommateurs étaient répartis en quatre tranches d'âge : 18-25 ans (21%), 26-40 ans (23%), 41-55 ans (24%), 56 et plus (31%). L'échantillon de population interrogée était pour moitié active (115 personnes) et pour moitié inactive (109 personnes). La catégorie « inactif » était composée des sous-catégories suivantes : étudiant, retraité, sans emploi.

1.2.2 Organisation des séances

Le test s'est déroulé sur 5 semaines consécutives. Chaque consommateur a participé à une séance par semaine. Lors de la première séance, on a présenté aux consommateurs les objectifs du test et le déroulement des séances. Il leur a été ensuite demandé de noter leur appréciation de 8 produits pour les séances 1, 2, 3 et 4 respectivement et 4 produits pour la séance 5. Un questionnaire sur la consommation des pommes, les usages/attitudes des consommateurs par rapport aux pommes a été rempli par les participants à la fin de la séance 5.

1.2.3 Test hédonique

Les échantillons ont été présentés suivant un carré latin de Williams de manière monadique afin d'éviter les effets d'ordre et de report. On s'assure ainsi que chaque échantillon est vu dans chaque position un même nombre de fois (MacFie, Bratchell, Greenhoff, & Vallis, 1989) et que les effets de report d'ordre 1 sont équilibrés. Au début de chaque séance, un échantillon d'échauffement a été proposé. Il était la répétition du dernier produit de chaque séance pour chaque consommateur. Cela a été mis en place pour palier à la différence d'évaluation du premier échantillon mis en évidence par Wakeling et MacFie (1995). Ces auteurs ont attribué ce phénomène au fait que le consommateur n'est pas familier avec la notation sur échelle de son appréciation. Pour l'évaluation de chaque produit, 2 huitièmes de fruit épluchés ont été présentés au consommateur. La présentation des produits pelés a été choisie afin d'éviter un biais possible apporté par la couleur, le test étant réalisé avec une lumière blanche. Les échantillons présentés comprenaient une seule variété verte, plusieurs variétés jaunes, rouges ou bicolores. Il a été demandé au consommateur de se rincer la bouche avec de l'eau entre les échantillons. Pour chaque produit, les consommateurs ont répondu à la question suivante : « Comment appréciez-vous globalement ce produit ? ». Une seule question a été posée au consommateur comme le suggèrent Williams and Langron (1983) qui ont

montré qu'il est préférable de ne pas poser de questions spécifiques au consommateur. En effet, les conditions de test ne reflètent pas l'attitude normale des consommateurs lorsqu'il mange une pomme. De plus, ils peuvent ne pas être conscients des caractéristiques sensorielles orientant leurs préférences. L'appréciation globale a été évaluée à l'aide d'une échelle discrète 9-points de 'extrêmement désagréable' à 'extrêmement agréable' (Peryam & Pilgrim, 1957). Il a été démontré que cette échelle est fiable et a une grande stabilité au niveau des réponses (Lawless & Heymann, 1998).

1.2.4 Informations sociodémographiques et d'usages/attitudes du panel de consommateurs

A la fin du test hédonique, les consommateurs ont répondu à un questionnaire composé de 17 questions sociodémographiques, sur leurs usages des pommes et leurs attitudes par rapport à ce fruit comme par exemple leurs habitudes de consommation (Tableau 15). Ce questionnaire a été établi sur la base du questionnaire effectué dans le cadre du Baromètre pomme du CTIFL qui est réalisé tous les quatre ans (CTIFL, 2008). Le questionnaire complet est présenté dans l'Annexe 7.

Tableau 15 : Contenu du questionnaire sur les usages et attitudes des consommateurs de pommes.

1. A quelle fréquence consommez-vous des fruits frais?
2. Quels types de fruits consommez-vous?
3. A quelle fréquence suivant les saisons consommez-vous des pommes ?
4. Quelles sont les variétés de pommes que vous connaissez ne serait-ce que de nom ?
5. A quelle fréquence, en saison (automne/hiver), consommez-vous les variétés suivantes ?
6. Parmi les variétés de pommes que vous consommez, quelles sont celles que vous préférez ?
7. Parmi ces caractéristiques de la pomme, quelles sont les deux plus importantes pour vous ?
8. En général, pelez-vous les pommes avant de les manger crues ?
8a. Pour quelles raisons les pelez-vous ?
9. Comment consommez-vous en général les pommes ?
10. Consommez-vous des pommes…Lors des repas/Hors repas, domicile/Hors domicile
11. A votre domicile, à quelle fréquence environ, consommez-vous des pommes au moment des repas…
12. Quand vous achetez des pommes, quels sont parmi ces différents critères de choix, les trois qui sont les plus importants pour vous ?
13. Où vous procurez-vous des pommes ?
14. Genre
15. Age
16. Catégorie socioprofessionnelle

1.2.5 Traitement des données

Une fois que les produits pour l'étude de préférences ont été sélectionnés, ces produits ont été caractérisés par le panel entraîné et évalué au niveau hédonique par le panel de consommateurs simultanément. Cette caractérisation sensorielle est nécessaire car une période d'un mois s'est écoulée entre la sélection des variétés et l'étude hédonique. Les moyennes et écart-types des notes d'appréciation par variété ont été calculés. Les données sensorielles ont été soumises à une analyse

en composantes principales (ACP) normée, pour caractériser l'espace, une classification ascendante hiérarchique (CAH, critère de Ward, métrique euclidienne).

Pour étudier la segmentation des consommateurs en fonction de leurs appréciations, une cartographie interne des préférences, ACP des consommateurs, a été réalisée. Puis, une technique de classification a été utilisée. Il s'agit de la Classification around Latent Variables (CLV) avec données externes (Vigneau & Qannari, 2002). Cette technique de classification de variables consiste en un algorithme hiérarchique agglomératif et un algorithme de partitionnement (Vigneau & Qannari, 2002). Il est possible dans l'approche CLV d'intégrer au cours du processus de segmentation des informations externes sur les produits considérés. Deux tableaux de données sont considérés ici : la matrice des préférences *Y* et la matrice *X* qui contient les caractéristiques des produits selon *q* variables sensorielles. Plus précisément, la matrice *X* est composée des descripteurs sensoriels simples et des descripteurs sensoriels au carré pour ensuite pouvoir observer les effets linéaires et/ou quadratiques de chaque descripteur dans les modèles de préférences. En effet, il est fortement recommandé de prendre en compte l'effet quadratique dans les modèles de préférences (Moskowitz, 2000; Schlich, 1995). Par ailleurs, les descripteurs sensoriels sont standardisés car comme le souligne Jaeger *et al*. (2000), la non-standardisation des données implique une perception similaire des attributs sensoriels par les consommateurs et les panélistes.

On cherche à trouver simultanément *K* segments de consommateurs (G_1, G_2, …, G_k) et *K* composantes latentes (t_1, t_2, …, t_k) de sorte à ce que les *K* segments de consommateurs soient le plus homogènes possibles et bien représentés par leur composante latente. On impose également que ces composantes latentes de segment soient des combinaisons linéaires des variables externes. Ainsi on obtient pour chaque segment un modèle qui établit les préférences en fonction des données sensorielles. Il est important de souligner ici que la détermination du nombre de segments et la modélisation des préférences est simultanée ce qui n'est pas le cas avec la méthode de cartographie des préférences externes qui est séquentielle (McEwan, 1996; Schlich, 1995).

Le nombre de segments retenus est déterminé à l'aide du graphique du critère d'agrégation. Pour interpréter la segmentation, différentes représentations sont utilisées : 1) L'appartenance de chaque consommateur à un segment donné est illustrée sur la base des axes factoriels d'une cartographie interne des préférences. 2) Pour chaque segment, les coefficients associés aux descripteurs sensoriels, issus des composantes latentes, servent à identifier l'importance des caractéristiques sensorielles dans le modèle des préférences. Un coefficient positif indique que les préférences sont déterminées par ce descripteur. A contrario, un coefficient négatif indique un rejet de ce descripteur. 3) En sommant les carrés des coefficients associés aux effets linéaires et

quadratiques de chaque descripteur, on obtient une valeur synthétique de la contribution de chaque descripteur au modèle de préférence. 4) Enfin, le modèle partiel de préférence pour chaque descripteur est représenté graphiquement.

Les réponses au questionnaire sociodémographique et d'usages/attitudes ont été traités avec un test de Chi-deux pour évaluer les différences entre segments pour les différents critères.

Pour caractériser les segments de consommateurs, les données sociodémographiques et d'usages/attitudes ont été utilisées. Deux approches ont été comparées. Elles diffèrent sur le moment où ces données sont introduites : 1) La caractérisation avec les données sociodémographiques et d'usages/attitudes est faite *a posteriori* c'est-à-dire une fois les segments de préférences déterminés. 2) Les données sociodémographiques et d'usages/attitudes sont prises en compte pour réaliser la segmentation dès le départ. La deuxième approche consiste en une analyse des données avec la méthode L-CLV. La méthode L-CLV est une adaptation de la méthode CLV et implique le traitement de trois blocs de données « en L ». Les données en L dans cette étude consiste aux données d'appréciation des consommateurs et à deux types de données externes : les données sensorielles descriptives et les données de caractérisation des consommateurs. La L-CLV est une approche directe permettant une segmentation des consommateurs en prenant en compte simultanément ces différentes données (Endrizzi *et al.*, 2010; Vigneau, Endrizzi, & Qannari, 2010). Les déterminants sensoriels des préférences des segments sont identifiés et la caractérisation des segments en termes démographiques et d'usages/attitudes est effectuée (Vigneau *et al.*, 2010). La différence entre l'approche CLV avec variables externes et la L-CLV réside dans le fait que dans le cas de L-CLV deux types de composantes latentes sont calculées : celles liées aux données sensorielles et celles liées aux données sociodémographiques et d'usages/attitudes.

2 Résultats

2.1 Données moyennes du panel

Le panel de consommateurs interrogé lors de cette étude est tout d'abord caractérisé globalement avec les données apportées avec le questionnaire (données sociodémographiques et d'usages/attitudes). Le panel est parfaitement équilibré au niveau du genre et plutôt au niveau du ratio de personnes actives/inactives (51,3% et 48,7% respectivement). Le panel est aussi relativement équilibré aux niveaux des tranches d'âge. Cependant, il y a légèrement plus de personnes au-dessus de 56 ans (voir partie II §1.2.1).

Plus de 70 % du panel interrogé consomme des fruits frais tous les jours ou presque. La pomme est le fruit qui est le plus consommé, suivi de la clémentine et de l'orange notamment à cause de la période pendant laquelle s'est déroulée l'étude (janvier-février). En effet, en France, la pomme le fruit est le plus consommé (Hutin, 2006) et représentait, en 2006, 20,4% des fruits achetés (en terme de volume) avant la banane (11,4%) et l'orange (11.1%) (Interfel, 2006). Ceci s'étend aussi aux autres pays d'Europe. Les partenaires du projet Européen Isafruit (6e PCERD) ont observé la consommation de fruits dans sept pays européens et ont révélé que la pomme était toujours dans le trio de tête des fruits les plus consommés: quatre fois en première position (Allemagne, Italie, Pays-Bas et Pologne) et en deuxième (Royaume-Uni et Espagne) ou en troisième position (en Grèce) (Schreuder *et al.*, 2007). En observant les données issues du questionnaire notamment les fréquences de consommation de différents fruits frais, il peut être observé que la consommation globale de fruit frais du panel est fortement corrélée à celle des pommes. Ce qui renforce le fait que la pomme domine le secteur des fruits frais.

Comme tous les autres fruits, la consommation de pommes est variable suivant les saisons. Cette consommation est plus importante en automne/hiver, période à laquelle ce fruit est récolté en France et en Europe (de fin août à fin novembre-début décembre). Cependant, la pomme se conserve relativement bien au froid sous atmosphère normale ou contrôlée ce qui allonge sa durée de vie et sa période de disponibilité. La pomme est à ce jour disponible toute l'année et n'est plus un fruit « saisonnier ». Ceci est renforcé par la forte présence de fruits exportés de l'hémisphère sud pendant la période de printemps-été.

En moyenne, le panel interrogé connait 9,9 variétés de pommes. Dans l'étude du CTIFL faisant référence dans la profession (CTIFL, 2008), 30 % de l'échantillon total connait plus de 7 variétés. Dans la présente étude, on atteint le taux extrêmement élevé de 68,6%. Seulement 7,6 % du panel interrogé connait moins de cinq variétés de pommes. A l'inverse, 9,9 % des consommateurs en connait plus de quinze. La Granny Smith est la variété la plus connue suivie de près par la Golden Delicious, la Royal Gala et l'Elstar. Dans l'étude du CTIFL (2008), c'est la Golden qui est la plus connue suivie de la Granny Smith, de la Reine des Reinettes, de la Royal Gala, et de la Reinette Grise du Canada.

Au niveau des fréquences de consommation de différentes variétés de pommes, la Golden est la pomme la plus consommée avec plus de 40% du panel interrogé qui déclare en manger régulièrement. Cela va dans le même sens que les baromètres pommes de 2000, 2003 et 2008 (CTIFL, 2003, 2008; Hutin & Roty, 2000). La Granny Smith arrive ici en 10e position alors qu'elle est en seconde position dans le baromètre pomme (2008). L'autre grande différence concernant la variété

Belchard Chantecler qui est ici consommée régulièrement par plus de 20% du panel. Dans le baromètre pomme, elle arrive en 15e position (consommée par ~7% du panel). Ces différences s'expliquent par la différence de taille des panels utilisés dans le cadre de notre étude et celle du baromètre pomme, ainsi que leur composition. De plus, nos travaux ont été réalisés avec des consommateurs angevins uniquement alors que les consommateurs interrogés dans le cadre des travaux de Christy provenaient de plusieurs villes. Les variétés déclarées comme préférées sont la Golden Delicious, la Granny Smith, la Royal Gala et l'Elstar. Ce sont également les variétés les plus connues et donc les plus fréquemment consommées.

Des questions portaient également sur les modes de consommation des pommes. Le panel se divise en deux parts presque égales entre les consommateurs qui consomment la pomme entière (52,7%) et ceux qui la consomment en quartiers (47,3%). 58% des consommateurs mangent les pommes épluchées (regroupement des critères *Toujours*, *Uniquement au repas* et *Quand cela est possible*) contre 32% qui épluchent rarement ou jamais. D'après le CTIFL (2008), un tiers des consommateurs pèlent systématiquement les pommes alors que plus de 40% n'épluchent jamais. Ces différences peuvent être expliquées par la taille de l'échantillon de personnes interrogées (224 *vs*. 2000). Les raisons principales d'épluchage sont la présence de pesticides dans la peau pour plus de la majorité ; viennent ensuite l'habitude et l'hygiène. Le baromètre pomme (CTIFL, 2008) met en évidence quatre raisons principales d'épluchage : la santé à cause des traitements des pommes, l'hygiène, la difficulté avaler et l'habitude (fréquence d'environ 30%).

La pomme est consommée comme dessert principalement; le plus souvent crue, telle quelle ou dans un dessert cuisiné. Elle est consommée ponctuellement comme accompagnement d'un plat ou dans une salade. Peu de gens la consomme en substitut d'un plat. Quand la pomme est consommée lors d'un repas, c'est principalement au domicile. En 2011 et 2008, plus de 85 et 92% respectivement des consommateurs ont déclaré manger des pommes à leur domicile pendant le repas (CTIFL, 2008). Par contre, quand la consommation a lieu en dehors du repas, elle est indifféremment consommée au domicile ou hors domicile.

Lors de l'achat, la variété est le 1er critère (parmi les 10 cités) pris en compte. Comme souligné précédemment, les consommateurs achètent les variétés qu'ils connaissent. Le prix est le deuxième critère qui guiderait l'achat puis la fraicheur des fruits et l'origine France. Ces résultats corroborent ceux du baromètre pomme (2008 et 2003) (CTIFL, 2003, 2008) qui identifiaient trois critères d'achat dominants : le bel aspect, la fraicheur et la variété. Le prix et la couleur correspondaient aux seconds critères de choix.

En ce qui concerne le lieu d'achat, les pommes sont des fruits qui sont principalement achetés en hyper- et supermarchés, puis sur le marché ou chez le producteur.

Par ailleurs, au niveau des données hédoniques globales du panel, on peut remarquer qu'un continuum d'appréciation existe sur les 31 lots testés. Les notes moyennes d'appréciation par variété s'échelonnent de 3,82 pour la Granny Smith et à 6,69 pour la Tentation (Figure 21). Globalement, les pommes sont des produits plutôt appréciés. Seul un tiers des lots a une moyenne d'appréciation inférieure à 5 correspondant à 'ni agréable ni désagréable'. De plus, les écart-types sont très grands montrant une forte dispersion des notes d'appréciation du panel de consommateurs et donc des variations d'appréciation parmi le panel de consommateurs pour les différentes variétés de pommes.

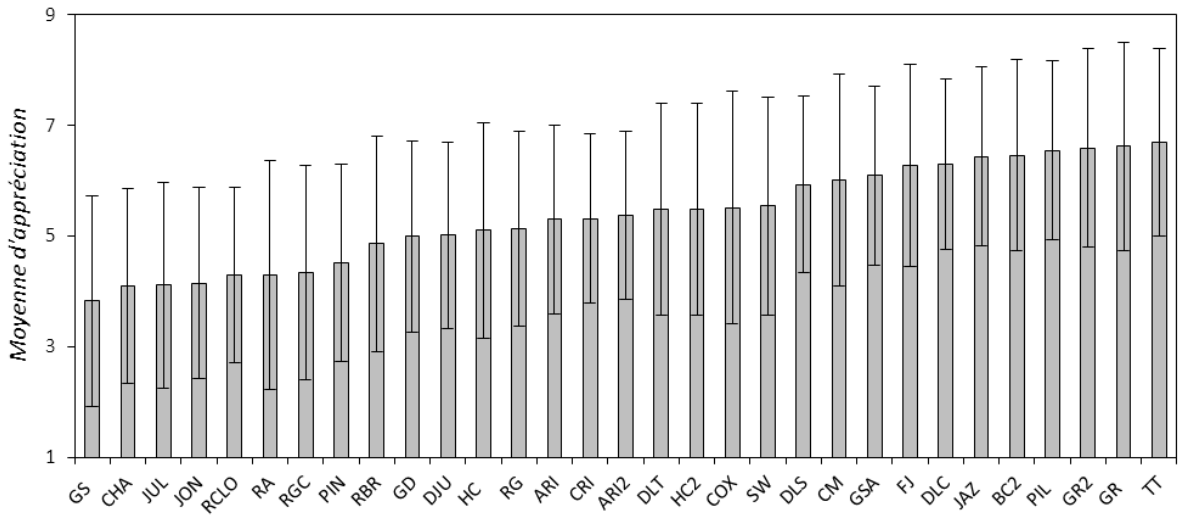


Figure 21 : Moyennes de notes d'appréciation des 31 lots sur l'ensemble du panel

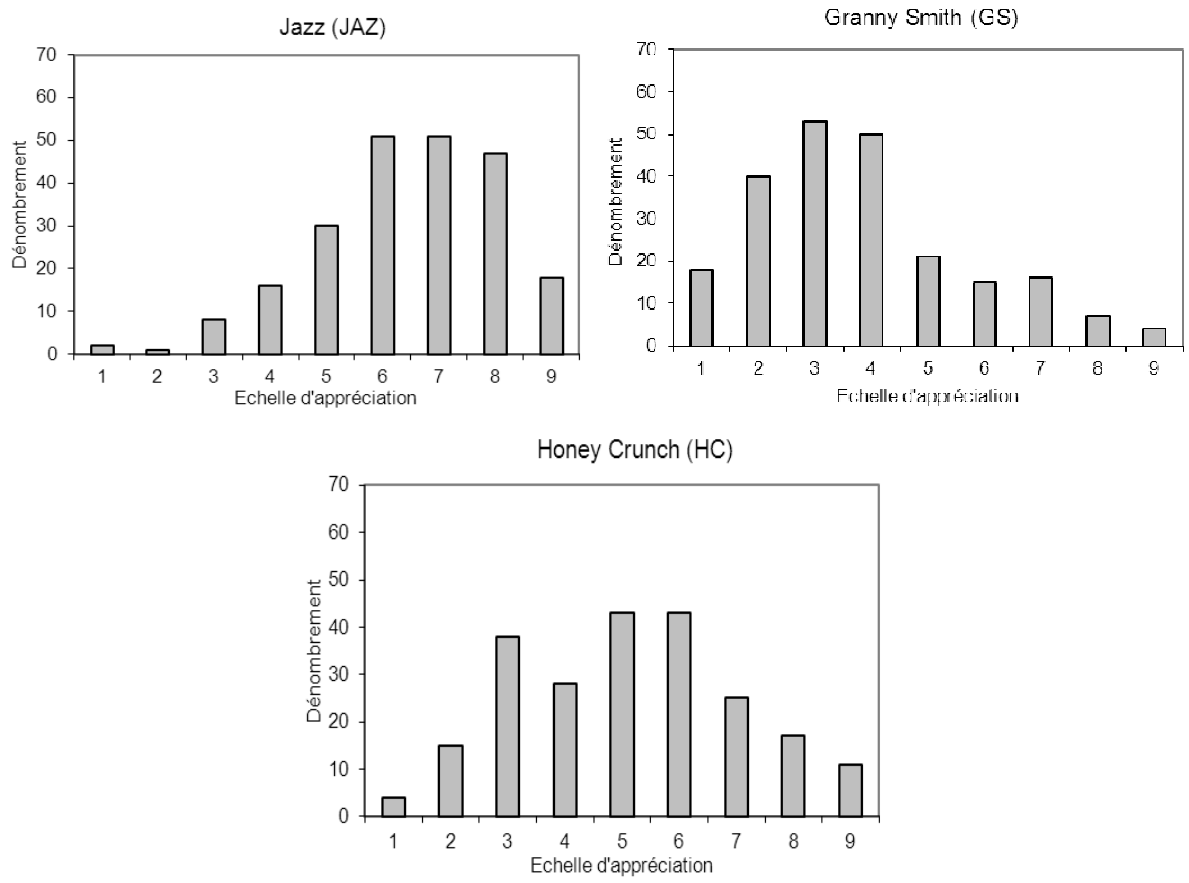


Figure 22 : Exemple de distribution des notes d'appréciation pour trois variétés : Jazz, Granny Smith et Honey Crunch

L'observation de la distribution de notes d'appréciation par variété permet de savoir lesquelles sont appréciées par l'ensemble des consommateurs, de celles qui sont globalement rejetées et ainsi que les variétés segmentantes, c'est-à-dire appréciées par certains consommateurs et rejetées par d'autres. Par exemple, la Jazz fait l'unanimité auprès d'une grande majorité de consommateurs du panel ce qui est l'inverse pour Granny Smith (Figure 22). Honey Crunch a une moyenne d'appréciation de 5,10 signifiant qu'elle n'est ni agréable ni désagréable. La distribution de ces notes d'appréciation, à l'aspect presque bimodal montre que la pomme peut être fortement appréciée comme complètement rejetée. Globalement, les notes sont distribuées sur la presque totalité de l'échelle pour l'ensemble des variétés.

2.2 Segmentation des consommateurs de pommes

L'analyse des données au niveau global du panel ne donne pas d'information détaillée sur les préférences et ne permet pas de distinguer les consommateurs qui aiment une variété de ceux qui ne l'aiment pas. Les méthodes de segmentation donnent la possibilité de grouper les individus qui ont des comportements similaires, ici des préférences similaires. Deux méthodes sont utilisées par la suite pour appréhender la segmentation des consommateurs selon leurs préférences : la cartographie interne et la Classification around Latent Vairable (CLV) ici avec données externes.

2.2.1 Segmentation selon leurs préférences

La cartographie interne des préférences est la méthode la plus couramment utilisée pour observer la segmentation des consommateurs sur la base des données de préférences uniquement. Cette méthode consiste simplement en une ACP sur les données d'appréciation des consommateurs (Danzart, 2009; McEwan, 1996). Les descripteurs sensoriels peuvent être projetés en variables supplémentaires sur la carte des consommateurs (Danzart, 2009; McEwan, 1996). Cette technique permet d'obtenir un résumé des principales directions de préférences et les segments de consommateurs associés (Greenhoff & MacFie, 1994).

Composante	1	2	3	4	5
Valeur propre	58,37	20,13	17,06	10,36	8,58
Pourcentage	26,06%	8,99%	7,61%	4,62%	3,83%
Pourcentage cumulé	26,06%	35,04%	42,66%	47,28%	51,11%

Tableau 16 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie de la cartographie interne des préférences sur les données de la sélection à 31 lots

L'ACP est réalisée sur les données normées, comme suggéré par Greenhof and Macfie (1994), de manière à normaliser la variabilité entre les consommateurs et à observer les corrélations des préférences entre les consommateurs. De cette manière, l'attention est mise sur les directions de préférence et non sur les différences de notation entre consommateurs. Cependant ce choix est discutable. Il est dépendant de l'expérimentateur et des données elles-mêmes. En normant les données, les consommateurs qui discriminent beaucoup les produits sont traités de manière équivalente que ceux qui les discriminent moins. Ainsi chaque consommateur influence de manière égale la détermination des dimensions des préférences (Meullenet, Xiong, *et al*., 2007b).

La cartographie interne des préférences consistera ici en l'examen des trois premiers axes représentant environ 43% de l'information (Tableau 16) ce qui est relativement faible. Cela peut être

expliqué par le nombre important de variables (les consommateurs) et de produits. Ainsi, seulement une partie de la variance des données est prise en compte démontrant une limite bien connue de la méthode de cartographie interne des préférences (Guinard, Uotani, & Schlich, 2001). Cette limite est d'autant plus vraie qu'en général seules les deux premières composantes sont utilisées (Danzart, 2009).

Comme pour une ACP, les résultats de la cartographie interne des préférences à observer sont la carte de produits et le cercle des corrélations. Sur le cercle des corrélations, chaque flèche correspond à un consommateur. Les descripteurs sensoriels ont été projetés en variables supplémentaires (en bleu). Sur la carte des axes 1-2, les consommateurs se situent tous dans la partie droite de la carte, du côté des pommes Fuji (FJ), Pink Lady (PIL), Tentation (TT), Goldrush (GR), Goldrush2 (GR2), Jazz (JAZ) qui sont sucrées, fortement aromatiques et ont un arôme d'*Ananas-Banane* (Figure 23, a et b) et aucun consomateur ne se trouve du côté des pommes Granny Smith (GS), Juliet (JUL), Reinette d'Armorique (RA) et Reinette Grise du Canada (RGC), Chailleux (CHA), Reinette Clochard (RCLO) qui sont des pommes respectivement acides, vertes, fondantes et avec des arômes rustiques. Cependant cette tendance générale est à nuancer au vu de la carte factorielle axes 2-3 (Figure 23, c et d). En effet, il peut être observé que les consommateurs sont répartis sur l'ensemble du plan factoriel. Un continuum entre les consommateurs est illustré sur la Figure 23-d et l'identification de segments n'est pas évidente.

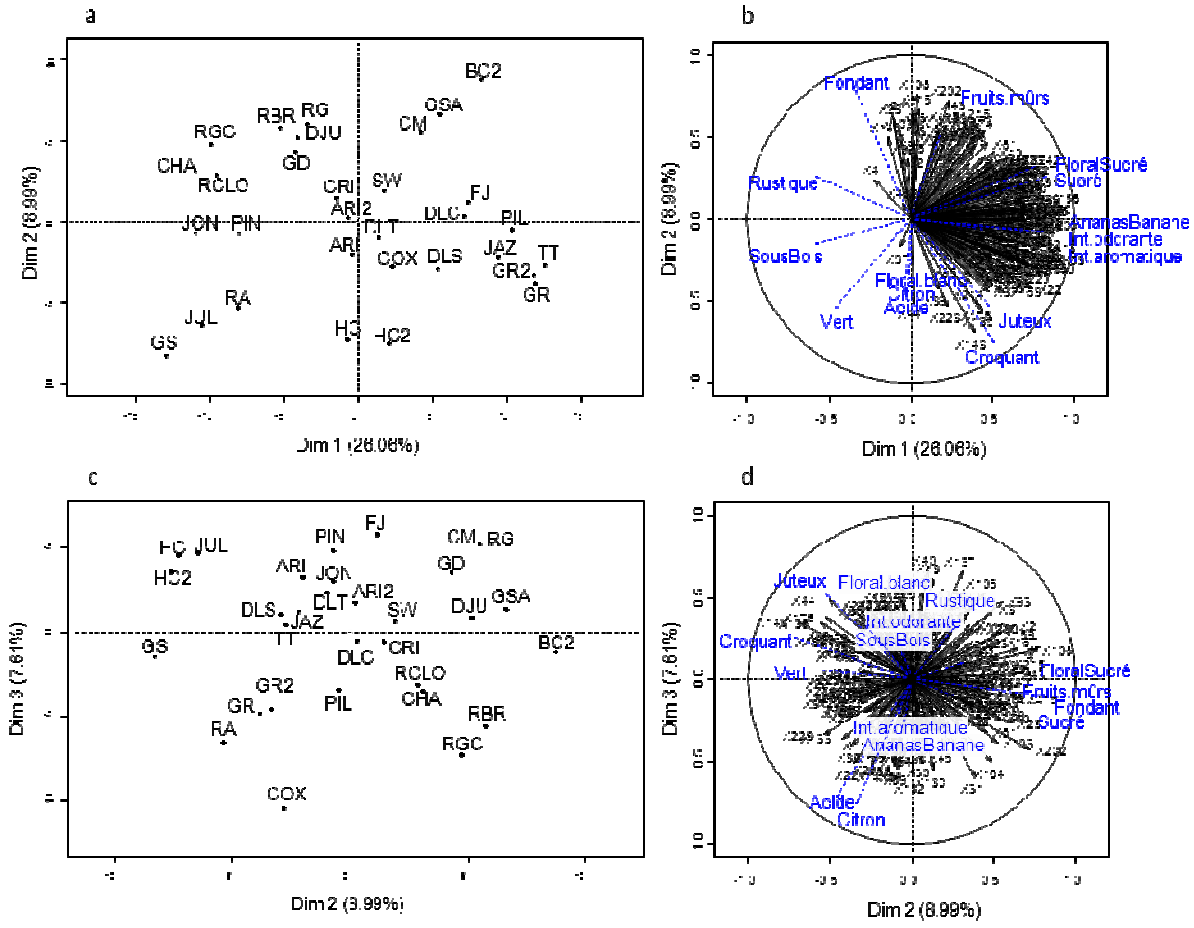


Figure 23 : Cartographie interne des préférences (ACP des consommateurs) sur les dimensions 1-2 (a et b) et 2-3 (c et d)

La cartographie interne des préférences en tant que telle apporte assez peu d'information. D'une part, la séparation des différents segments n'est pas toujours claire et d'autre part, il n'y a aucun moyen pour traduire les dimensions des préférences en caractéristiques des produits sachant que les données des consommateurs ne sont pas régressées sur un jeu de données externes sensorielles ou instrumentales (Guinard *et al.*, 2001). Néanmoins, des informations sur les propriétés sensorielles déterminant les directions des préférences ont pu être obtenues en projetant les descripteurs sur les cartes de l'ACP (MacFie & Hedderley, 1993) : les pommes sucrées, aromatiques plaisent, les pommes acides et vertes non. La cartographie interne est utilisée aussi comme base de représentation des solutions obtenues avec la méthode CLV avec données externes. Cela est décrit dans le paragraphe suivant.

2.2.2 Segmentation selon les données de préférences et les données descriptives sensorielles

L'exploitation des données d'appréciation seules a montré certaines limites et ne sont pas toujours suffisantes pour expliquer les préférences des consommateurs. La Classification Around Latent Variable avec données externes (Vigneau & Qannari, 2002), méthode alternative à la cartographie externe des préférences, est utilisée pour étudier les préférences des consommateurs. Les segments sont déterminés en fonction de combinaisons de descripteurs sensoriels qui doivent être reliés le plus possible aux préférences exprimées.

La première étape consiste au choix du nombre de segments de consommateurs. Ce choix est effectué à l'aide du diagramme d'évolution du critère d'agrégation. La procédure hiérarchique consiste à agréger de manière séquentielle deux segments de consommateurs afin de minimiser la diminution de la qualité du critère d'agrégation. D'après ce diagramme du critère d'agrégation (Figure 24), une partition en deux, trois ou quatre segments peut être considérée. En effet, la figure montre plusieurs grandes variations de la qualité du critère d'agrégation: entre un et deux, deux et trois, et trois et quatre segments. Une partition en quatre segments est choisie afin d'obtenir une plus grande richesse sensorielle au niveau de l'interprétation des résultats. Chaque segment représente respectivement 30, 18, 32 et 20 % du panel de consommateurs.

Les différents segments de consommateurs obtenus par l'analyse CLV prenant en compte les données sensorielles sont alors projetés sur l'ACP des consommateurs – cartographie interne des préférences – pour être visualisés, axes 1-2 (Figure 25-a) et axes 2-3 (Figure 25-b). Le segment 1 (noir) est bien représenté par les axes 1 et 3. Le segment 2 est bien représenté par l'axe 2 et en partie par l'axe 1. Bien que les segments 3 et 4 soient mélangés sur l'axe 1, ils se distinguent sur les axes 2 et 3.

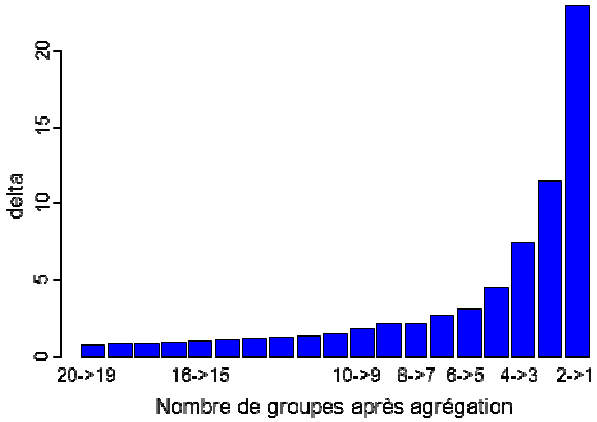


Figure 24 : Evolution du critère d'agrégation de CLV avec la sélection à 31 lots

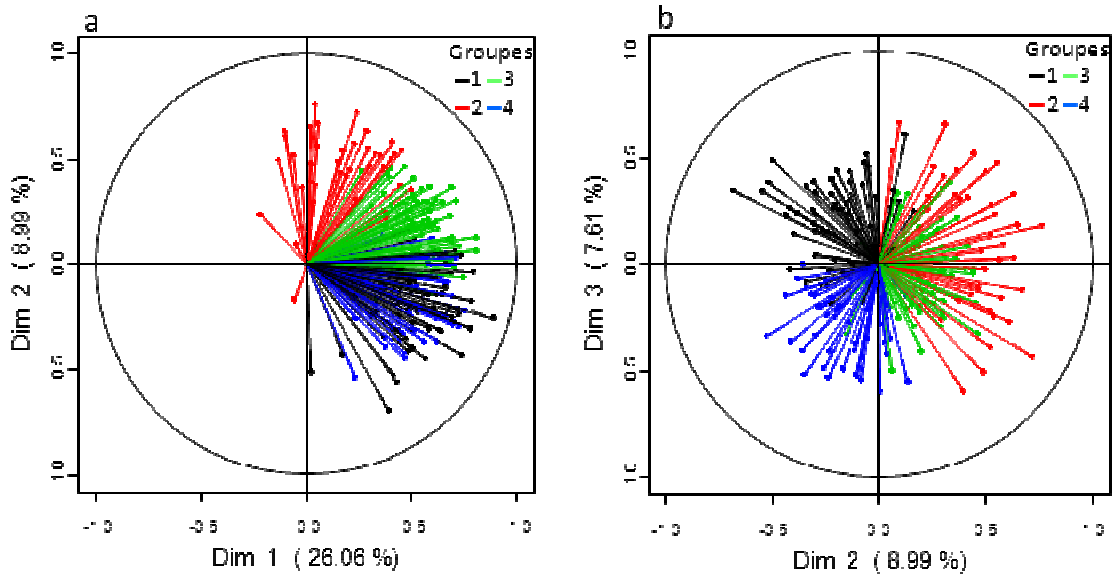


Figure 25 : Visualisation des quatre segments des préférences sur la cartographie interne des préférences, axes 1-2 (a), et axes 2-3 (b)

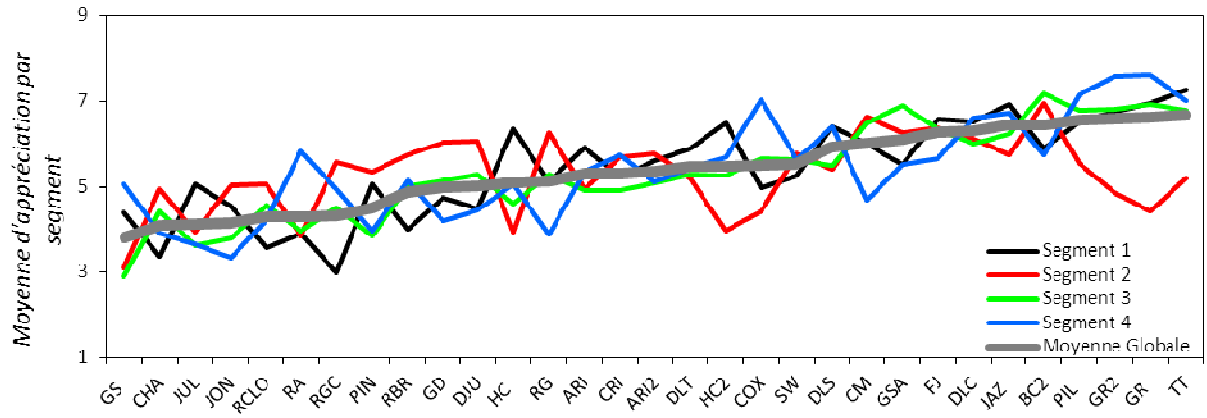


Figure 26 : Moyenne d'appréciation des 31 lots par segment et moyenne globale du panel

Chaque segment a des préférences différentes pour chacun des lots. La moyenne d'appréciation de chaque segment pour les différents lots est présentée dans la Figure 26. Il peut être observé que le segment 2 – en rouge – et le segment 4 – en bleu – se distinguent particulièrement de la moyenne globale du panel ce qui est moins le cas pour le segment 3. Ce graphique appuie le choix de l'analyse des préférences en quatre segments et non en trois.

2.3 Identification des déterminants sensoriels des préférences par segment de consommateurs

L'objectif d'une étude de préférences ne consiste pas seulement à analyser des différents segments de consommateurs mais aussi à identifier des déterminants sensoriels des préférences des différents segments. Ceci est rendu possible grâce à l'utilisation des données sensorielles descriptives des produits qui permet aussi de caractériser les lots appréciés ou non. Trois types de résultats complémentaires sont utilisés pour l'identification des déterminants de préférences : 1) Les coefficients associés aux descripteurs sensoriels, issus des composantes latentes, servent à identifier l'importance des caractéristiques sensorielles dans le modèle des préférences et peuvent être positif ou négatifs suivant qu'ils indiquent une préférence ou un rejet de ce descripteur. Ces coefficient sont présentés en Annexe 8. 2) Les contributions des descripteurs aux modèles de préférences permettent de voir quelles sont les déterminants sensoriels les plus importants dans les préférences de chaque segment. Elles sont présentées Figure 27. La contribution d'un descripteur est relative aux contributions des autres descripteurs dans le modèle de préférence de ce même segment. L'accent est mis sur les contributions supérieures à 0,08. 3) Les graphiques des composantes partielles (Figure 28) permettent d'observer l'évolution de l'intensité du descripteur en fonction de l'appréciation à l'aide de l'allure de la courbe. Il est possible de comparer l'impact de chaque descripteur sur les préférences de chaque segment.

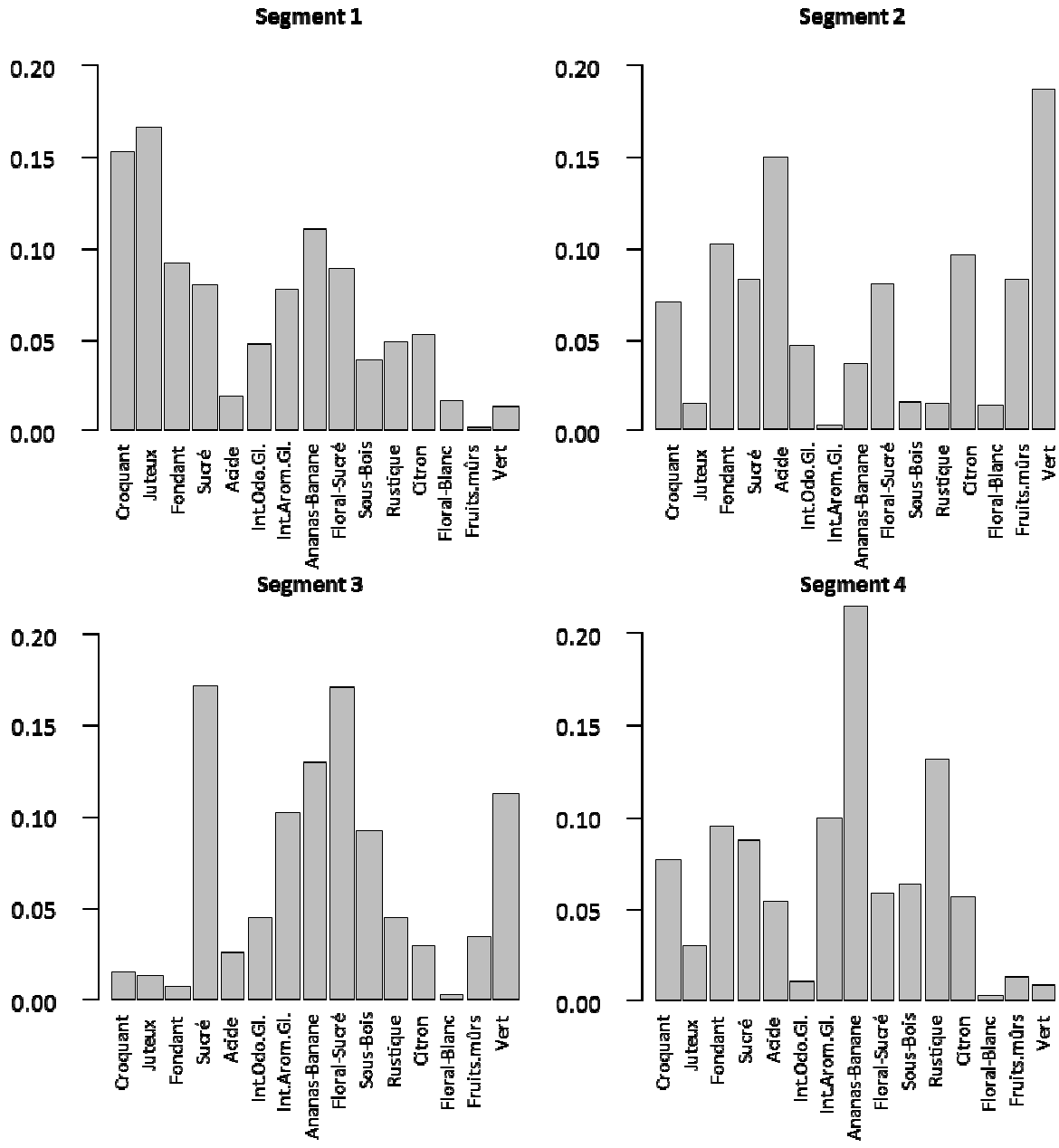


Figure 27 : Contributions des descripteurs au modèle des préférences pour chaque segment pour la partition de CLV en quatre segments avec les 31 lots

Dans le modèle du segment N°1, les contributions des descripteurs de texture *Croquant*, *Juteux* et *Fondant* sont parmi les plus fortes (Figure 27). Les descripteurs *Sucré*, *Intensité Aromatique Globale* et les notes *Ananas-Banane* et *Floral-Sucré* ont également un poids important dans le modèle des préférences du segment 1. Les graphiques des composantes partielles permettent de compléter l'analyse et de voir dans quel sens ces différents descripteurs influence les préférences (Figure 28). Les arômes *Ananas-Banane*, *Floral-Sucré*, l'*Intensité Aromatique Globale* et le *Sucré* sont des descripteurs d'appréciation positive. Plus ils sont intenses plus la note de

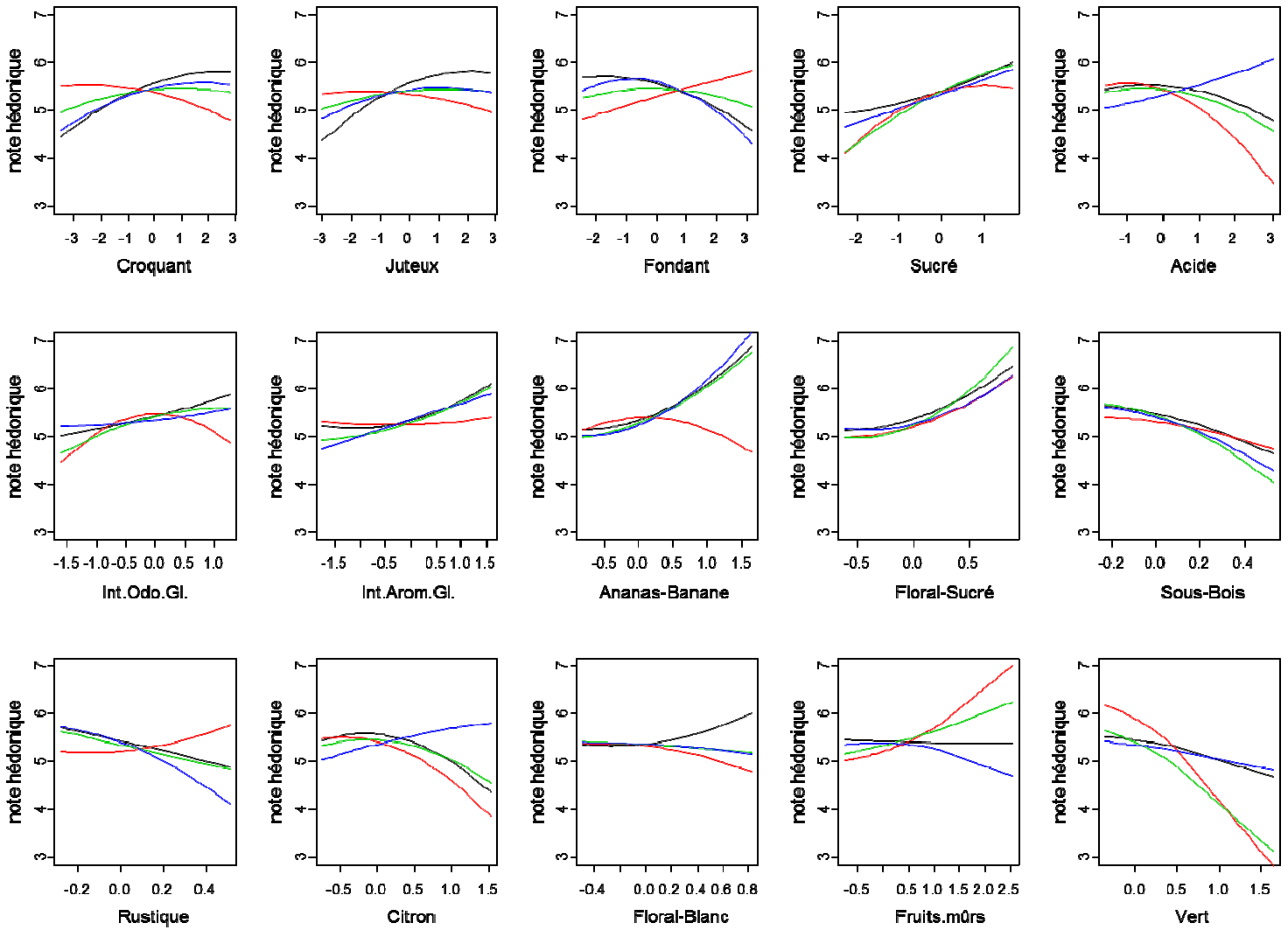
préférence augmente. Le *Croquant* et *Juteux* sont également appréciés alors que le caractère *Fondant* est au contraire rejeté par les consommateurs du segment 1.

La saveur acide et sucrée, la texture fondante, les arômes *Vert*, *Citron*, *Fruits Mûrs* et *Floral-Sucré* interviennent principalement dans le modèle des préférences du segment 2 (Figure 27). Les préférences du segment 2 sont caractérisées par le fort rejet des notes *Verte*, *Citron* et de la saveur *Acide* (Figure 28). Les consommateurs de ce segment semblent apprécier le caractère *Fondant*, à l'inverse des autres segments. Ils apprécient davantage les arômes *Fruits Mûrs*. Le descripteur *Ananas-Banane* a une contribution relativement faible au modèle de préférence, néanmoins ce type d'arôme n'est pas apprécié dans ce segment de consommateurs au contraire des trois autres segments.

Pour le segment 3, les principales contributions au modèle de préférences viennent des descripteurs *Sucré*, des arômes *Floral-Sucré*, *Ananas-Banane*, *Vert*, *Sous-Bois* et l'*Intensité Aromatique Globale* (Figure 27). A l'inverse du premier segment de consommateurs, les descripteurs de texture ne semblent avoir que très peu de poids dans le modèle de préférence. Les contributions des descripteurs *Croquant*, *Juteux* et *Fondant* sont quasiment nulles. Les consommateurs du segment 3 ont des préférences qui augmentent avec l'intensité de la saveur sucrée et des notes *Floral-Sucré*, *Ananas-Banane* et de l'*Intensité Aromatique Globale* (Figure 28). Au contraire, la préférence diminue avec l'augmentation des notes *Vertes* et *Sous-Bois*.

En observant les contributions des différents descripteurs dans le modèle de préférences du segment 4, il peut être observé que les descripteurs aromatiques *Ananas-Banane*, *Rustique* ont le plus de poids suivis ensuite des descripteurs *Intensité Aromatique Globale*, *Fondant* et *Sucré* (Figure 27). Les consommateurs de ce segment apprécient les pommes sucrées, aromatiques avec des notes *Ananas-Banane* et non *Rustique* (Figure 28). Le caractère *Fondant* est également rejeté. Contrairement aux autres segments, les préférences de ce segment sont liées de manière positive à l'acidité des pommes et aux arômes de *Citron* même si ces deux descripteurs contribuent assez faiblement au modèle.

Globalement, la contribution des descripteurs de texture aux modèles de préférences est variable d'un segment à l'autre. Au contraire, il peut être observé que le descripteur *Sucré* joue un rôle essentiel pour tous les segments, sa contribution est toujours supérieure à 0,08. Les caractères aromatiques ont globalement une forte contribution dans les modèles de préférences de différents segments. Néanmoins, les notes aromatiques impliquées dans les différents modèles de préférences sont spécifiques à chacun des segments.



Les couleurs correspondent aux différents segments de consommateurs.
En noir : segment 1, en rouge : segment 2, en vert : segment 3, en bleu : segment 4.

Figure 28 : Composantes latentes partielles construites à partir des coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour la partition de CLV en quatre segments avec les 31 lots de pommes

2.4 Caractérisation *a posteriori* des segments de consommateurs avec les données sociodémographiques et d'usages/attitudes

Une fois les segments de consommateurs définis et les déterminants sensoriels des préférences identifiés, il est intéressant d'observer s'il y a une concordance entre les segments de préférences et certains types d'individus. La caractérisation des segments requiert l'utilisation des variables sociodémographiques et d'usages/attitudes et est réalisée en effectuant un test de Chi-deux sur différentes variables. Globalement, il peut être observé qu'un petit nombre de variables sociodémographiques et d'usages/attitudes ressortent significativement d'un segment à l'autre (Figure 29). Les variables âge, genre et catégories sociodémographiques ne ressortent pas de manière significative. Le premier segment a une plus forte proportion de consommateurs s'approvisionnant en hypermarchés par rapport aux autres segments. Le segment 2 montre une plus forte proportion de consommateurs consommant la pomme de manière pelée. Cette dernière information est en accord avec l'appréciation du caractère *Fondant* des pommes, caractéristique texturale notable des pommes du type « reinette » qui ont une peau russetée. Quelques tendances se dessinent au niveau du segment 4. Les consommateurs de ce segment semblent se démarquer pour un approvisionnement au marché. Ils semblent sensibles aux variétés lors de l'acte d'achat.

Il est à signaler que les caractéristiques sensorielles déclarées comme importantes sont cohérentes avec les déterminants des préférences de chaque segment. Le premier segment de consommateurs indique rechercher avant tout le croquant et moins les caractères sucré et parfumé confirmant les préférences sensorielles mesurées à l'aveugle. Ces consommateurs sont les plus attentifs à la texture. En effet, leur modèle de préférences montre l'appréciation du *Croquant* et du *Juteux* et le rejet du *Fondant*. Le second segment est composé de personnes déclarant acheter les pommes pour leur saveur sucrée et leur parfum. Le croquant n'étant pas un de leur premier critère. Les préférences sensorielles à l'aveugle du segment de consommateurs N°2 sont expliquées particulièrement par le rejet de la saveur acide et des notes aromatiques vertes. Ils apprécient également les pommes sucrées et avec des notes *Floral-Sucré* et *Fruits Mûrs*. Au niveau du segment 3, il y a une proportion plus importante de consommateurs que dans les autres segments affirmant chercher avant tout le caractère parfumé. Leur modèle de préférences met en avant l'importance de certains arômes. Le segment N° 4 comporte une plus forte proportion de personnes recherchant dans les pommes la caractéristique acide. Ce résultat est confirmé par le fait que ce segment apprécie la saveur acide ce qui n'est pas le cas pour les autres segments qui le rejettent. Globalement, les caractéristiques déclarées sont plutôt en accord avec les préférences observées démontrant une grande familiarité à la consommation de pommes en France.

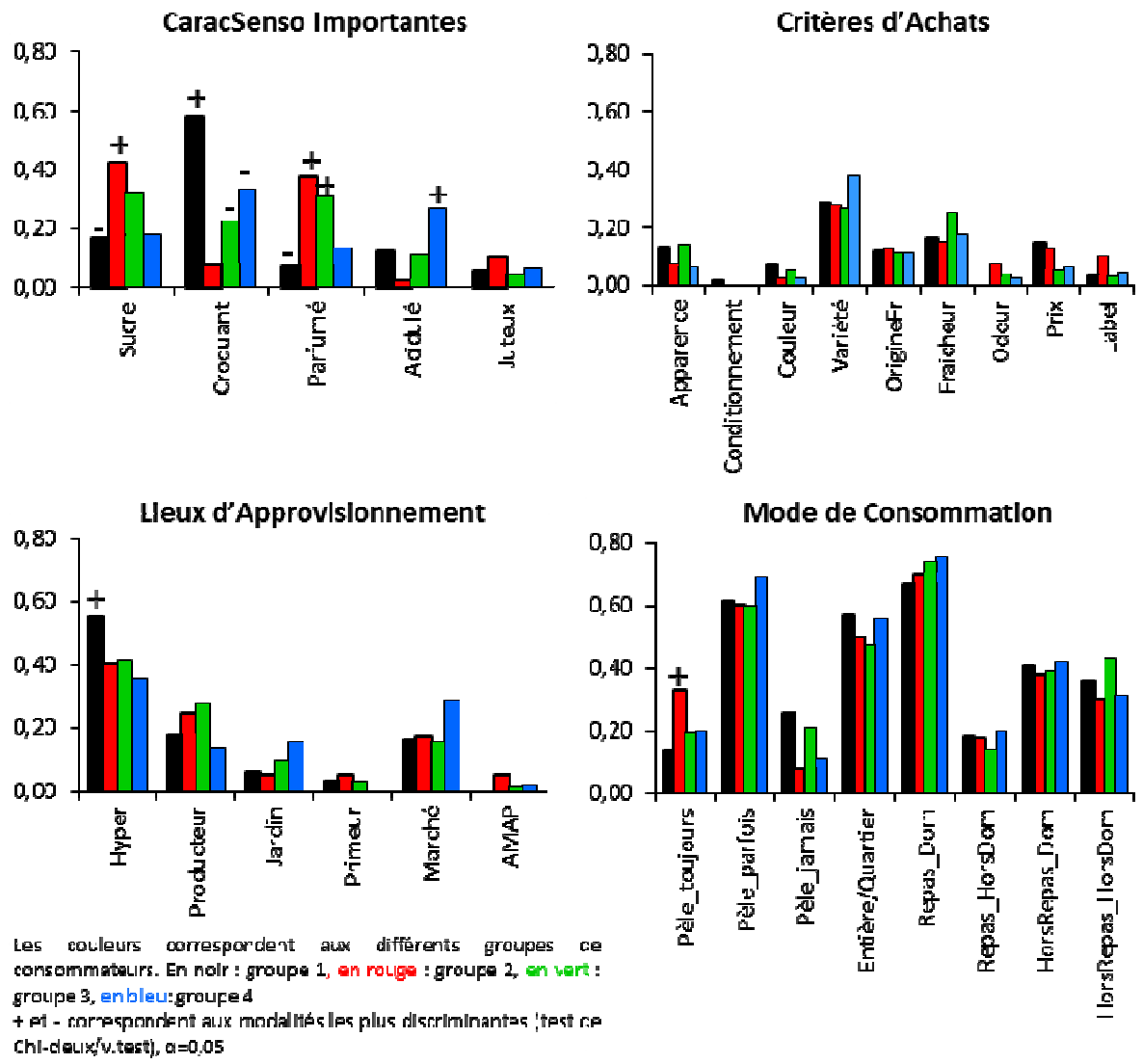


Figure 29 : Distribution des consommateurs des quatre segments suivant les différentes modalités des différentes variables qualitatives

L'ensemble des variables sociodémographiques et usages/attitudes significatives par segment sont résumées dans le Tableau 17. Dans ce tableau, la proportion du panel que représentent les différents segments est également indiquée ainsi que les déterminants sensoriels des préférences et les variétés les plus appréciées et rejetées.

La méthode CLV avec données externes permet d'obtenir des résultats intéressants en termes sensoriels. Cependant, la caractérisation des segments avec l'insertion des données du questionnaire (données sociodémographiques et des données d'usages/attitudes) *a posteriori* s'avère difficile. Il n'y a qu'un petit nombre de variables qui permettent de différencier de manière significative les segments.

2.5 Classification des consommateurs avec les données sensorielles et utilisation *a priori* des données sociodémographiques et d'usages/attitudes

Dans cette partie, la méthode L-CLV est appliquée sur ces mêmes données afin de comparer la caractérisation des segments en termes de déterminants sensoriels des préférences et de caractérisation qualitative (sociodémographique et d'usages/attitudes) des différents segments.

La méthode L-CLV prend en compte les données d'appréciation et deux types de données externes : la description sensorielle des produits et les données sociodémographiques et d'usages/attitudes des consommateurs. Ainsi les données concernant la description des consommateurs sont intégrées dès le départ (*a priori*) pour établir la segmentation des consommateurs et les modèles de préférences. Une partition en trois segments est la plus pertinente, le diagramme d'évolution du critère d'agrégation est présenté en Annexe 9. Les trois segments sont composés de 82, 96 et 46 consommateurs et représentent respectivement 37, 43 et 20% du panel.

Comme pour l'analyse précédente (CLV), il est possible d'observer la contribution des descripteurs dans les modèles des préférences et les graphiques des composantes latentes partielles construites à partir des coefficients associés aux descripteurs sensoriels (Annexe 9). Les segments 1 et 2 ont des déterminants sensoriels des préférences globalement proches qui sont une texture croquante et juteuse ainsi que la saveur sucrée. Au niveau des arômes, ces deux segments apprécient les notes *Ananas-Banane*. Il y a cependant quelques nuances entre ces deux segments pour l'*Acidité* et la note *Citron*. En effet, le segment 2 apprécie un peu plus ces deux caractéristiques. Les préférences des consommateurs du segment 3 sont assez différentes du reste des consommateurs. Ils ne rejettent pas la texture *Fondante* et donnent moins d'importance au caractère *Croquant*. Ils apprécient davantage les notes *Rustique* et *Fruits Mûrs*; rejettent davantage la note *Ananas-Banane* et rejettent clairement la saveur *Acide* et l'arôme *Vert*.

L'approche avec L-CLV permet de regarder directement la caractérisation des segments d'un point de vue sociodémographique et des critères d'usages et attitudes. Comme pour les descripteurs sensoriels, les coefficients associés aux paramètres sociodémographiques et d'usages/attitudes dans la composante latente pour chaque segment permettent de décrire les trois segments. Bien que les segments 1 et 2 soient proches au niveau préférences sensorielles, il s'avère qu'ils représentent deux types de consommateurs bien distincts.

En effet, le segment 1 représente le segment le plus jeune, ayant une fréquence de consommation de pommes un peu moins forte, citant un moins grand nombre de variétés au

contraire du segment 2 qui comportent des personnes plus âgées consommant des pommes tous les jours et qui ont une grande connaissance variétale. Les consommateurs du segment N°1 déclarent rechercher des pommes croquantes à l'inverse les consommateurs du segment N°2 cherchant plutôt des pommes acides. Au moment de l'achat, les consommateurs du premier segment sont sensibles plus à l'apparence, au conditionnement et à la couleur tandis que les consommateurs du segment 2 sont attentifs à la variété et à l'origine France tout comme les personnes du segment 3. Les consommateurs du segment 1 s'approvisionnent plus en supermarchés contrairement aux deux autres segments qui vont davantage au marché ou dans leur/un jardin. Le segment 3 a aussi plus de consommateurs plus âgés mais est composé de consommateurs recherchant des pommes sucrées et parfumées. Au niveau du mode de consommation, seul le segment 1 se distingue par une plus forte consommation de pommes avec la peau et entière. La distribution des âges au sein des différents segments est cohérente avec les autres variables recueillies notamment la fréquence de consommation, le nombre de variétés connues, les critères à l'achat, les lieux d'approvisionnement et le mode de consommation. L'ensemble des données issues de l'analyse L-CLV est résumé dans le Tableau 18.

Les deux tableaux récapitulatifs des résultats (Tableau 17 et Tableau 18) issus du traitement des données avec CLV et L-CLV permettent de les comparer. Tout d'abord, il est souligné que le nombre de segments est différent. Cependant, le nombre de segments est choisi par l'expérimentateur. Avec la méthode CLV, une partition en quatre segments a été choisie pour avoir plus de détails au niveau des préférences sensorielles. A l'issue de l'analyse avec CLV, il peut être remarqué que les données de préférences à l'aveugle et les caractéristiques sensorielles recherchées dans les pommes sont très liées, démontrant la cohérence de l'analyse. Cette méthode donne un bon aperçu des préférences sensorielles. Concernant, l'analyse avec L-CLV, de nombreuses variables qualitatives caractérisent significativement les segments. Cependant, il y a moins de cohérence entre les préférences du test en bouche et les caractéristiques sensorielles déclarées comme importantes. De même, la cohérence est moindre si on considère les déterminants des préférences. Cela peut probablement s'expliquer par le fait que la L-CLV donne moins de détail vis-à-vis des données sensorielles puisque l'information externe sur les caractéristiques des consommateurs doit être utilisée en même temps. Les segments obtenus avec l'une ou l'autre des méthodes correspondent néanmoins assez bien si on regarde les variétés les plus appréciées et les plus rejetées. Le segment 1-CLV correspondrait au segment 1-LCLV. Le segment 2-CLV correspondrait au segment 3-LCLV. Les segments 3 et 4-CLV correspondraient au segment 2-LCLV.

Tableau 17 : Récapitulatif des résultats par segment de consommateurs (méthode CLV avec données externes) : proportion du panel, déterminants des préférences, lots de pommes préférés et les plus rejetés, caractéristiques sociodémographiques et d'usages/attitudes significatives.

		Segment 1	Segment 2	Segment 3	Segment 4
% du panel (n=224)		30%	18%	32%	20%
Principaux déterminants des préférences positifs		Juteux, Croquant, Ananas-Banane, Floral-Sucré, Sucré, Intensité Aromatique Globale	Fondant, Fruits Mûrs	Sucré, Floral-Sucré, Ananas-Banane, Intensité Aromatique Globale	Ananas-Banane, Intensité Aromatique Globale, Sucré
Principaux déterminants des préférences négatifs (rejets)		Fondant	Vert	Vert, Sous-Bois	Rustique
Déterminants avec un optimum		/	Acide, Citron, Sucré, Ananas-Banane	/	Fondant
3 lots préférés		Tentation > Goldrush > Jazz	Belchard chantecler2 > Caméo > Fuji	Belchard chantecler2 > Goldrush > Golden de Savoie	Goldrush > Goldrush 2 > Pink Lady
3 lots les plus rejetés		Reinette Grise du Canada < Chailleux < Reinette Clorchard	Granny Smith < Reinette d'Armorique < Honey Crunch	Granny Smith < Juliet < Jonagored	Jonagored < Juliet < Royal Gala
Caractéristiques socio démographiques	Age	/	/	/	/
Usages et Attitudes	Fréquence de consommation	/	/	/	/
	Nombre variétés connues	/	/	/	/
	Caractéristiques sensorielles déclarées comme importantes	Croquant (+) *vs*. Sucré (-) et Parfumé (-);	Sucré (+) et Parfumé (+) *vs*. Croquant(-) et Acidité (-)	Parfumé (+) *vs*. Croquant (-)	Acidité (+) *vs*. Croquant (-)
	Critères d'achat	/	/	/	/
	Approvisionnement	Hypermarchés	/	/	/
	Mode de consommation	/	Pèle toujours les pommes	/	/

(+) et (-) correspondent au critère significatif au test du chi-deux ($p<0,05$)

Tableau 18 : Récapitulatif des résultats par segment de consommateurs (méthode L-CLV) : proportion du panel, déterminants des préférences, lots de pommes préférés et les plus rejetés, caractéristiques sociodémographiques et d'usages/attitudes significatives.

		Segment 1	Segment 2	Segment 3
% du panel (n=224)		37%	43%	20%
Principaux déterminants des préférences positifs		Ananas-Banane, Floral-Sucré, Juteux, Croquant, Sucré, Intensité Aromatique Globale	Ananas-Banane, Sucré, Intensité Aromatique Globale, Floral-Sucré	Sucré, Fondant, Fruits mûrs, Floral-Sucré
Principaux déterminants des préférences négatifs (rejets)		/	Rustique	Vert, Acide, Citron
Déterminants des préférences avec un optimum		/	/	/
3 lots prefers		Tentation > Goldrush > Jazz	Goldrush > Goldrush 2 > Pink Lady	Belchard chantecler2 > Caméo > Golden de Savoie
3 lots les plus rejetés		Reinette Grise du Canada < Chailleux < Reinette d'Armorique	Jonagored < Granny Smith < Juliet	Granny Smith < Juliet < Reinette d'Armorique
Caractéristiques socio démographiques	Age	18-25 (+)	56 et plus (+)	56 et plus (+)
Usages et Attitudes	Fréquence de consummation	1-2 fois/semaine (+)	tous les jours (+)	/
	Nombre variétés connues	5-9 (+)	10-15 (+)	/
	Caractéristiques sensorielles déclarées comme importantes	Croquant (+)	Acide (+)	Sucré (+), Parfumé (+)
	Critères d'achat	Apparence (+), Couleur (+), conditionnement (+)	Variété (+), OrigineFrance (+)	Variété (+), OrigineFrance (+)
	Approvisionnement	Hypermarché	Producteur (+), Jardin (+)	Producteur (+), Jardin (+)
	Mode de consommation	Ne pèle jamais (+), Entier/Quartier (+)	/	/

(+) et (-) correspondent au critère significatif au test du chi-deux ($p<0,05$)

3 Discussion

3.1 Déterminants des préférences des consommateurs de pommes

Jusqu'alors, un nombre maximum de 12 variétés de pommes a été utilisé pour étudier les préférences (Daillant-Spinnler *et al.*, 1996). Cette étude pose la question de la représentativité des variétés utilisées par rapport à l'ensemble de la variabilité sensorielle des pommes.

Globalement dans notre étude des préférences, la contribution des descripteurs de texture aux modèles de préférences est importante comme cela a été souligné dans la littérature (Daillant-Spinnler *et al.*, 1996; Péneau *et al.*, 2006). La majorité des consommateurs avait des préférences associées positivement à la fermeté, la jutosité et le sucré dans l'étude de Daillant-Spinner *et al*. Il a aussi été montré que la fermeté et le juteux sont liés à la fraicheur ce qui est également le cas l'appréciation globale (Péneau *et al.*, 2006). Néanmoins, l'étude présente n'est pas complètement en accord et apporte une nuance sur une partie de la population. En effet, le poids des descripteurs sensoriels texturaux dans les préférences est variable d'un segment à l'autre. Dans l'étude actuelle (analyse avec CLV et données externes), le premier segment de consommateurs (30%) a pour déterminants principaux le juteux et le croquant, contrairement aux consommateurs du segment 2 (18%) qui apprécient les pommes fondantes. Mais les consommateurs des segments 3 et 4 ne semblent pas déterminer leurs préférences sur les critères de texture.

A l'inverse, le descripteur *Sucré* joue un rôle essentiel pour tous les segments, sa contribution dans les modèles de préférences est toujours supérieure à 0,08. Ce déterminant des préférences a déjà été mis largement en avant dans la pomme (Daillant-Spinnler *et al.*, 1996; Jaeger *et al.*, 1998; Péneau *et al.*, 2006).

Concernant le rôle des arômes, leur importance dans les préférences des consommateurs n'était pas toujours similaire dans les différentes sources bibliographiques. Ici, les caractères aromatiques ont globalement eu une forte contribution dans les modèles de préférences de différents segments. Ce résultat confirme une partie des résultats de Jaeger *et al*. (1998). En effet, ces chercheurs ont mis en évidence deux segments de consommateurs, le premier sensible à la texture et le second donnant plus de poids à la flaveur à savoir la saveur sucrée et les arômes fruités/floraux (Jaeger *et al.*, 1998). Cependant, les notes aromatiques impliquées dans les différents modèles de préférences, mises en évidence dans nos travaux, sont spécifiques à chacun des segments. Certains consommateurs préfèrent les notes fruitées, florales ou encore de fruits mûrs. Les différences entre les segments sont particulièrement importantes pour les notes vertes, de citron ou encore rustiques qui sont totalement rejetées par certains segments.

Dans la construction des modèles de préférences réalisée ici le caractère *Farineux* n'a pas été pris en compte directement. Cependant, il a été souligné que les caractères *Fondant* et *Farineux* étaient très corrélés lors de la description sensorielle des pommes (Partie I, §2.4.2.). Il est alors possible de supposer un comportement similaire du caractère *Farineux* pour expliquer les préférences. Les résultats présentés montrent un rejet du caractère *Fondant* par la majorité du panel, trois segments sur quatre soit 82% du panel. Jaeger *et al*. (1998) ont fait une étude préférence mettant en jeu trois variétés et trois niveaux de farinosité et ont mis en évidence que les préférences étaient plus dues aux variétés qu'à la farinosité. La farinosité a été toutefois perçue par les consommateurs comme un caractère négatif dans plusieurs étude de préférences (Egger, 2010; Jaeger *et al.*, 1998) ce qui est également le cas des texture spongieuse et molle (Daillant-Spinnler *et al.*, 1996; Egger, 2010).

L'acidité est peu citée dans la littérature comme critère d'appréciation mais plutôt comme un critère de rejet. Une certaine acidité est acceptable par le consommateur mais un fruit trop acide, jugé immature, est généralement rejeté (Nicklaus, 2007). On pourrait ainsi s'attendre à obtenir une courbe de réponse d'appréciation en cloche par rapport à l'intensité de l'acidité, ce qui n'est pas le cas dans nos résultats. Jaeger *et al*. (1998) ont noté que les variétés plus acides que les autres étaient peu appréciées, Boskoop dans leur cas. Dans l'étude présente, des conclusions similaires peuvent se dessiner. En effet, Granny Smith (GS) et Reinette d'Armorique (RA), deux pommes très acides, font partie des pommes les moins appréciées. Là encore, on observe une segmentation assez marquée sur ce critère « acide ». Le segment de consommateurs N°3 (partition en 4 segments avec analyse CLV) contrairement aux autres apprécie ce caractère (Figure 28) ainsi que le caractère sucré. Ces consommateurs sont certainement à la recherche d'un certain équilibre sucre/acide souligné dans la bibliographie (Crisosto, Crisosto, & Garner, 2004). Ils apprécient notamment la Pink Lady et la Goldrush.

Les différences de résultats entre les études peuvent s'expliquer par les caractéristiques sensorielles de la sélection de produits. Par exemple, les travaux de Hoehn *et al*. (2003) montrent que l'acceptabilité est liée à un niveau minimal de fermeté mais que ce niveau varie suivant les variétés. Ces disparités de résultats peuvent être aussi dues aux consommateurs eux-mêmes du fait de leur nationalité et leur culture. Jaeger *et al*. (1998) ont travaillé avec des consommateurs anglais et danois alors que l'étude présente et celle de Péneau *et al*. (2006) concernent respectivement des consommateurs français et suisses. Il est important de considérer une limite de notre étude pouvant expliquer peut être les différences de résultats. Le panel interrogé n'était constitué que de consommateurs de la région d'Angers, forte région productrice de pommes. Dans les différents

circuits de distribution locaux un très grand nombre de variétés est présent. Ainsi les consommateurs angevins sont familiers avec un plus grand nombre de variétés ce qui peut poser la question de la représentativité du panel par rapport à la population française. Une autre limite devant être soulignée est la durée de l'étude des préférences. Elle s'est déroulée sur cinq semaines consécutives ce qui peut engendrer une évolution des fruits et impacter les mesures sensorielles et hédoniques. Cependant, les plans de présentation étaient équilibrés à la fois pour les tests sensoriels descriptifs et hédoniques pour minimiser cet effet.

Suivant les segments de consommateurs, les caractères texturaux de saveurs et d'arômes sont plus ou moins importants dans l'explication des préférences mais aucun ne peut être négligé. L'arôme qui jusqu'alors n'était pas forcément mis en évidence comme déterminant des préférences principaux apparait significativement dans l'explication des préférences.

3.2 Les autres déterminants de consommation

La segmentation des consommateurs ne se fait pas uniquement en termes sensoriels mais également par des critères lors de l'achat tels que le prix, l'origine, la praticité ou encore le bénéfice santé (Nicklaus, 2007), des critères sociodémographiques et des critères relatifs aux perceptions et attitudes (Gurviez, 2007). Appréhender au mieux le comportement des consommateurs par différents critères (lieux d'approvisionnement, connaissance du produit, mode de consommation, prix à payer…) permet de mettre en place des stratégies adaptées à ces attentes et d'anticiper ses actes d'achat. La qualité organoleptique et les préférences sensorielles ne sont qu'un des critères qui jouent sur l'achat du produit mais sont cruciales car elles vont influencer l'acte de ré-achat.

Les segments de consommateurs établis sur les données de préférences et les données sensorielles descriptives ont été caractérisés *a posteriori* par les données sociodémographiques et d'usages/attitudes (CLV). Cette méthode, caactérisation des segments *a posteriori*, est plus couramment employée qu'une caractérisation *a priori*. Ainsi seuls les premiers résultats sont comparés à la bibliographie disponible actuellement. Seules les caractéristiques sensorielles déclarées comme importantes, un mode de consommation et les lieux d'approvisionnement parmi les variables sociodémographiques et d'usages/attitudes ressortent de manière significative pour décrire les segments. Ce résultat montre qu'aucune variable sociodémographique n'explique vraiment les segments de préférences obtenus et concorde avec les résultats de Jaeger *et al*. (1998). Jaeger *et al*. (1998) ont comparé des consommateurs danois et britanniques. De petites différences existaient aux niveaux des classes d'âge et des catégories socioprofessionnelles entre les deux populations mais aucune variable démographique n'expliquait clairement les préférences.

Cependant, il a été présenté que l'âge est un facteur de différenciation important au niveau de la consommation des fruits (Nicklaus, 2007). Ceci s'explique par l'évolution de la perception des propriétés sensorielles, par l'évolution des préférences ainsi que par l'impact générationnel sur les habitudes alimentaires. La description de deux segments d'individus – les enfants et les personnes âgées – sont détaillés ci-après. Chez les enfants, les caractéristiques sensorielles sont perçues avec une plus grande acuité comparativement aux adultes. Par exemple, l'amertume apparaitrait plus prononcée chez les enfants et moins acceptable. Mais l'acidité et la texture très croquante apparaissent également comme des freins sensoriels à la consommation de fruits chez les enfants (Nicklaus, 2007). D'après Kühn et Thybo (2001), les enfants préfèrent les pommes sucrées et parfumées. Avec l'âge, différentes fonctions sensori-motrices se détériorent notamment les capacités masticatoires freinant la consommation des aliments réclamant une mastication prononcée (Nicklaus, 2007). Ainsi, les personnes de plus de 60 ans choisissent souvent des variétés de pommes peu croquantes et sucrées (Harker *et al*., 2003).

Les consommateurs plus jeunes (18-25 ans) consomment un peu moins de pommes et connaissent moins de variétés (segment 1). De plus, ils achètent des pommes en fonction de l'apparence, à la couleur et au conditionnement. Ils mangent les pommes généralement entière et avec la peau. Au contraire, les consommateurs plus âgés mangent des pommes tous les jours, connaissent un grand nombre de variétés de pommes (segment 2 et 3). Au moment de l'achat, ces consommateurs sont attentifs à la variété et à l'origine France. Les consommateurs plus jeunes s'approvisionnent davantage en supermarchés contrairement aux consommateurs plus âgés qui vont davantage au marché ou dans leur/un jardin.

Il a été démontré que la variété influençait directement la qualité gustative (Hutin, 2003) et donc de manière indirecte les préférences. La variété était une des réponses possibles à la question « quels sont les trois critères de choix (lors de l'achat) les plus importants ? » mais elle n'est pourtant pas ressortie de manière significative pour un segment en particulier. Il est intéressant de noter que ce critère d'achat est néanmoins le plus important parmi les neuf proposés pour l'ensemble des quatre segments (analyse avec CLV, Figure 29).

Par ailleurs, il est important de souligner une limite concernant la généralisation et la comparaison d'études de préférences et du comportement des consommateurs : il existe parfois des différences entre consommateurs de différentes nationalités ou cultures. En effet, Jaeger *et al*. (1998) ont montré des petites différences entre les consommateurs britanniques et danois au niveau de l'importance des caractéristiques comme la flaveur, l'absence de défaut, le pays d'origine lors de l'achat. Des différences culturelles entre les populations de Samoa (île de l'Océan Pacifique Sud) et

Nouvelle-Zélande sur le choix de description la pomme ont aussi par exemple été mises en avant. Les néozélandais, décrivent la pomme comme un produit idéal à manger hors domicile alors que les samoans comme un produit idéal à manger à la maison (Jaeger, 2000). Il faut donc bien gardé en mémoire le type de population interrogée, conditionné par sa culture, dans le cas où plusieurs études sont comparées.

3.3 Méthodes de traitement utilisées pour analyser les préférences et la caractérisation qualitatives des consommateurs

Jusqu'alors, la méthode de cartographie interne des préférences été plus appliquée que la cartographie externe pour étudier les préférences des consommateurs de pommes (Daillant-Spinnler *et al.*, 1996; Jaeger *et al.*, 1998). En outre, aucune cartographie externe n'a été menée jusqu'alors sur ce produit. Cette technique est certes moins facile à mettre en œuvre que la cartographie interne, mais elle permet de modéliser les préférences par les données sensorielles – les données externes. Cela peut s'expliquer en partie par le fait que ces études datent d'une dizaine d'années. Depuis, les progrès informatiques ont été considérables et actuellement, la cartographie externe peut être réalisée avec de nombreux logiciels.

Dans l'étude présente, la méthode appelée Classification around Latent Variable (CLV) avec données externes a été utilisée en tant qu'alternative à la cartographie externe des préférences (Vigneau & Qannari, 2002). La cartographie externe des préférences et la CLV avec données externes aboutissent toutes les deux à l'explication des préférences de segments d'individus avec les données externes. L'avantage de la CLV est qu'elle permet d'obtenir de manière simultanée le nombre de segments et la modélisation des préférences des consommateurs. L'homogénéité des segments et le calcul des variables latentes associées à chaque segment sont optimisés. La cartographie externe des préférences est, à l'inverse, réalisée de manière séquentielle : la caractérisation de l'espace sensoriel est réalisée dans un premier temps puis différents modèles de régression, utilisant classiquement que les deux premières composantes principales du sensoriel, sont utilisés pour relier les données de préférences. Ainsi, la CLV est intéressante par rapport à de la cartographie externe classique étant plus pratique et rapide.

En utilisant la méthode L-CLV, moins d'importance est donnée à l'information sensorielle pour la construction des segments. Ainsi, les différents modèles de préférences obtenus sont moins cohérents. Le premier et le deuxième segment se révèlent très proches en termes de préférences alors que les modèles de préférences des quatre segments issus du traitement avec CLV sont assez différents. Comme les données sociodémographiques et d'usages/attitudes sont prises en compte

également pour établir la segmentation des consommateurs, l'explication des segments obtenus est moins claire en termes sensoriels. Cependant, L-CLV offre l'avantage de donner une description sociodémographique et d'usages et attitudes des segments plus contrastée qu'avec l'utilisation de CLV et de la mise en relation a posteriori de ces données. Ainsi, suivant l'objectif de l'étude, sensoriel ou marketing, l'une ou l'autre des méthodes semble plus adaptée. L'objectif d'une étude sensorielle pourrait être, par exemple, d'étudier l'influence du stockage (durée, température) des pommes sur les préférences de variétés. L'objectif marketing pouvant être par exemple la mise en place d'une nouvelle stratégie de vente en hypermarchés. Il faut remarquer que les résultats de L-CLV sont sensibles aux informations prises en compte dans le questionnaire d'Usages et Attitudes ce qui serait le cas quel que soit le type d'analyse effectuée. Le contenu du questionnaire doit donc être optimiser pour avoir des conclusions fiables.

L'impact des facteurs sensoriels sur la consommation est souvent traité indépendamment de l'impact d'autres facteurs ce qui ne permet pas leur hiérarchisation et rend difficile la généralisation des résultats (Jaeger, 2003). L'utilisation de L-CLV donne l'avantage de prendre en compte les différents types de facteurs : sensoriels et sociodémographiques et d'usages/attitudes pour expliquer la segmentation des consommateurs et les déterminants des préférences ce qui est intéressant. Toutefois, les deux types de données sont traités comme deux entités distinctes et la hiérarchisation au sein des déterminants des préférences d'une part sensoriels et d'autre part sociodémographiques et d'usages/attitudes n'est pas réalisée et peut être une perspective à ce travail.

4 Conclusion

Cette étude démontre l'importance des arômes dans l'explication des préférences de certains segments de consommateurs. Après confrontation avec les travaux de la bibliographie, il est souligné que les différents résultats ne sont pas totalement en accord notamment à cause des produits sélectionnés et étudiés qui étaient différents en termes de caractérisation sensorielle. Il serait intéressant de voir dans quelle mesure le choix des produits présenté dans une étude de préférences influence la segmentation et la modélisation des préférences.

Cette étude des préférences de 31 lots montre que dans le cas des pommes, tous les consommateurs n'apprécient pas tous les mêmes caractéristiques sensorielles. Certains consommateurs aiment le croquant et le juteux, d'autres le fondant mais de manière unanime les consommateurs aiment les pommes sucrées et aromatiques. Toutefois, il existe des nuances dans l'acceptation de certaines notes aromatiques comme par exemple les notes rustiques et vertes. Les consommateurs jeunes diffèrent des plus âgés, à la fois dans la recherche de leur pomme idéale mais

aussi au niveau de leur fréquence de consommation, leur lieux d'approvisionnement et leur mode de consommation. Mieux comprendre les raisons sous-jacentes des préférences sensorielles des jeunes générations pour augmenter la consommation de pommes au sein de ces générations pourrait être une perspective à ce travail.

CLV avec données externes est une alternative directe et rapide à la cartographie externe des préférences (Vigneau & Qannari, 2002). Cette méthode permet de : 1/ segmenter un panel de consommateurs selon les données de préférences et descriptives sensorielles et 2/ modéliser simulatnément les préférences de chaque segment. L-CLV permet de prendre en compte un troisième type de données, ici les données sociodémographiques et d'usages/attitudes des consommateurs. La segmentation des consommateurs est établie dès le départ en fonction des trois types de données. Les deux approches, CLV et L-CLV, ont des avantages et donnent plus ou moins d'importance aux données sensorielles. Le choix de l'intégration des données de caractérisation des consommateurs *a priori* ou *a posteriori* est à faire suivant l'objectif de l'étude.

Partie III ETUDE DE L'IMPACT DES CARACTERISTIQUES DES POMMES PRESENTEES DANS UNE ETUDE DE PREFERENCES SUR LA SEGMENTATION DES CONSOMMATEURS ET L'IDENTIFICATION DES DETERMINANTS SENSORIELS DES PREFERENCES

Principaux résultats :

► L'analyse des préférences avec un nombre réduit de produits est similaire aux résultats obtenus avec un grand nombre de produits, sous réserve que la sélection de produits soit elle-même représentative de l'espace initial, dans ses dimensions principales.

► Les résultats de l'étude de préférences avec trois sélections de produits différentes sont comparés en termes de segmentation et de déterminants sensoriels des préférences.

► La tendance de préférence majoritaire est retrouvée quel que soit les produits testés. Une grande partie des consommateurs apprécient les fruits sucrés et aromatiques.

► Les segments de préférences représentant un plus petit pourcentage du panel ne sont pas composés des mêmes individus selon les caractéristiques des produits présentés et différents déterminants des préférences sont mis en avant.

► Lorsque que l'on travaille dans un espace où une dimension sensorielle importante (comme la texture) est peu variable, on obtient une information supplémentaire : les déterminants de préférence secondaires peuvent être mis en avant.

1 Introduction

Il a été souligné dans l'étude bibliographique l'importance de bien choisir les produits évalués dans une étude des préférences. Un soin particulier doit être apporté à ce choix car il en va de la qualité des conclusions d'une telle étude. Cependant, il n'a pas encore été démontré spécifiquement si les caractéristiques sensorielles des produits présentés dans une étude des préférences influencent la segmentation des consommateurs et l'identification des déterminants des préférences. L'objectif de ce travail est d'étudier les préférences des mêmes consommateurs avec trois sélections de produits différentes : la première sélection prend en compte toute la variabilité sensorielle des pommes disponibles sur le marché, la deuxième est composée de pommes ayant été caractérisées comme proches par leur niveau d'acidité perçue et la troisième de pommes ayant le même niveau de croquant. Ceci permettra de vérifier si le fait de « gommer » une dimension sensorielle différenciant – croquant ou acidité – influence les résultats. Les résultats des préférences issus de la sélection de produits présentant toute la diversité sensorielle des pommes sur 9 lots sont comparés aux résultats globaux de l'étude de préférence précédente (sur 31 lots).

2 Matériels et Méthodes

2.1 Choix des produits

Trois sélections comprenant neuf produits ont été effectuées de sorte que la première sélection « V » prenait en compte l'ensemble de la « variabilité pomme » (voir partie1. Chapitre 2.4.1), la seconde « A », présentait des produits avec une acidité perçue similaire et la troisième « C », comportait des pommes ayant un croquant similairement perçu. La sélection « A » était composée de pommes peu acide et la sélection « C » de pommes très croquantes. Le but était de minimiser les variations d'un descripteur dans chaque espace sensoriel. Un descripteur de texture et un descripteur de saveur ont été sélectionnés. Le choix des descripteurs à minimiser - *Acide* et *Croquant* - a été réalisé sur les résultats d'un test ANOVA suivi d'un test LSD de comparaison de moyenne sur les données de profils des 31 lots sur 30 descripteurs. Il fallait un descripteur pour lequel 9 lots de pommes ne présentaient pas de différence significative. L'analyse des résultats a été effectuée sur une extraction des données du test hédonique et des profils sensoriels réalisés sur 31 lots.

Tableau 19 : Composition des trois sélections de produits

Sélection V		Sélection A		Sélection C	
Variétés	**Code**	**Variétés**	**Code**	**Variétés**	**Code**
Belchard® Chantecler	BC2	Belchard® Chantecler	BC2	Ariane	ARI
Cox's Orange Pippin	COX	Caméo	CM	Dalinsweet	DLS
Fuji	FJ	Delbard Jubilé®	DJU	Goldrush	GR2
Granny Smith	GS	Fuji	FJ	Honey Crunch®	HC
Juliet	JUL	Jonagored	JON	Honey Crunch®	HC2
Pink Lady	PIL	Juliet	JUL	Jazz™	JAZ
Royal Gala	RG	Pinova Corail®	PIN	Juliet	JUL
Reinette Grise du Canada	RGC	Reinette Clocharde	RCLO	Reinette d'Armorique	RA
Tentation	TT	Tentation	TT	Tentation	TT

En bleu apparait les produits présentés dans les 3 sélections.
En vert apparait les produits présentés dans 2 sélections.

2.2 Traitement des données

Le traitement de données a été réalisé avec l'objectif d'établir les préférences des segments avec les différentes sélections de produits, d'observer la concordance et l'indépendance des partitions et d'évaluer comment les caractéristiques sensorielles des produits présentés modifie les modèles des préférences.

Les résultats issus de chaque sélection (segmentation et modélisation de préférences) ont été traités tout d'abord séparément (voir Partie I §1.2.5 pour le traitement des données avec CLV prenant en compte les données sensorielles). Pour différencier les segments de consommateurs issus des trois sélections de produits, ils sont notés avec la combinaison d'une lettre et d'un chiffre. Par exemple V-2 correspond au segment N°2 avec la sélection de produits V. Un test de Chi-Deux a été effectué pour analyser l'indépendance des partitions issues des trois sélections. Ce test est utilisé pour tester l'indépendance entre les lignes et les colonnes d'un tableau de contingence (Næs, Brockhoff, & Tomic, 2010a). L'indice de Rand ajusté a aussi été utilisé pour observer la concordance des différentes partitions (Hubert & Arabie, 1985). Cet indice varie entre 0 et 1. La valeur est nulle lorsque les accords entre les deux partitions sont dues au hasard et la valeur est égale à 1 quand les partitions sont identiques (Youness & Saporta, 2004).

Puis, pour comparer les résultats des trois sélections de produits de manière globale, une Analyse de Composantes Communes et Poids Spécifiques (ACCPS) (Qannari, Wakeling, Courcoux, & MacFie, 2000) a été réalisée sur les coefficients associés aux descripteurs sensoriels issus de CLV des trois sélections.

L'ACCPS est une méthode statistique multivariée permettant de traiter simultanément des tableaux multiples appariés par lignes (coefficients associés aux descripteurs sensoriels issus de CLV). Elle établit un compromis entre plusieurs tableaux en déterminant des composantes communes sous-jacentes aux différents tableaux mais les poids attribués à ces composantes pour les différents tableaux peuvent êtres différents. Chaque tableau de données est plus ou moins associé à chaque composante commune. Le poids ou la saillance, noté $\lambda_k^{(j)}$, du tableau de données X_k (k = 1,. . ., K) sur la composante commune q_j (j = 1,. . ., n; n étant le nombre de segments total), peut être interprété comme le degré de sélectivité du tableau X_k. La saillance peut aussi être vue comme étant la proportion de la variance totale de X_k qui est expliqué par q_j. Cette méthode a été introduite pour analyser des tableaux dans le cadre de l'évaluation sensorielle.

L'ACCPS est à rapprocher de l'Analyse Factorielle Multiple qui met en avant les structures communes d'un jeu de groupes ou blocs de variables observées pour les mêmes individus. Cette méthode, proposée par Escofier et Pages (1983; 1994) permet d'obtenir une représentation graphique des structures communes concernant les variables et les individus. L'avantage de l'ACCPS par rapport à l'AFM est de refléter à la fois les similarités et les différences des différents tableaux de données, ici, les modèles de préférences issus des trois sélections de produits.

3 Résultats

Une description sensorielle des sélections de produits a tout d'abord été réalisée. Puis dans chaque cas, une analyse des préférences a été effectuée (étude de la segmentation des consommateurs et identification des déterminants des préférences associés aux différents segments). Pour finir les résultats issus des trois sélections de produits sont comparés.

3.1 Description des trois sélections de produits différentes

Chacune des trois sélections a été décrite avec une analyse multidimensionnelle (ACP). Dans le cas de la sélection de produits « V » , composée de neuf lots de pommes sélectionnés de manière à être représentatifs de l'ensemble de la « variabilité pomme », les trois premières composantes de l'ACP représentent plus de 82% de la variance et sont donc suffisantes pour la décrire (Tableau 20).

Composante	1	2	3	4	5
Valeur propre	6,36	3,52	2,50	1,09	0,65
Pourcentage	42,40%	23,45%	16,65%	7,24%	4,30%
Pourcentage cumulé	42,40%	65,85%	82,50%	89,74%	94,05%

Tableau 20 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie de la variance de l'ACP réalisée sur les données des profils de la sélection de produits variable

La carte des produits et le cercle des corrélations sont présentés Figure 30-a et b pour les axes 1-2 et c et d pour les axes 2-3. La première composante principale (42,4% de l'inertie) oppose d'un côté les variétés Tentation (TT), Fuji (FJ) et Belchard Chantecler 2 (BC2) décrites comme étant sucrées, intenses globalement au niveau odorant et aromatique avec des notes aromatiques *Ananas-Banane*, *Floral-Sucré* et *Fruits Mûrs*, aux variétés Granny Smith (GS) et Reinette Grise du Canada (RGC) caractérisées avec les notes aromatiques *Vert* et *Sous-Bois*. Ces descripteurs sont bien représentés sur cet axe et leur contribution varie entre 8,6% pour le descripteur *Vert* et 14,7% pour le descripteur *Sucré.*

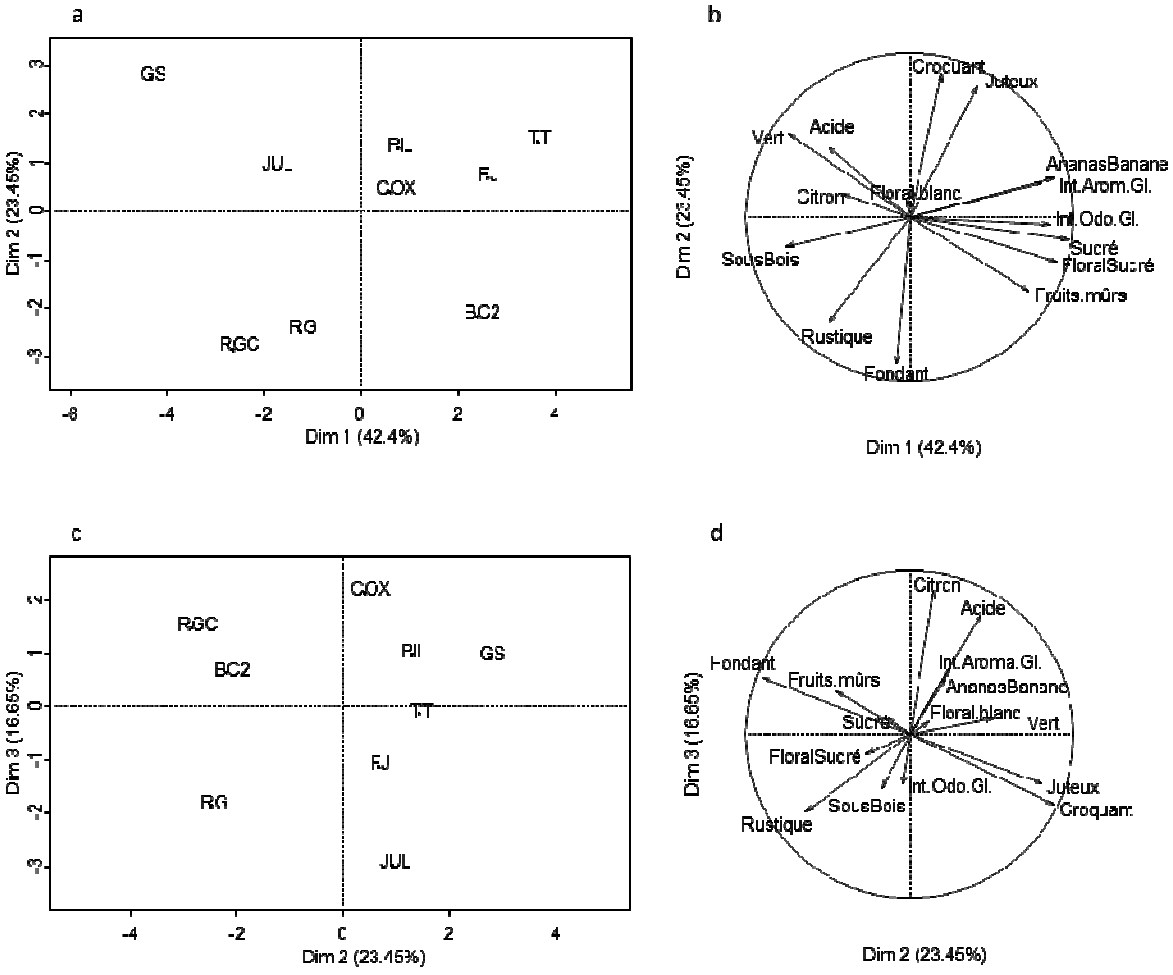


Figure 30 : Représentation des individus (a et c) et des variables (b et d) par ACP sur les données de profils de la sélection de produits variable (Dim1-2 et Dim 2-3)

La seconde composante principale représente environ 23% de l'inertie. Cet axe est fortement corrélé aux descripteurs de la texture avec d'une côté les caractères *Croquant* et *Juteux* avec la Granny Smith (GS) et de l'autre le *Fondant* et le *Rustique* avec la Reinette Grise du Canada (RGC), la Royal Gala (RG) et la Belchard Chantecler 2 (BC2). Ces descripteurs sont bien représentés et

contribuent à plus de 18% de l'inertie de l'axe pour chacun des descripteurs de texture et à hauteur 11,5% pour le descripteur *Rustique*.

La troisième composante compte pour environ 17% de l'inertie et représente bien les descripteurs *Acide* et *Citron* séparant la Cox's Orange Pippin (COX) de la Royal Gala (RG) et la Juliet (JUL). Les contributions respectives de ces descripteurs au troisième axe sont 21,4% et 30,9%. Cet espace est ainsi composé de pommes avec des textures, des saveurs et des arômes différents.

La seconde sélection de produits « A » est composée aussi de neuf produits mais ayant une acidité perçue proche. Elle peut être décrite par les trois premières composantes de l'ACP (Tableau 21). Elles représentent 81% de l'inertie. La première dimension de cet espace (Figure 31) est assez proche de celle de la sélection de produits présentant une large variabilité à savoir que l'axe 1 représente le *Sucré* et un grand nombre de descripteurs aromatiques – *Ananas-Banane*, l'*Intensité Globale Odorante* et *Aromatique*, *Floral-Sucré*, *Fruits Mûrs* d'un côté et *Rustique*, *Sous-Bois*, *Floral-Blanc* et *Vert* de l'autre. Cette dimension oppose tentation (TT) et Caméo (CM) à Jonagored (JON) et Pinova (PIN). La seconde dimension oppose les produits Belchard Chantecler (BC2), Reinette Clochard (RCLO) à Fuji (FJ), Juliet (JUL) et Pinova (PIN) avec respectivement les descripteurs d'un côté *Fondant*, *Acide* et *Citron* et de l'autre *Croquant* et *Juteux*. Leur contribution à la seconde dimension varie de 13,08% (*Citron*) à 22,67% (*Croquant*). Sur la troisième dimension (11,15%) n'est bien représenté que le descripteur Fondant avec une contribution de 22%. Elle oppose les variétés Caméo (CM) et Tentation (TT).

Composante	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Valeur propre	7,62	2,93	1,67	1,37	0,67
Pourcentage	50,80%	19,53%	11,15%	9,11%	4,45%
Pourcentage cumulé	50,80%	70,34%	81,49%	90,60%	95,05%

Tableau 21 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie de l'ACP réalisée sur les données des profils de la sélection de produits ayant une acidité perçue similaire

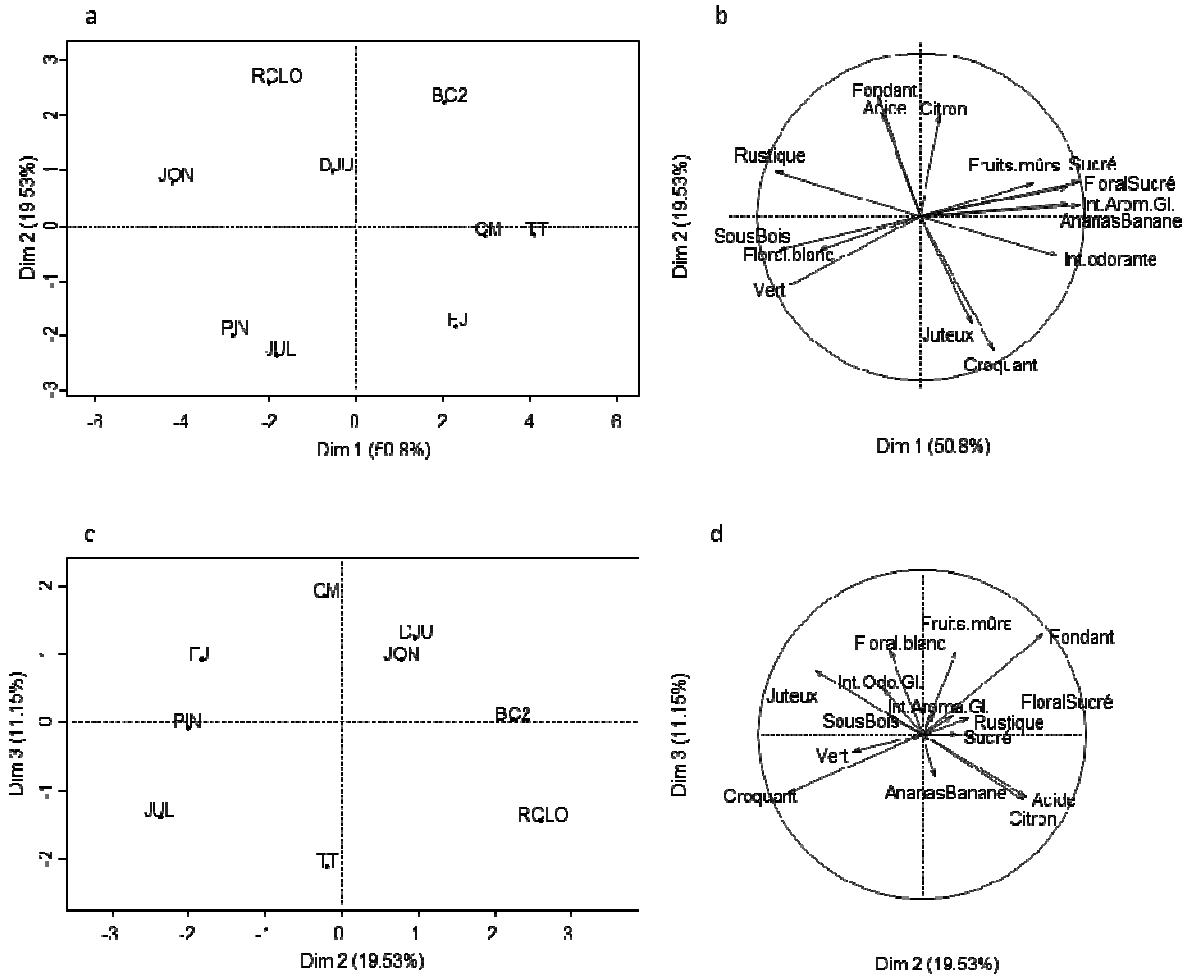


Figure 31 : Représentation des individus (a et c) et des variables (b et d) par ACP sur les données de profils de sélection de produits ayant une acidité perçue similaire (Dim1-2 et Dim 2-3)

La troisième sélection est composée de neuf produits avec un croquant perçu de manière semblable. Une ACP est appliquée sur ces données et les trois premières composantes, restituant environ 86 % de l'inertie, permettent de décrire l'espace (Tableau 22). La première composante (45,94%) est présentée Figure 32. Elle sépare les produits Tentation (TT) et Goldrush 2 (GR2) à Reinette d'Armorique (RA) et Juliet (JUL) avec d'un côté les descripteurs *Sucré*, *Intensité Aromatique Globale*, *Ananas-Banane*, *Floral-Sucré* et de l'autre *Sous-Bois* et *Rustique*. Ces descripteurs sont bien représentés sur cette dimension (cos^2>0,5) et leur contribution varie entre 13,17% (*Sucré*) et 10,02% (*Rustique*). La seconde dimension (30,71%) oppose les produits Honey Crunch (HC) et Honey Crunch 2 (HC2) définit notamment avec une texture *Juteuse* et *Croquante* et des arômes *Floral-Blanc* à Reinette d'Armorique (RA) qui est caractérisée par les descripteurs *Fondant*, *Citron* et la saveur *Acide*. L'*Intensité Aromatique Globale* est le seul descripteur étant bien représenté sur la troisième

dimension (9,13%). Cette dimension présente d'un côté Honey Crunch (HC) et de l'autre côté les produits Juliet (JUL), Dalinsweet (DLS) et Tentation (TT).

Composante	1	2	3	4	5
Valeur propre	6,89	4,61	1,37	0,84	0,6
Pourcentage	45,94%	30,71%	9,13%	5,58%	4,01%
Pourcentage cumulé	45,94%	76,65%	85,78%	91,37%	95,37%

Tableau 22 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie de l'ACP réalisée sur les données des profils de la sélection de produits avec un croquant perçu similaire

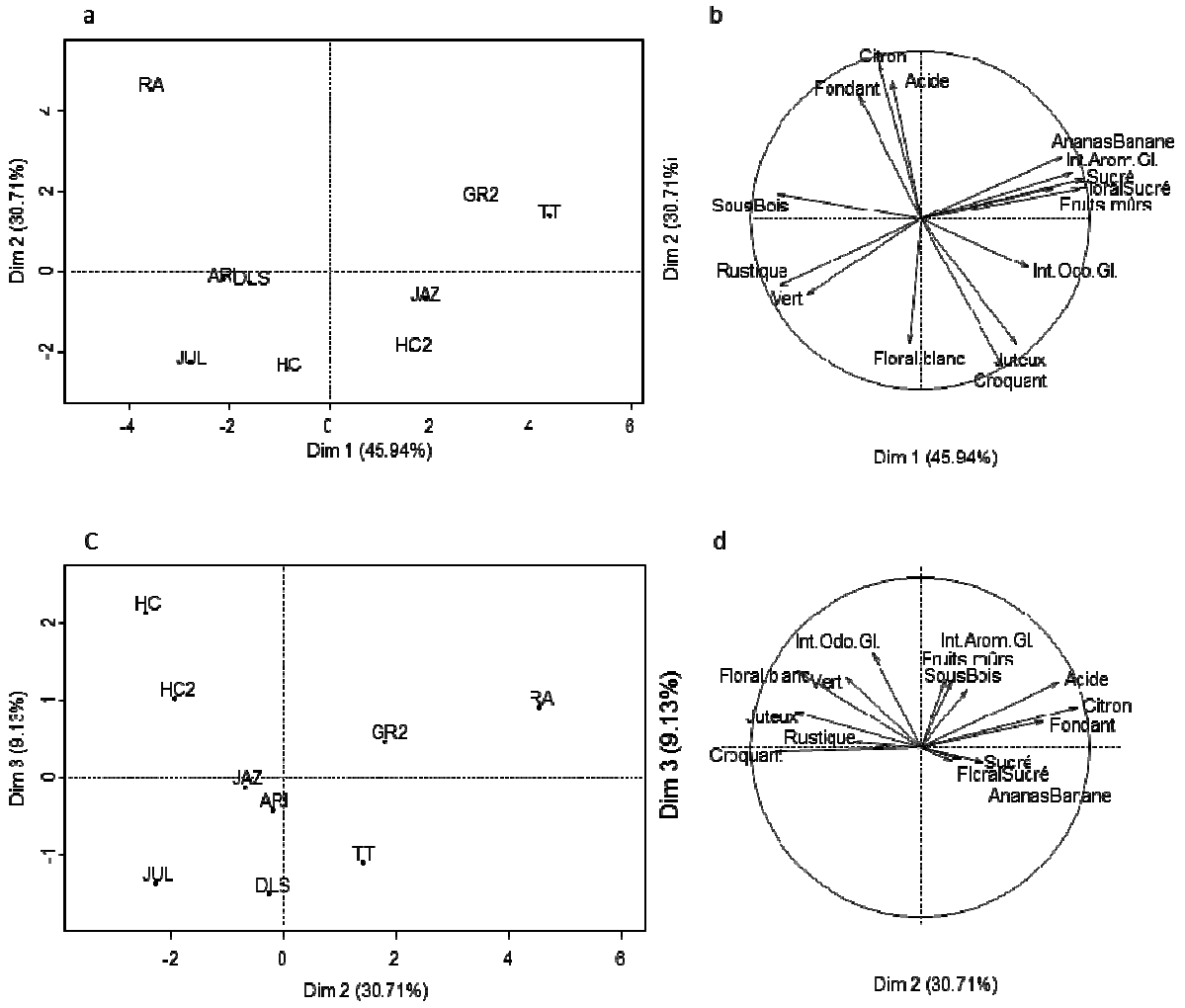


Figure 32 : Représentation des individus (a et c) et des variables (b et d) par ACP sur les données de profils de la sélection de produits avec un croquant perçu similaire (Dim1-2 et Dim 2-3)

La description sensorielle des deux sélections de produits comportant un descripteur dont la variabilité est « minimisée » est résumée par les trois premières composantes de l'ACP comme dans le cas de la sélection de produits prenant en compte l'ensemble de la variabilité sensorielle des pommes. Les trois premières composantes restituent plus de 80% de l'inertie des données dans les

trois cas. Le fait de « minimiser » la variabilité d'un descripteur ne diminue pas la complexité de la description sensorielle. Les trois sélections de produits considérées sont sensoriellement différentes. En effet, les produits Juliet (JUL) et Tentation (TT) présents dans les trois sélections de produits ne se situent pas, sur les différentes cartes factorielles, de la même manière l'un par rapport à l'autre.

3.2 Analyse des préférences des consommateurs de pommes avec les trois sélections de produits différentes

Les sélections de produits, composées chacune de neuf produits, sont décrites au niveau sensoriel différemment. Ainsi, il est logique de supposer que l'analyse des préférences aboutira à des résultats différents. Comment la segmentation des consommateurs est-elle modifiée et les déterminants des préférences varient-ils ?

Dans la sélection de produits « V », le choix d'une partition en trois segments est justifié par le diagramme d'évolution du critère d'agrégation (Annexe 10). Ils représentent respectivement 56, 22 et 22% du panel de consommateurs et sont mentionnés comme V-1, V-2 et V-3. Les contributions des descripteurs dans les modèles de préférences de chacun des segments et la représentation des modèles partiels des préférences par descripteur permettent d'analyser les préférences. Ils sont présentés en Figure 33 et Figure 34.

La Figure 33 montre que les termes de texture n'ont que très peu de poids (seuil de contribution arbitrairement fixée à 0,08) dans l'explication des préférences du segment V-1 contrairement au goût sucré et quelques notes aromatiques (*Citron*, *Vert*, *Sous-Bois*, *Floral-Sucré*, *Ananas-Banane* et les notes globales d'intensité globale aromatique et odorante. Ces descripteurs constituent donc les principaux les principaux déterminants sensoriels pour ce segment. L'intensité d'un descripteur ne signifie pas forcément que celui-ci est apprécié. Il peut également être rejeté par le segment. Ainsi pour le segment V-1, les pommes sucrées et à forte intensité globale aromatique et odorante sont appréciées. Ce comportement est aussi observable pour les descripteurs *Ananas-Banane* et *Floral-Sucré*. Les notes *Sous-Bois* et vertes sont à l'inverse rejetées, puisque plus elles sont intenses, plus la préférence du segment de consommateurs V-1 diminue. Concernant le descripteur *Citron*, la note maximale d'acceptabilité est observée lorsque l'intensité du descripteur est intermédiaire (Figure 34). On voit bien ici, l'importance de prendre en compte l'effet quadratique des descripteurs dans les modèles de préférences. Les données externes considérées dans l'analyse CLV sont issues des profils sensoriels. Elles sont composées par les descripteurs sensoriels simples et au carré afin de prendre en compte les effets linéaires et quadratiques des descripteurs dans la modélisation des préférences.

Les préférences des consommateurs du segment V-2 sont expliquées par l'ensemble des critères sensoriels : la texture, les saveurs et les arômes. Les contributions au modèle de préférences des descripteurs *Croquant* et *Fondant* sont importantes (Figure 33). Mais ces deux descripteurs s'opposent : l'appréciation augmente avec l'intensité du *Fondant* alors qu'elle diminue avec l'intensité du *Croquant* (Figure 34). Les notes de préférences augmentent avec l'intensité de la saveur sucrée et de l'intensité des notes *Fruits Mûrs* et diminuent avec l'intensité de l'acidité et de la note aromatique verte. Ce segment semble donc apprécier les fruits « mûrs » qui sont fondants, sucrés, caractérisés par les notes *Fruits Mûrs*.

Les descripteurs de texture (*Croquant*, *Juteux*, *Fondant*) et d'arôme (*Intensité Aromatique Globale*, *Ananas-Banane*, *Sous-Bois*, *Rustique*, *Floral-Blanc*) contribuent fortement au modèle de préférences des consommateurs du segment V-3 ce qui est moins le cas des saveurs (Figure 33). Les courbes représentant l'appréciation en fonction de l'intensité des descripteurs *Croquant*, *Juteux* et *Fondant* présentent des optimums (Figure 34). A l'intensité maximale ne correspond pas l'appréciation maximale. Cependant, le *Croquant* et le *Juteux* sont plutôt apprécié (optimum avec une intensité élevé) et le *Fondant* plutôt rejeté (optimum avec une intensité plutôt faible). Concernant les arômes, l'*Intensité Aromatique Globale* et celle de la note *Ananas-Banane* fait augmenter l'appréciation au contraire des notes *Sous-Bois* et *Rustique*. Pour la note aromatique *Floral-Blanc*, l'appréciation est élevée quand l'intensité de ce descripteur est élevée.

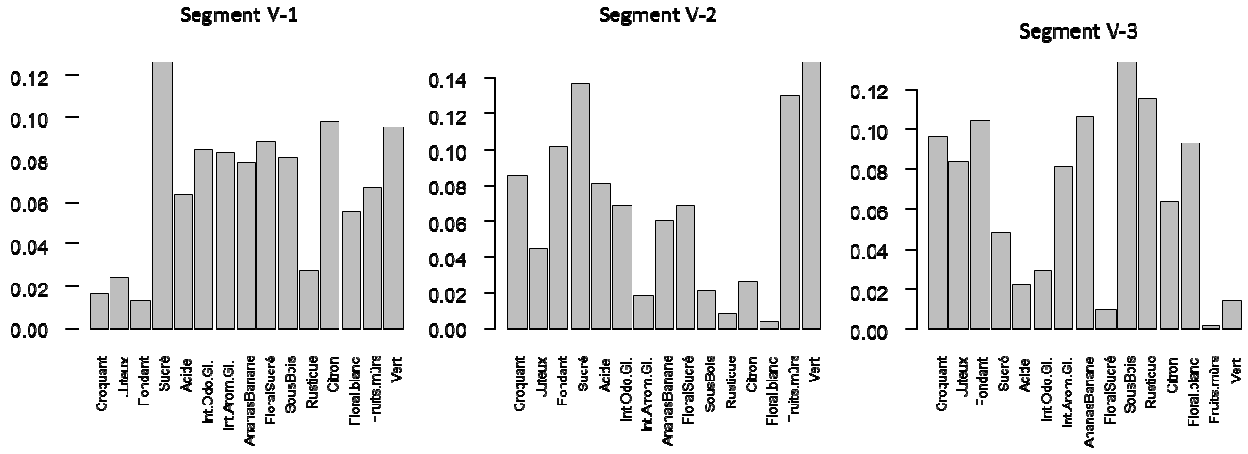
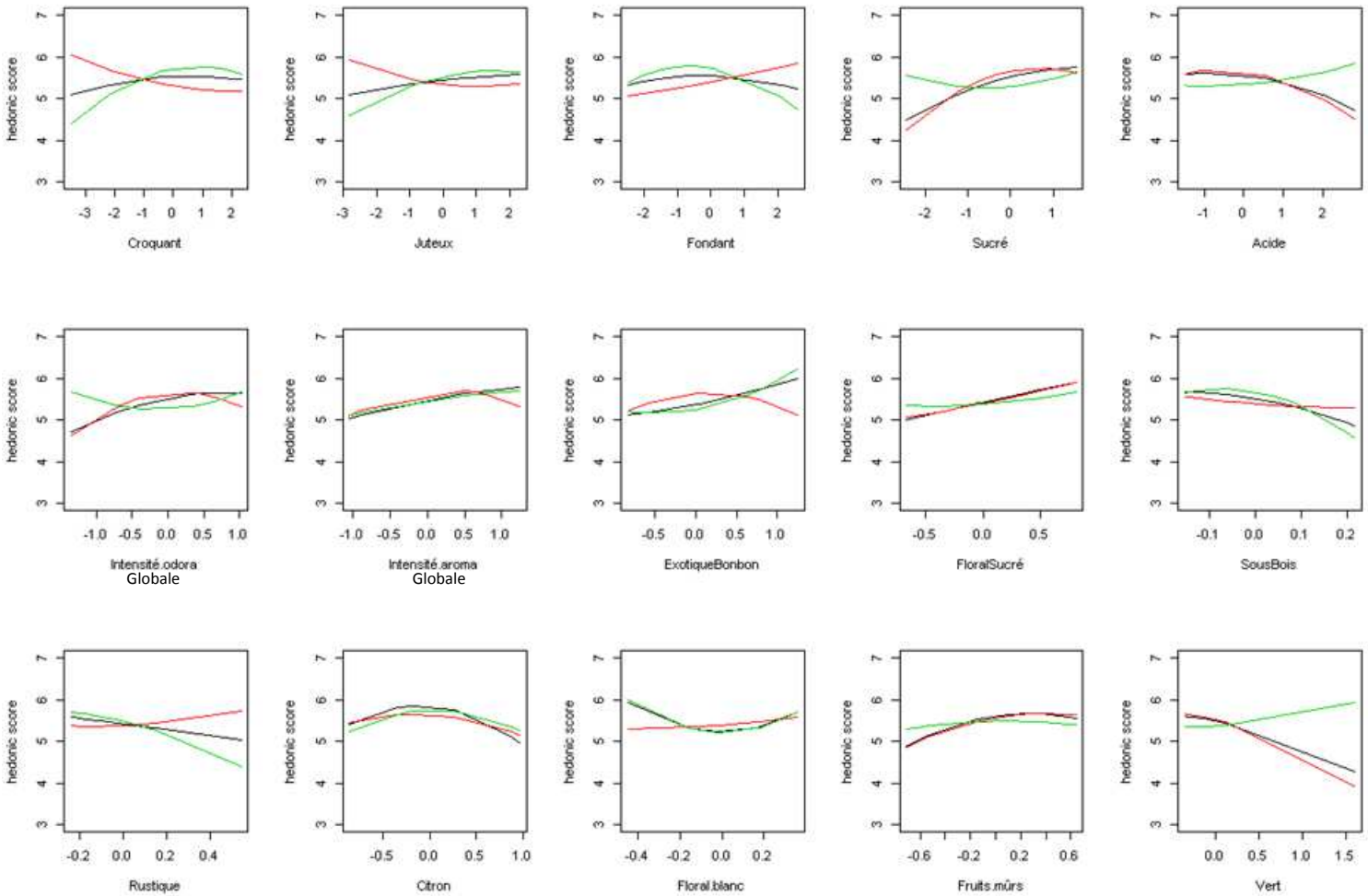


Figure 33 : Contributions des descripteurs au modèle des préférences pour chaque segment avec la sélection de produits variables



Les couleurs correspondent aux différents segments de consommateurs.
En noir : segment 1, en rouge : segment 2, en vert : segment 3.

Figure 34 : Composantes latentes partielles construites à partir des coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour la partition de CLV en trois segments avec la sélection de produits variables

Malgré un nombre de segments différents entre l'analyse des préférences avec 31 lots (CLV avec données sensorielles, partition en quatre segments, partie II §2.2.2 et §2.3) et la sélection de produits « V » composée de 9 variétés, il existe une bonne correspondance entre les segments. Le segment V-1 correspond très bien au segment 3 de l'étude de préférence avec 31 produits. Les préférences dans les deux cas sont déterminées majoritairement par la saveur sucrée des fruits et les notes aromatiques. L'appréciation augmente avec l'*Intensité Globale Aromatique* et *Odorante* et également avec l'intensité des descripteurs *Sucré*, *Ananas-Banane* et *Floral-Sucré*. Les notes *Sous-Bois* et *Vert* impactent de manière inverse les préférences, plus elles sont intenses, plus la préférence diminue. Le segment de consommateurs V-2 est à rapprocher du segment 2 dans l'étude de préférences avec 31 produits. En effet, les deux modèles de préférences sont décrits par l'appréciation de la texture fondante et des notes de fruits mûrs. Les consommateurs de ces deux segments rejettent les notes vertes. Le segment V-3 est à associer au segment 1 de l'analyse avec 31 lots. En effet, il existe des similitudes au niveau de leur modèle de préférences et particulièrement de la texture. Cependant, il existe des différences au niveau des saveurs : les préférences du segment V-3 sont assez peu expliquées par les descripteurs de saveurs ce qui n'est pas le cas pour le segment 1 (analyse avec 31 variétés). En effet, les préférences du segment 1 sont fortement expliquées par la saveur sucrée. Une hypothèse explicative serait que ces différences de résultats seraient liées à la sélection initale des 31 lots avec des notes sucrées plus accentuées. Parmi les 31 variétés de la sélection initiale, huit présentent une saveur sucrée avec une note d'intensité supérieure à 5,5 alors que la sélection V n'en contient que quatre. Même si les espaces sensoriels découlant des deux sélections de produits sont proches de par leur construction, il existe des différences et il est logique que l'espace généré par les 31 produits soit plus complexe.

L'analyse des préférences avec les sélections de produits où respectivement les caractères *Acide* et *Croquant* sont minimisés est réalisée suivant la même procédure. Les graphiques de contribution des descripteurs aux modèles de préférences et composantes latentes partielles sont présentés dans les Figure 35 et Figure 36 pour la sélection de produits avec une acidité perçue similaire et dans les Figure 37 et Figure 38 pour la sélection de produits ayant un niveau de croquant perçu de manière similaire. Dans le but de simplifier la lecture, les résultats issus des trois espace-produits sont résumés dans un tableau (Tableau 23). Ce tableau contient les principaux déterminants de préférences de chaque segment c'est à dire les descripteurs ayant une contribution au modèle de préférence supérieure à 0,08 (seuil fixé arbitrairement).

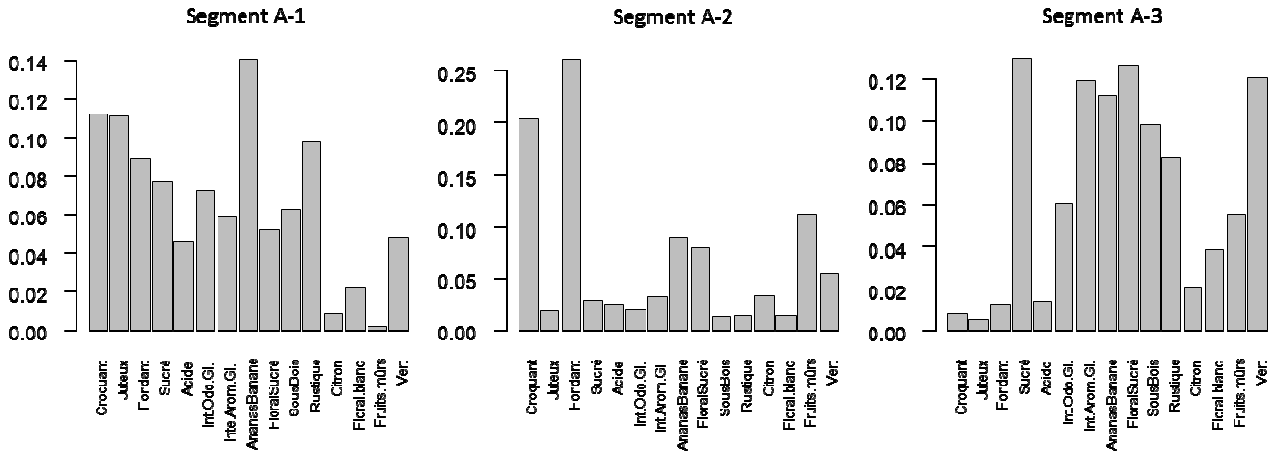
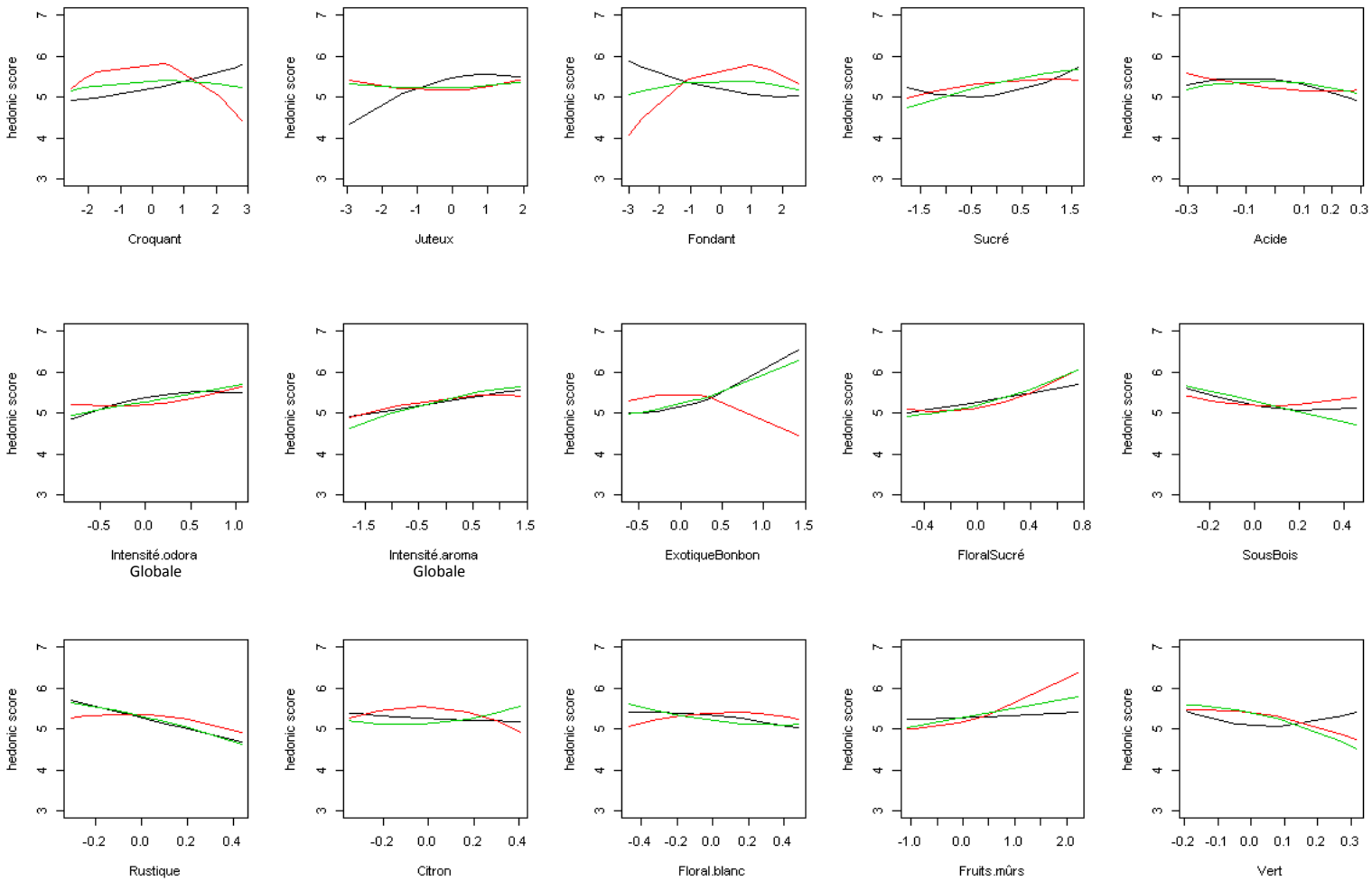


Figure 35 : Contributions des descripteurs au modèle des préférences pour chaque segment avec la sélection de produits avec une acidité perçue similaire

La sélection de produits « A » est composée de neuf variétés ayant des degrés d'acidité perçue comparablement. Trois segments de consommateurs ont été définis avec cette sélection de produit. Le graphique d'évolution du diagramme d'agrégation est présenté en Annexe 10. Les trois segments représentent respectivement 30, 12 et 58% du panel de consommateurs et sont notés respectivement A-1, A-2 et A-3. Les consommateurs du segment A-1 apprécient les pommes croquantes, juteuses, odorantes et notamment avec des notes aromatiques *Ananas-Banane*. Ils rejettent les pommes fondantes et avec des notes aromatiques *Rustique* (Figure 35 et Figure 36). Les préférences du segment A-2 sont décrites principalement par une appréciation des notes aromatiques *Fruits-Mûrs*. Un équilibre entre *Croquant* et *Fondant* est recherché. La note *Ananas-Banane* est également appréciée mais quand elle n'est ni trop intense ni trop faible (Figure 35 et Figure 36). Pour rappel, les graphiques des composantes latentes partielles sont construites en considérant les effets linéaire et quadratique des descripteurs. Grâce à l'intégration de la composante quadratique, il est possible d'observer un optimum de préférences pour certains descripteurs. Concernant les préférences du segment A-3, elles sont principalement expliquées pas le *Sucré*, l'*Intensité Odorante* et *Aromatique* et les notes *Floral-Sucré*. A l'inverse, les notes aromatiques *Rustique*, *Sous-Bois* et *Verte* influencent de manière négative l'appréciation (Figure 35 et Figure 36). Les trois segments sont bien différents. Les consommateurs du segment A-1 prennent en compte tous les différents aspects sensoriels étudiés à savoir la texture, les saveurs, les odeurs et les arômes alors que les préférences des segments A-2 et A-3 sont surtout focalisées sur la texture et saveurs d'une part et les arômes d'autre part. Ces informations sont résumées dans le Tableau 23.



Les couleurs correspondent aux différents segments de consommateurs.
En noir : segment 1, en rouge : segment 2, en vert : segment 3.

Figure 36 : Composantes latentes partielles construites à partir des coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour la partition de CLV en trois segments avec la sélection de produits avec une acidité perçue similaire

Enfin, la sélection de produits « C » est composée de variétés ayant des degrés de croquant perçus de manière comparable. Trois segments de consommateurs ont été définis avec cette sélection de produit. Les segments sont notés C-1, C-2 et C-3 et représentent respectivement 26, 23 et 51% du panel de consommateurs (Tableau 23). Les descripteurs *Acide* et *Ananas-Banane*, *Floral-Sucré*, *Rustique* et *Citron* contribuent fortement au modèle des préférences du segment C-1 (Figure 37). La note *Rustique* engendre une diminution de l'appréciation tandis que l'*Acide*, les notes aromatiques *Ananas-Banane*, *Floral-Sucré* et *Citron* implique une augmentation de l'appréciation (Figure 38). La texture a ici peu d'importance. Pour le segment C-2, les préférences sont fortement dépendantes des descripteurs *Croquant*, *Juteux* et *Fondant* (Figure 37). Ce résultat concernant le *Croquant* est assez inattendu étant donné que les produits ont été sélectionnés sur la base qu'ils étaient perçus de manière similaire au niveau de l'intensité de ce descripteur. Les produits ne présentaient pas de différence significative mais leur intensité de *Croquant* n'était pas strictement identique. Une forte intensité du *Juteux* tend à augmenter l'appréciation. Au contraire du caractère *Fondant* apprécié quand son intensité est médium. L'*Acide* ainsi que les notes *Citron* et *Sous-Bois* influencent négativement les préférences (Figure 38). Concernant les préférences du segment C-3, elles s'expliquent par les descripteurs *Sucré*, *Ananas-Banane*, *Floral-Sucré*. Elles sont influencées négativement par les descripteurs *Sous-Bois* et *Rustique* (Figure 37 et Figure 38).

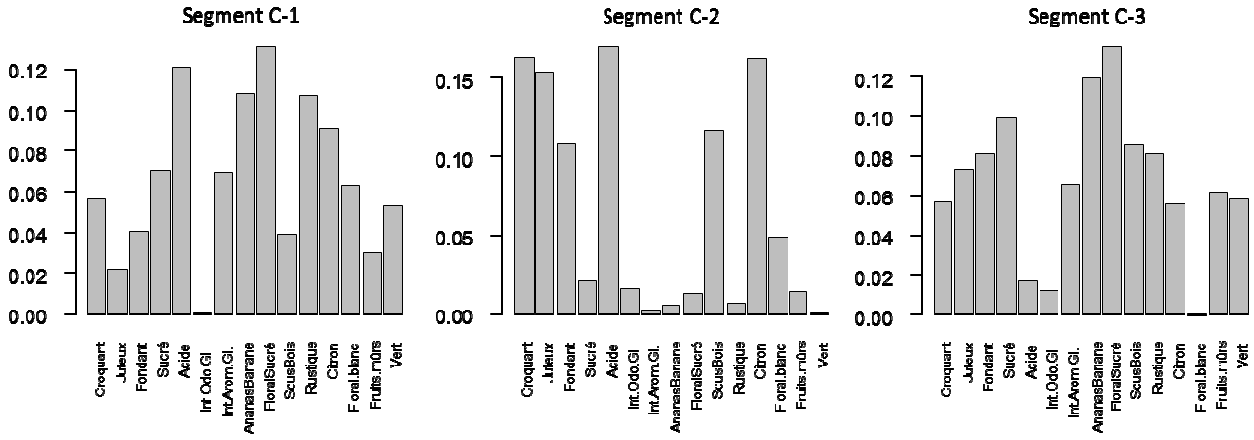
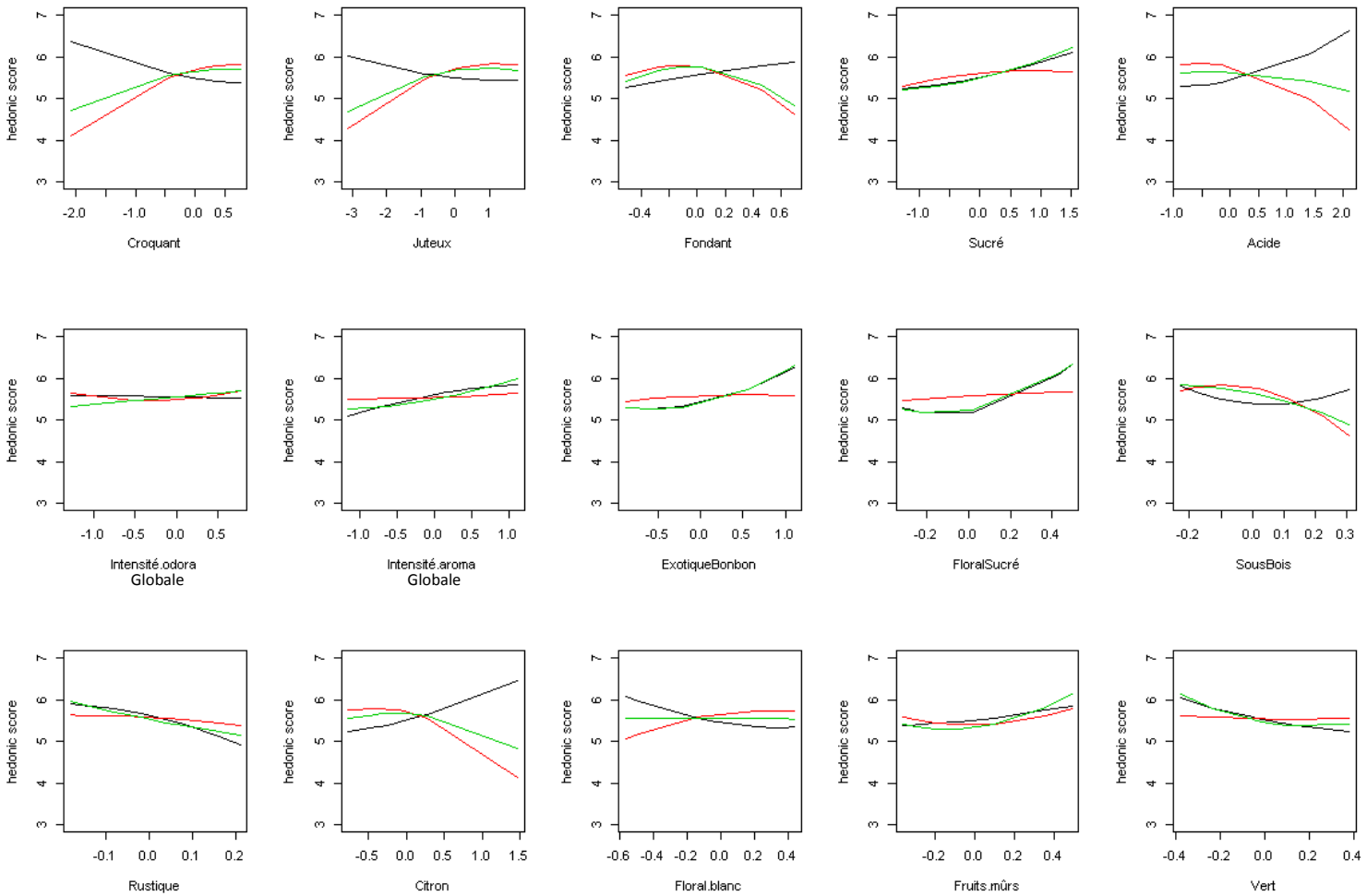


Figure 37 : Contributions des descripteurs au modèle des préférences pour chaque segment avec la sélection de produits avec un croquant perçu similaire



Les couleurs correspondent aux différents segments de consommateurs.
En noir : segment 1, en rouge : segment 2, en vert : segment 3.

Figure 38 : Composantes latentes partielles construites à partir des coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour la partition de CLV en trois segments avec la sélection de produits à croquant similaire

Dans le cas des trois sélections de produits, une segmentation en trois segments est retenue. Mais les résultats diffèrent selon la sélection de produits. Il peut être observé grâce au Tableau 23 qu'un segment majoritaire avec des déterminants sensoriels similaires existe dans les trois cas. Les préférences des consommateurs de ces segments sont principalement dues à une saveur sucrée, des notes aromatiques *Ananas-Banane* et *Floral-Sucré*. Par contre l'arôme *Sous-Bois* n'est jamais apprécié. Il est difficile de comparer sur l'unique base de ce tableau les déterminants des autres segments des différents espace-produits. La partie suivante porte sur la comparaison de ces espaces pour observer dans quelle mesure la nature des différentes sélections de produits modifie les résultats.

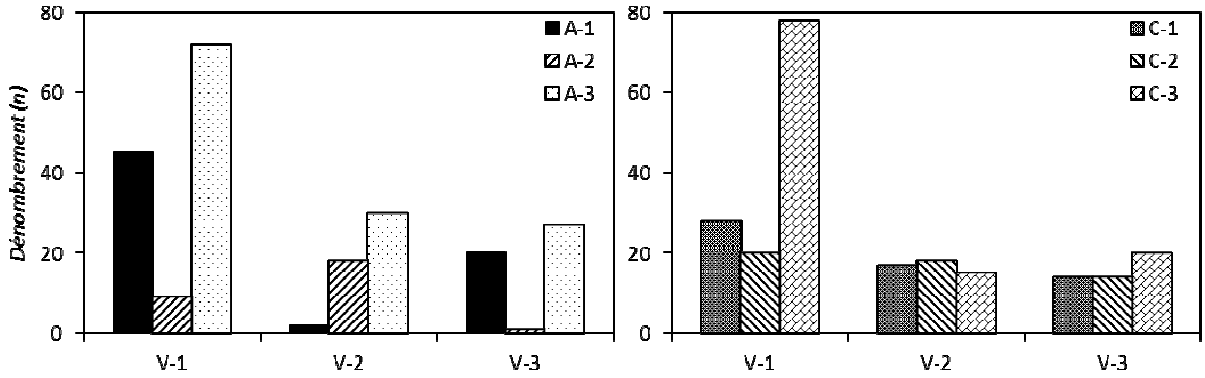
Tableau 23 : Récapitulatif des résultats par segment de consommateurs (méthode CLV avec données externes) avec les trois sélections de produits: proportion du panel et déterminants des préférences

	Sélection V			**Sélection A**			**Sélection C**		
Segment	V-1	V-2	V-3	A-1	A-2	A-3	C-1	C-2	C-3
Pourcentage du panel (n=224)	56%	22%	22%	30%	12%	58%	26%	23%	51%
Principaux Déterminants sensoriels des préférences positifs	Sucré, Int. Arom. Gl., Floral-Sucré, Int. Odo. Gl.	Sucré, Fruits mûrs, Fondant	Ananas-Banane	Int. Arom. Gl., Croquant, Juteux	Equilibre Croquant-Fondant, Fruits Mûrs	Sucré, Int. Arom. Gl., Ananas-Banane, Floral -Sucré	Floral-Sucré, Acide, Ananas-Banane, Citron	Croquant, Juteux	Sucré, AnanasBanane, FloralSucré,
Principaux Déterminants sensoriels des préférences négatifs (rejet)	Citron, Vert, Sous-Bois	Vert, Croquant	Sous-Bois, Rustique, Fondant	Rustique, Fondant	Ananas-Banane	Vert, Sous-Bois, Rustique	Rustique	Acide, Citron, SousBois, Fondant	SousBois

V correspond à la sélection de produits représentatifs de la « variabilité pomme »
A correspond à la sélection de produits ayant un niveau d'acidité perçue similaire
C correspond à la sélection de produits ayant un niveau d'acidité perçue similaire

3.3 Comparaison des résultats de préférences issus des différentes sélections de produits

Dans chacun des cas, il peut être observé que trois segments sont obtenus et qu'il existe un segment majoritaire représentant plus de 50% du panel : le segment V-1, le segment A-3 et le segment C-3 (Tableau 23). Mais ces différents segments de consommateurs ne se correspondent pas d'un espace à l'autre (Figure 39). En effet, les consommateurs du segment V-1 sont répartis dans les trois segments de l'espace acide (A-1, A-2, A-3) (Figure 39, à gauche) même si deux segments sont majoritaires (A-1 et A-3). Ceci est également vrai pour les segments V-2 et V-3. La même observation peut être faite lors du passage de la sélection de produits « V » à « C » (Figure 39, à droite). Cependant la répartition se fait de manière plus équilibrée sauf pour le segmentV-1. Les segments V-2 et V-3 sont répartis de manière quasiment égale dans les segments C-1, C-2 et C-3.



La lettre V, A ou C correspond à la sélection de produits.
Le numéro correspond au numéro du segment avec chaque sélection de produits.

Figure 39 : Répartition des consommateurs des segments issus de la sélection de produits variables (notée V) dans les segments issus des sélections de produits ayant un niveau d'acidité noté A (à gauche) et de croquant noté C (à droite) perçu de manière comparable.

Le fait que les segmentations issues des différentes sélections de produits ne coïncident pas est appuyé par les résultats d'un test du Chi-Deux qui vérifie l'indépendance des partitions et de l'indice de Rand ajusté qui indique la concordance entre deux partitions. Les partitions en trois segments issus des sélections de produits « V » et « A » sont indépendantes (P <0,000) et ne concordent pas, l'indice étant proche de 0 (Rand ajusté = 0,044). La probabilité du test de Chi-Deux entre les partitions en trois segments issues des sélections de produits « V » et « C » est très faible signifiant une indépendance des partitions (P = 0,002). Il en est de même pour l'indice Rand ajusté qui est plus proche de 0 que de 1 (0,084) démontrant peu de concordance entre les deux partitions.

Cependant, il peut être observé que la majorité du segment V-1 est répartie dans le troisième segment A-3 de la sélection de produits « A » et dans le troisième segment C-3 de la sélection de produits « C ». Il semble intéressant de réaliser une analyse multidimensionnelle pour comparer les différents modèles de préférences issus des trois partitions. La méthode d'Analyse en Composantes Communes et Poids Spécifiques (ACCPS) (Qannari *et al.*, 2000) a été choisie pour souligner à la fois les similarités et les différences entre les modèles de préférences. L'ACCPS est effectuée sur les coefficients associés aux descripteurs sensoriels issus des différentes sélections de produits (Annexe 10). Cette méthode permet de traiter simultanément des tableaux multiples appariés et tend à extraire des composantes latentes qui reflètent les différentes facettes des modèles de préférences.

Les quatre premières dimensions de l'ACCPS restituent environ 81% de la variance (Figure 40) et sont conservées pour l'analyse. Le Tableau 24 souligne que « V » est bien représenté par les deux premières dimensions, « A » par les dimensions 1 et 4 et « C » par la première et la troisième dimension. Ainsi, tous les tableaux pondèrent de la même manière la première dimension. La seconde dimension est plus spécifique de « V », la troisième de « C » et la quatrième de « A ». Les dimensions issues de l'ACCPS sont orthogonales deux à deux démontrant qu'il semblerait qu'il y ait des modulations dans les préférences quand la sélection de produits est modifiée.

	% Variance expliquée	% Variance cumulée
Dim.1	52,674	52,674
Dim.2	11,663	64,337
Dim.3	10,574	74,911
Dim.4	6,289	81,200
Dim.5	0,457	81,657
Dim.6	0,088	81,745
Dim.7	0,041	81,786
Dim.8	0,004	81,790
Dim.9	0,001	81,792

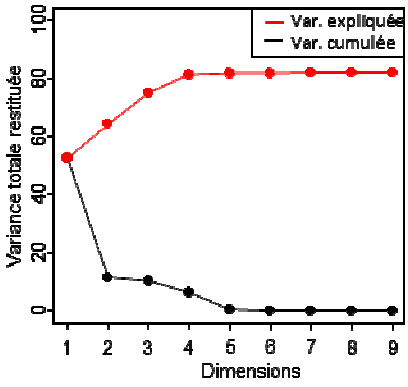


Figure 40 : Evolution de la variance restituée de l'ACCPS effectuée sur les coefficients associés aux descripteurs avec les trois sélections de produits

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4
Sélection V	0,4929	0,4055	0,0092	0,0070
Sélection A	0,5146	0,0714	0,0287	0,3039
Sélection C	0,5159	0,0432	0,3930	0,0040

Tableau 24 : Poids spécifiques ou saillances des tableaux sur les quatre premières dimensions

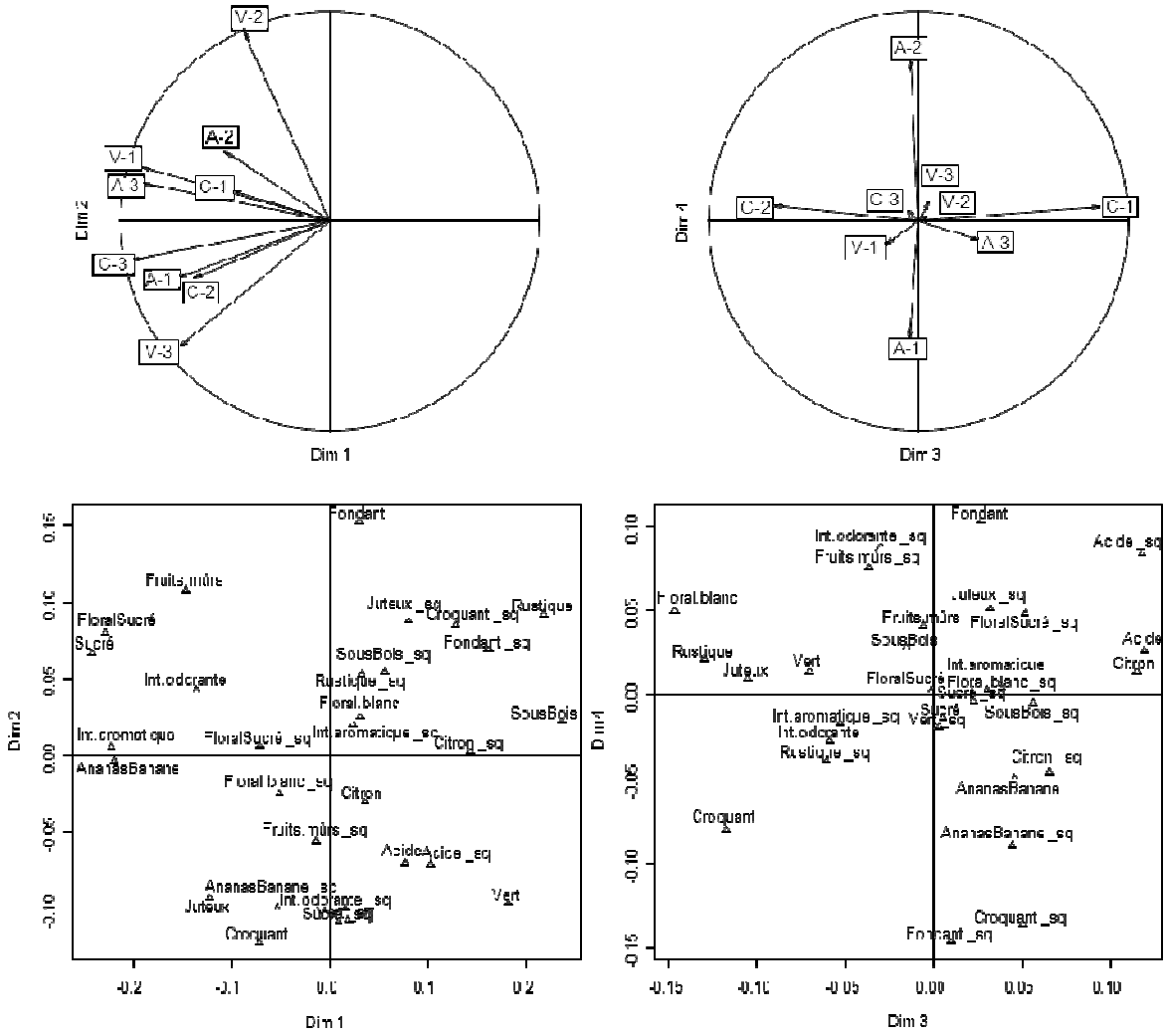
La première dimension (52,7% de la variance) est la direction des préférences majoritaire et est retrouvée avec les trois sélections de produits avec les segments V-1, A-3 et C-3. Les préférences de ces segments sont très similaires et sont expliquées principalement par les descripteurs *Sucré* et les caractères aromatiques : *Intensité Aromatique Globale*, *Ananas-Banane*, *Floral-Sucré*, *Fruits Mûrs* et l'*Intensité Odorante Globale* (Figure 41). Ainsi, cette tendance de préférence majoritaire est dépendante de la sélection de produits présentés. Les dimensions 1-2 de l'ACCPS décrivent de manière très proches l'espace sensoriel pomme global obtenu avec les 31 lots : la première dimension représente le sucré et les arômes et la deuxième représente la texture. Ces similtudes s'expliquent par la manière dont a été faite la sélection de produits « V ».

La troisième dimension de l'ACCPS (10,5% de la variance) met en évidence les descripteurs qui distinguent les tendances C-1 et C-2 issus de la sélection « C » composée de lots avec un niveau de croquant perçu similaire. Ces deux segments diffèrent sur des termes de texture à savoir le *Juteux* et *Croquant* mais avec des associations ou oppositions d'arômes différentes notamment *Rustiques*, *Floral-Blanc* (C-2), *Citron* (C-1) et également sur le caractère *Acide* (Figure 41). Le *Fondant* n'apparaît plus comme segmentant. En ayant diminué la variabilité du *Croquant*, la variabilité du *Fondant* est également minimisé et expliquerait ce résultat.

L'importance du descripteur *Acide* est mis en avant dans la sélection « C ». En effet, il détermine fortement les préférences des segments C-1 et C-2 accentuant l'appréciation des produits des consommateurs du premier segment et le rejet des produits par les consommateurs du second segment. Le caractère *Floral-Blanc* jusqu'alors n'avait pas été mis en avant comme étant un déterminant des préférences. Il apparait sur la Figure 41 comme caractérisant les préférences du segment C-2. Avec la sélection de produits « C », de nouveaux déterminants des préférences sont soulignés.

La quatrième dimension de l'ACCPS (6,3% de la variance), sépare les segments A-1 et A-2 et représente la texture et des termes quadratiques. Il s'avère que l'effet pour *Fondant* pour le segment

A-2 est nettement plus incurvé et que la préférence décroit fortement lorsque les produits sont trop fondants.



_sq : effet quadratique du descripteur en question.

Figure 41 : Cercles des corrélations des variables latentes des segments et poids des descripteurs avec les axes commun de l'ACCPS

4 Discussion

La cohérence des résultats de préférences issus de l'espace produit à 31 lots et à 9 lots (sélection « V ») permet de valider la réalisation d'une analyse des préférences avec données externes sur un petit nombre de produits. En effet, les déterminants des préférences des segments issus des deux sélections sont très proches. Le segment V-1 correspond très bien au segment 3 de l'étude de préférence avec 31 produits. Il en est de même pour le segment V-2 avec le segment 2 d'une part et pour le segment V-3 avec le segment 1. Néanmoins, le profil d'un grand nombre de

variétés doit être réalisé au préalable pour avoir une bonne connaissance du produit et sélectionner au mieux des lots représentatifs de la variabilité sensorielle du produit en question.

La direction de préférence majoritaire issues des trois sélections de produits composées de 9 produits – « V », « A » et « C » – est définie par les caractéristiques *Sucré*, une forte *Intensité Globale Odorante* et *Aromatique* et l'arôme *Ananas-Banane*. Cette même grande tendance est également observée dans l'analyse des préférences des 31 lots. En effet, sur la cartographie interne, les directions des préférences de l'ensemble des consommateurs sont relativement bien corrélées avec l'axe 1 (Figure 23). Sur le côté droit de la carte des individus axes 1-2 sont représentés par exemple les produits Tentation (TT), Goldrush (GR) et Belchard Chantecler 2 (BC2). Ces produits sont caractérisés par une saveur *Sucré*, une forte *Intensité Globale Odorante* et *Aromatique* ainsi que des arômes *Ananas-Banane* et *Floral-Sucré*. Donc, quelle que soit la sélection de produits considérée, petite (9 lots) ou grande (31 lots), variable ou avec un descripteur « minimisé », la même grande tendance de préférence est retrouvée. Cela signifie que l'effet principal des préférences est tellement fort qu'il reste inchangé en fonction des produits présentés.

Cependant, les déterminants sensoriels des préférences sont parfois modifiés en fonction de la sélection des produits considérée. Avec la sélection de produits où les variations d'intensité du descripteur *Croquant* sont minimisées des déterminants des préférences apparaissent comme *Floral-Blanc* et *Acide*. Un choix plus restreint de produits en termes de variabilité sensorielle peut permettre à affiner l'analyse des préférences des consommateurs. Mais il faut noter qu'il est difficile de travailler avec des produits bruts qui ne permettent pas de mettre en place un plan d'expérience exact. En effet, les caractéristiques sensorielles des pommes sont subies par l'expérimentateur et non choisies. Le choix des sélections « A » et « C » a été fait afin de minimiser respectivement les variations de l'intensité des descripteurs *Acide* et *Croquant*, cependant, les autres variables n'étaient pas contrôlées. Ainsi la variabilité de chaque autre descripteur a changé au sein des différentes sélections de produits et intervient directement dans la modification des configurations spatiales. Par exemple, la variance du descripteur *Citron* était importante dans l'espace sensoriel « V » et peut devenir plus faible lors du passage de la sélection de produits « A ». Ces modifications sont répercutées sur la segmentation des consommateurs et sur l'explication des préférences.

Par ailleurs, la segmentation est affectée par la sélection des produits présentés. Etant donné que la configuration de l'espace change, il est logique que la répartition des consommateurs se fasse différemment. Mais, il important de souligner que les limites entre segments sont parfois floues. Une méthode de classification induit la détermination d'un nombre de segments et donc certains individus attribués à un segment donné sont en réalité à la limite de deux segments. Ainsi lorsqu'on

compare plusieurs segmentations, ce paramètre est à prendre en compte et peut expliquer en partie la modification de la segmentation. La modification de la segmentation du panel de consommateur et de certains déterminants sensoriels des préférences confirment qu'il est essentiel de sélectionner correctement les produits à tester en fonction du but de l'étude comme Jaeger *et al*. (2003) l'ont souligné dans leur étude.

Il peut être observé grâce aux différents résultats issus des trois sélections de produits qu'il est important de prendre en compte l'effet quadratique des descripteurs dans les modèles de préférences, corroborant ainsi les travaux de Moskowitz (2000). Sur les graphiques des composantes latentes partielles associées aux descripteurs sensorielles, dans les trois cas, de nombreux effets quadratiques sont mis en avant et représentés par des courbes incurvées. De plus, il est souligné sur la carte factorielle de l'ACCPS que la différenciation des préférences des segments A-1 et A-2 se fait grâce aux effets linéaires des descripteurs de texture *Fondant* et *Croquant* mais grâce aussi à de nombreux effets quadratiques. Cependant, l'interprétation de ces derniers notamment n'est pas évidente comme l'a remarqué Jaeger *et al*. (2000).

5 Conclusion

L'étude de l'impact des caractéristiques sensorielles des produits présentés sur les résultats d'une étude de préférence a impliqué trois sélections différentes sensoriellement. Il a tout d'abord été démontré que le nombre de produits inclus dans l'étude n'a pas affecté pas les résultats des préférences. En effet, la réalisation de deux analyses des préférences avec données externes sur 9 et 31 produits aboutit à des conclusions similaires. Les deux sélections de produits prenaient en compte l'ensemble de la variabilité sensorielle des pommes. Il faut cependant réaliser en amont une analyse fine du type de produit à analyser afin de choisir au mieux les produits.

Les résultats de l'étude de préférences sur trois sélections de produits différentes sont comparés en termes de segmentation et de déterminants sensoriels des préférences. Une tendance de préférence majoritaire découle de l'analyse des résultats des trois sélections testées. Une grande partie des consommateurs apprécie les fruits sucrés et aromatiques. Cependant, les segments de préférences plus petits varient dans les différents espaces sensoriels générés et différents déterminants des préférences sont mis en avant. Le fait de « minimiser » la variabilité d'un descripteur permet de mettre en avant des petites nuances dans les résultats des préférences. Des déterminants des préférences secondaires ont été soulignés. Il faut donc faire un choix minutieux des produits lorsqu'une étude de préférences est mise en place.

Partie IV ETUDE DE L'IMPACT DES PERCEPTIONS VISUELLES ET ODORANTES SUR LES PERCEPTIONS EN BOUCHE

A ETUDE DE L'IMPACT DU VISUEL SUR LES PERCEPTIONS DE SAVEURS ET DE TEXTURE ET SUR L'APPRECIATION

Principaux résultats :

► Un effet de la couleur est mis en avant sur la perception de deux descripteurs aromatiques des pommes.

► La perception de l'acidité peut être modulée par le facteur visuel. Des effets d'assimilation et de contraste ont été mis en avant démontrant des interactions cognitives entre la perception visuelle et la perception en bouche.

► Même les perceptions en bouche de juges très entrainés peuvent être influencées par le facteur visuel.

► L'appréciation hédonique d'un échantillon de pomme en bouche peut être modifiée en fonction du visuel.

1 Introduction

La couleur fait partie des premiers critères d'achat de pommes (CTIFL, 2008) et notamment du premier achat de pomme. Cette partie a pour but de vérifier l'hypothèse que la couleur impacte la perception de la qualité sensorielle des pommes en bouche. Dans un premier temps, la part relative des perceptions visuelles (la couleur principalement) et des perceptions en bouche sur l'évaluation de huit descripteurs est mesurée sur trois variétés de pommes (Royal Gala, Golden Delicious et Granny Smith) par un panel entrainé. Dans un second temps, l'impact de la couleur sur l'appréciation de ces trois mêmes variétés de pommes par un panel de consommateurs est étudié.

2 Matériels et Méthodes

2.1 Les produits

Trois variétés de pommes ayant des couleurs différentes sont utilisées : Golden Delicious (jaune), Royal Gala (rouge), Granny Smith (verte). Hormis leur couleur différente, ces variétés ont été choisies pour leur grande notoriété, leur forte consommation en France (CTIFL, 2008) et leur caractéristiques sensorielles différentes (Daillant-Spinnler *et al.*, 1996). Chaque lot a été acheté chez un grossiste à St Barthélémy d'Anjou (France), et stocké à 4°C. Les fruits ont été lavés et mis à température ambiante (21°C ± 1°C) environ 24h avant les tests.

2.2 Les mesures physico-chimiques

Les mesures physico-chimiques c'est-à-dire la mesure des sucres solubles (Indice réfractométique), du pH et de l'acidité titrable ont été réalisées sur des lots de 10 fruits prélevés de manière aléatoire. Elles ont été effectuées suivant les principes décrits dans la partie §I.1.3.

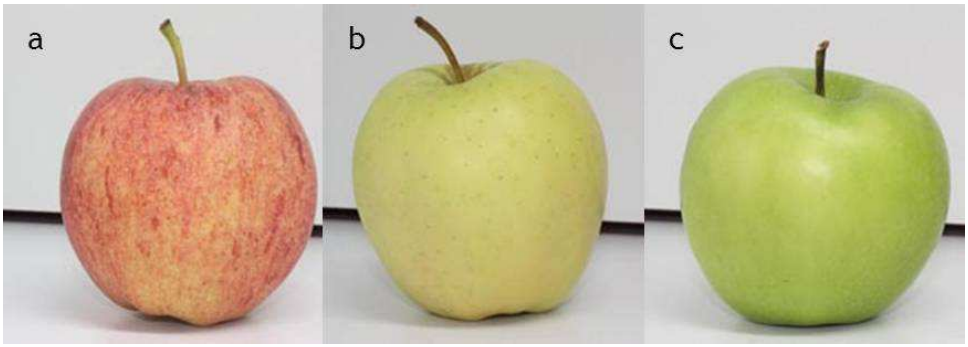
2.3 Les conditions d'évaluation

Les juges ont travaillé dans des cabines d'analyse sensorielle individuelles informatisées répondant aux normes ISO 8589 (2007). Les cabines étaient situées dans une pièce à température constante 21±1 °C, équipée de lumière blanche. Les résultats ont été collectés via le logiciel FIZZ (version 2.10; Biosystemes, Courtenon, France). Un rinçage de la bouche entre les échantillons avec de l'eau minérale était imposé.

2.4 Protocole

Un plan d'expérience complet à deux facteurs (« Visuel » vs. « En Bouche ») a été mis en place. Les neuf combinaisons possibles, 3 variétés en bouche x 3 images à l'écran (Figure 42), sont présentées dans le Tableau 25. Trois photos de la même pomme par variété avec différents angles de vue ont été prises de sorte que ce ne soit pas toujours la même photo dans les différentes combinaisons afin de ne pas faire douter le consommateur sur la véracité de la consigne. Toutes les combinaisons sont évaluées par tous les juges et tous les consommateurs de manière monadique, suivant un carré latin de William. Les juges entraînés ont également réalisé le profil des trois variétés présentées pelées en lumière blanche, sans photo à l'écran avant de réaliser les profils des pommes du plan d'expérience (combinaisons d'un échantillon en bouche et d'une image à l'écran).

Figure 42 : Exemples d'image projetée à l'écran pendant l'évaluation



a : Royal Gala, b : Golden Delicious, c : Granny Smith

Tableau 25 : Les neuf combinaisons possibles issues du plan d'expérience *Visuel vs*. *En Bouche*

	Facteur *Visuel* : image à l'écran	Facteur *En Bouche* : échantillons évalués en bouche
Les neuf combinaisons possibles	RG	RG
	GD	RG
	GS	RG
	RG	GD
	GD	GD
	GS	GD
	RG	GS
	GD	GS
	GS	GS

GD : Golden Delicious, GS : Granny Smith, RG : Royal Gala

2.5 Les panels

Le plan d'expérience a été utilisé avec deux objectifs : mesurer l'impact du facteur *Visuel* sur la mesure descriptive et mesurer l'impact du facteur *Visuel* sur la mesure hédonique. En conséquence, deux panels indépendants ont été utilisés.

2.5.1 Le panel entrainé

Un panel entrainé de quatorze personnes (2 hommes et 12 femmes; âgés de 45 à 65 ans) du laboratoire GRAPPE de l'ESA (Angers, France) ont participé à cette expérience. Ce panel a été recruté principalement pour caractériser de manière très précise la texture et les saveurs des pommes et a été fortement entrainé (150h) (voir Partie I §1.2.3). Les performances du panel ont été vérifiées à plusieurs reprises pendant l'entrainement. Tous les juges ont montré qu'ils étaient discriminants, en accord et répétables.

Les juges ont évalué les profils sensoriels complets : 1/ des trois variétés de pommes en lumière blanche, 2/ des neuf combinaisons d'échantillons (3 variétés de pommes en bouche x 3 variétés présentées à l'écran, Tableau 25). Une échelle d'intensité linéaire non structurée de 10 cm allant de 0 (absence) à 10 (extrêmement intense) a été utilisée pour les profils. Au total, huit descripteurs sont analysés: *Croquant, Juteux, Farineux, Acide*, *Sucré, Intensité Globale Aromatique, Arôme Fruité* et *Arôme Pomme Verte*. Ces descripteurs sont définis dans le Tableau 26.

Tableau 26 : Définition des descripteurs et des références associées utilisés par le panel entrainé pour l'étude sur la couleur

Descripteur	Définition	Références
Croquant	Bruit provoqué par l'enfoncement des incisives dans la chair et par le détachement du morceau de pomme lorsqu'on le mord	Faible: Golden Delicious conserve à temperature ambiante pendant 2 semaines – Fort: Pink Lady® stockée à 4°C
Juteux	Quantité de jus libéré en bouche pendant 2 à 5 mastications	Faible: Golden Delicious conserve à temperature ambiante pendant 2 semaines – Fort: Pink Lady® stockée à 4°C
Farineux	Sensation de farine et d'assèchement dans la bouche	Faible: Pink Lady® stockée à 4°C – Fort: Reinette grise du Canada
Acide	Intensité de la saveur acide perçue en bouche (ex: acide malique)	Faible: 1,3g.L^{-1} d'acide malique & 68g.L^{-1} de saccharose – Fort: 8,0g.L^{-1} d'acide malique & 68g.L^{-1} de saccharose
Sucré	Intensité de la saveur sucrée perçue en bouche (ex : saccharose)	Faible: 68g.L^{-1} de saccharose & 1,3 g.L^{-1} d'acide malique – Fort: 140g.L^{-1} de saccharose & 1,3g.L^{-1} d'acide malique
Intensité Aromatique Globale	Intensité rétronasale globale	
Arôme Fruité	Intensité en bouche de l'Arôme Fruité	Acétate d'isoamyle 1% dans éthanol (ISIPCA)
Arôme Pomme Verte	Intensité en bouche de l'Arôme Pomme Verte	Arôme Pomme Verte (Giffard, ref. non disponible)

2.5.2 Le panel consommateur

Le panel de consommateurs était composé de 143 étudiants de l'Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers) âgés de 21 à 23 ans. Ces consommateurs ont donné leur appréciation globale pour 9 combinaisons (Tableau 25) sur une échelle discrète à 9 points allant de 'extrêmement désagréable' à 'extrêmement agréable'. Les échantillons ont été présentés de manière monadique et suivant un carré latin de Williams. Deux huitièmes de pomme pelée étaient présentés pour chaque combinaison aux consommateurs. L'évaluation s'est déroulée sous lumière blanche.

2.6 Traitement de données

Les résultats ont été analysés avec une analyse de la variance (ANOVA) selon le modèle suivant : *Descripteurs ~ En Bouche + Visuel + En Bouche*Visuel + Juge + ε*

Les différents facteurs pris en compte dans le modèle d'ANOVA sont considérés comme fixes. Les données analysées par ANOVA ont ensuite été analysée avec le test de différence LSD (Least Significant Difference) avec un risque de première espèce α=5%. Les traitements ont été réalisés sur le logiciel Statgraphics Centurion XVI Version 16.1.02.

3 Résultats

3.1 Caractérisation des variétés

Les trois variétés ont des caractéristiques physico-chimiques différentes. En effet, les niveaux d'acidité et de sucres (°Brix) diffèrent (Tableau 27).

Tableau 27 : Moyennes des mesures physico-chimiques effectuées sur les trois variétés sélectionnées (Royal Gala, Golden Delicious et Granny Smith)

Variétés	pH	Acidité titrable ($g.L^{-1}$ eq. ac. malique)	Indice Réfractométrique (°Brix)	Ratio Sucre/ Acide	Calibre (mm)
Royal Gala (RG)	3,63	3,19	11,6	3,64	70-80
Golden Delicious (GD)	3,49	4,51	14,4	3,19	70-75
Granny Smith (GS)	3,27	5,49	12,3	2,24	70-75

La Royal Gala (RG) est peu acide et peu sucrée. Elle a le ratio Sucre/Acide le plus élevé (3,64) qui est un indicateur de la perception relative du sucré des pommes en bouche (Thybo *et al.*, 2004). La Golden Delicious (GD) est la variété ayant l'indice réfractométrique le plus élevé (14,4) alors qu'elle est un peu plus acide que la Royal Gala. Ainsi, en prenant en compte le ratio Sucre/Acide, la Golden Delicious serait perçue plus sucrée en bouche. La Granny Smith (GS) est peu sucrée avec le

ratio Sucre/Acide le plus faible (2,24). Son acidité titrable est la plus forte (5,49) et il a été démontré que l'acidité titrable est un bon indicateur de l'acidité perçue (Harker, Marsh, *et al.*, 2002). Cette variété est donc la plus acide des trois.

3.2 Influence de la couleur sur les perceptions en bouche

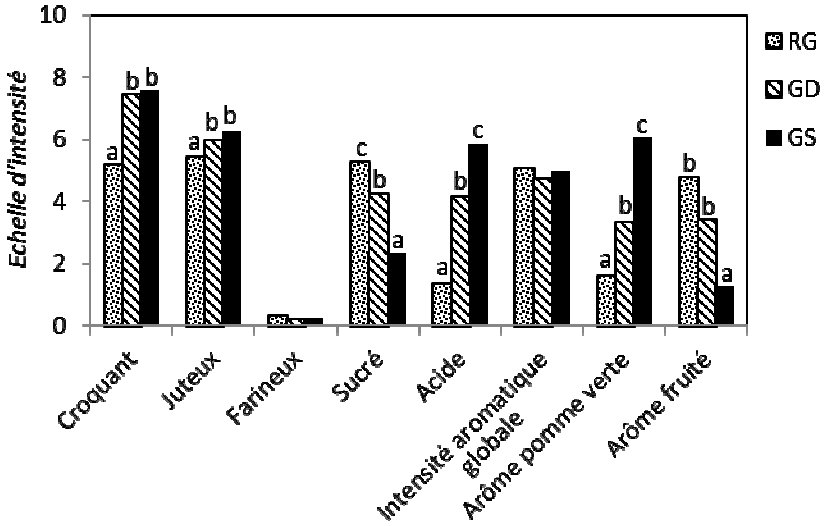
Dans le Tableau 28 sont présentés les résultats de l'ANOVA à trois facteurs (*En Bouche*, *Visuel*, *Juge*) sur les données de profils réalisés par le panel entraîné. Le facteur *En Bouche* présente trois niveaux : Golden Delicious, Royal Gala et Granny Smith. Le facteur *Visuel* présente quatre niveaux : sans photo, avec photo de Golden Delicious, avec photo de Royal Gala et avec photo de Granny Smith. Tous les descripteurs sont hautement significatifs pour le facteur *En bouche* à l'exception du *Farineux* et de l'*Intensité Aromatique Globale* (Tableau 28). Concernant le facteur *Visuel*, seuls les descripteurs *Intensité Aromatique Globale* et *Arôme Fruité* présentent des différences significatives. Ces résultats signifient que les notes d'intensité des huit descripteurs et donc leur perception s'explique davantage par la perception en bouche que par la perception visuelle.

Tableau 28 : Probabilités issues de l'ANOVA à trois facteurs sur des données d'intensité de huit descripteurs de trois variétés de pommes avec trois images de pommes différentes.

	Croquant	Juteux	Farineux	Sucré	Acide	Intensité Aromatique Globale	Arôme Pomme Verte	Arôme Fruité
En Bouche	**< 0,001*** **	**0,005** **	0,593	**< 0,001*** **	**< 0,001*** **	0,545	**< 0,001*** **	**< 0,001*** **
Visuel	0,169	0,366	0,570	0,203	0,713	**0,008** **	0,258	**0,017** *
En Bouche*Visuel	0,247	0,368	0,507	0,767	**0,044** *	0,447	0,697	0,155
Juge	**< 0,001*** **	**< 0,001*** **	**< 0,001*** **	**< 0,001*** **	**< 0,001*** **	**< 0,001*** **	**< 0,001*** **	**< 0,001*** **

Les astérisques indiquent différents niveaux de significativité:
* p < 0.05 ; ** p < 0.01 ; *** p < 0.001

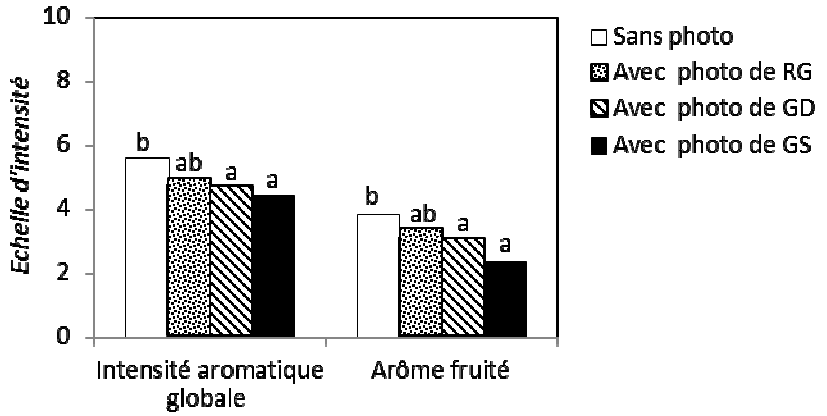
Les moyennes des descripteurs pour les trois variétés sont présentées dans la Figure 43. Il peut être observé que la Royal Gala est perçue comme moins croquante, moins juteuse, plus sucrée, moins acide, et au niveau aromatique moins *Pomme verte* et plus *Fruité* que Golden Delicious et Granny Smith. La Golden Delicious est intermédiaire entre la Royal Gala et la Granny Smith pour le Sucré, l'Acide et les arômes *Pomme verte* et *Fruité*. De plus, les trois variétés ne sont pas farineuses et leur intensité aromatique globale est comparable. Ces résultats sensoriels sont bien en accord avec la caractérisation physico-chimique de ces trois variétés.



GD : Golden Delicious, GS : Granny Smith, RG : Royal Gala
Un test LSD a été utilisé avec un niveau de confiance de 95% ; a,b, c correspondent à des différences signficatives

Figure 43 : Moyenne des notes d'intensité en bouche des trois variétés de pommes pour les huit descripteurs

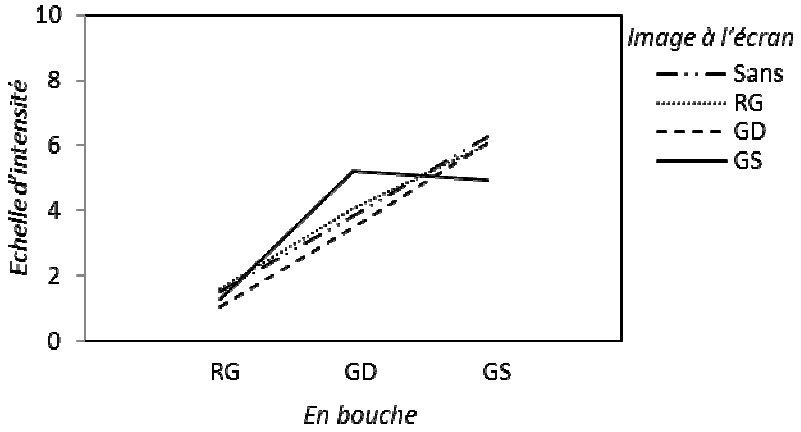
Le facteur *Visuel* impacte principalement l'*Intensité Aromatique Globale* et l'*Arôme Fruité* perçus. Les moyennes des notes d'intensité en visuel sont présentées dans la Figure 44. Les pommes dégustées sans photo sont perçues plus aromatiques que les mêmes pommes dégustées en présence de photos. Lorsque les juges observent les images de Golden Delicious et de Granny Smith, ils notent les fruits de manière moins intense au niveau leur *Arôme Global* et de l'*Arôme Fruité*, ce qui laisse croire qu'ils introduisent dans leur échelle de notation un biais en lien avec leur connaissance de ces produits. Ce phénomène est confirmé par le fait que la mémoire intervient lors de l'intégration des stimuli sensoriels dans le processus de perception (Mc Leod *et al*., 2009)



GD : Golden Delicious, GS : Granny Smith, RG : Royal Gala
Un test LSD a été utilisé avec un niveau de confiance de 95% ; a,b, c correspondent à des différences signficatives

Figure 44 : Moyenne des notes d'intensité en visuel de l'Intensité Globale Aromatique et de l'Arôme Fruité

Une interaction entre les facteurs *En bouche* et *Visuel* est significative à 5% uniquement pour le descripteur *Acide* (p=0,044). Ce qui signifie que suivant la photo présentée, la perception en bouche n'est pas la même. Cet effet d'interaction est illustré dans la Figure 45. Chaque variété dégustée avec sa propre photo est la situation de référence, par exemple Royal Gala dégustée avec la photo de Royal Gala. La Royal Gala a une acidité faible (<2) et est perçue de manière identique quelle que soit la photo projetée ou en condition sans photo. Cela n'est pas le cas pour Golden Delicious et Granny Smith. La Golden Delicious est perçue significativement plus acide quand une photo de Granny Smith lui est associée comparativement aux photos de Golden Delicious, Royal Gala ou encore quand elle est dégustée sans photo. La Granny Smith, au contraire, est perçue plus acide quand elle est associée aux photos de Golden Delicious ou Royal Gala ou encore sans photo qu'avec sa propre photo. Cela démontre bien que les photos et donc la reconnaissance des variétés, génèrent une attente sensorielle en bouche et modifie la perception.



GD : Golden Delicious, GS : Granny Smith, RG : Royal Gala

Figure 45 : Interactions entre les facteurs *En Bouche* et *Visuel* pour le descripteur *Acide*

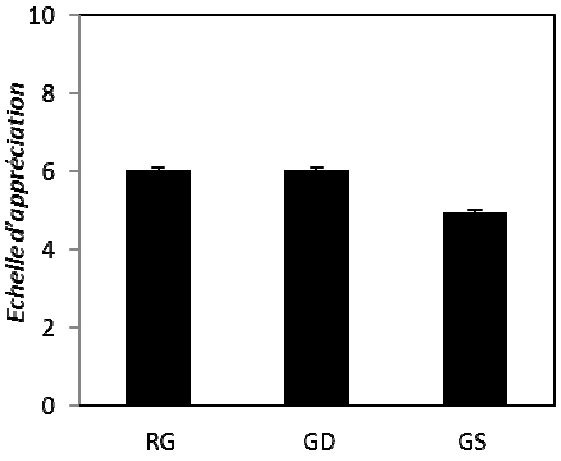
Golden Delicious est une pomme avec une acidité intermédiaire. Quand elle est dégustée avec la photo de Granny Smith, pomme de couleur verte, une sur-notation de l'acidité de Golden Delicious est engendrée. Il s'agit ici d'un effet d'assimilation, c'est-à-dire que la modification observée dans la notation d'un stimulus s'effectue dans la direction de l'attente (Zellner & Durlach, 2003).

Granny Smith est une pomme très acide. Quand elle est dégustée avec une photo de Golden Delicious ou Royal Gala ou encore sans photo, les juges ne s'attendent pas à goûter une pomme acide. Granny Smith est donc perçue plus acide qu'avec une photo de Granny Smith. Le changement dans la notation du stimulus s'opère dans la direction opposée à l'attente, c'est un effet de contraste

(Zellner & Durlach, 2003). Il est important de noter qu'au contraire, la perception d'acidité de Royal Gala qui est une pomme très peu acide, n'est pas influencée par le facteur visuel même avec une photo de pomme acide. Le niveau d'acidité est donc un facteur à prendre en compte pour étudier l'impact du visuel y compris avec un panel de juges entraînés comme c'est le cas ici.

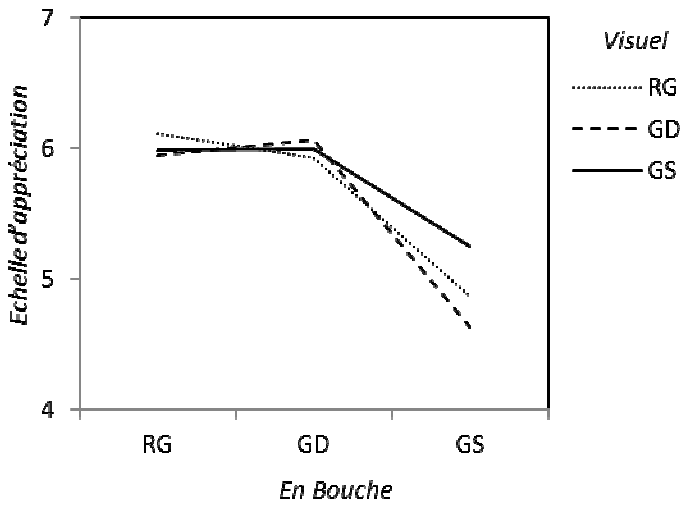
3.3 Influence de la couleur sur l'appréciation des consommateurs

Il vient d'être montré que le facteur *Visuel* par la couleur peut moduler la perception de certains descripteurs mais qu'en est-il de l'appréciation des consommateurs ? Au regard des résultats de l'ANOVA à trois facteurs (*Visuel*, *En Bouche*, *Juge*) réalisée sur les données d'appréciation, il s'avère que l'appréciation est essentiellement expliquée par le facteur *En Bouche* ($p<0,000$) et pas par le facteur *Visuel* ($p=0,219$). La Figure 46 montre que la Granny Smith est significativement moins appréciée (4,92) que la Royal Gala (6,02) et la Golden Delicious (6,00). L'interaction des facteurs *En Bouche*Visuel* n'est pas non plus significative, des tendances se dessinent cependant dans ces résultats ($p=0,091$). Pour chaque variété, la note d'appréciation est maximale lorsque la photo correspond à l'échantillon en bouche (Figure 47). Un phénomène de congruence est aussi observé entre les facteurs *Visuel* et *En Bouche* sur l'appréciation. Pour les variétés Royal Gala et Golden Delicious, le visuel n'a pas d'influence sur l'appréciation. En effet, quelle que soit la condition visuelle, l'appréciation en bouche est similaire. Par contre pour la Granny Smith, l'appréciation est modulée par le facteur *Visuel*. La Granny Smith est effectivement moins appréciée avec les images de Royal Gala et Golden Delicious qu'avec sa propre image.



GD : Golden Delicious, GS : Granny Smith, RG : Royal Gala

Figure 46 : Moyenne des notes d'appréciation en bouche des variétés RG, GD, GS



GD : Golden Delicious, GS : Granny Smith, RG : Royal Gala

Figure 47 : Interaction des facteurs En Bouche*Visuel sur les notes d'appréciation

4 Discussion

Les résultats de la bibliographie corroborent la caractérisation instrumentale des trois variétés utilisées. La Granny Smith est effectivement une variété très acide (Daillant-Spinnler *et al*., 1996; Vaysse, Masseron, *et al*., 2000), la Royal Gala une pomme très sucrée (Daillant-Spinnler *et al*., 1996; Kühn & Thybo, 2001; Vaysse, Masseron, *et al*., 2000) et Golden Delicious a une saveur sucré-acide intermédiaire (Abbott *et al*., 2004; Kühn & Thybo, 2001; Vaysse, Masseron, *et al*., 2000).

Un effet du facteur *Visuel* a été montré pour les deux descripteurs *Intensité Aromatique Globale* et *Arôme Fruité.* Granny Smith et Golden Delicious sont perçues de manière moins intense pour ces descripteurs par rapport à Royal Gala et à l'évaluation sans photo. Ce résultat souligne que les photos et donc la reconnaissance des variétés, modifie la perception des arômes. Ceci est donc en partie en accord avec certains travaux démontrant l'effet modulateur des informations visuelles (particulièrement la couleur) sur la perception multisensorielle de la flaveur (saveur et arôme) (Wei *et al.*, 2012; Zampini *et al.*, 2007).

Zampini *et al*. (2007) ont montré qu'en colorant des solutions aromatisées aux fruits de différentes couleurs, la couleur pouvait altérer la reconnaissance et la détection des arômes lorsque la coloration était inappropriée. Wei *et al*. (2012) ont montré qu'un jus d'orange coloré en vert était perçu plus amer et plus acide. Au contraire, si ce jus était coloré en rouge ou jaune sa saveur sucrée et son intensité aromatique étient perçues de manière plus forte.

Cependant, on peut se demander si le fait d'observer des intensités plus fortes pour les descripteurs *Intensité Aromatique Globale* et *Arôme Fruité* est un effet de la condition « sans photo » ou serait plutôt dû à un biais méthodologique. Les échantillons sans photos ont été évalués en amont des profils avec les combinaisons d'échantillons en bouche/photo à l'écran. Il pourrait s'agir d'un effet bloc « sans photo » *vs*. « avec photo ». Les deux tâches réalisées par les juges étaient différentes. L'effet du premier produit mis en avant par Wakeling et MacFie (1995) pourrait également expliquer ces résultats.

Une interaction entre les facteurs *Visuel* et *En bouche* est observée pour le descripteur *Acide*. Suivant la photo présentée, la perception de l'acidité est différente : renforcée ou diminuée. On peut émettre l'hypothèse que la photo présentée génère une attente sensorielle (stimulus attendu) qui est comparée inconsciemment au stimulus réellement perçu. Suivant l'écart entre ces stimuli, la perception de l'acidité est renforcée ou diminuée. Cette modulation de perception serait alors le résultat d'une interaction cognitive entre la vision, ici principalement la couleur de la pomme, et les

perceptions en bouche. Globalement, la couleur influence les perceptions de l'arôme, de la saveur mais non la perception de la texture.

La couleur des pommes engendre des attentes au niveau sensoriel créant dans certains cas des effets de contraste et d'assimilation quand l'échantillon en bouche n'est pas identique à celui en photo. Les expériences alimentaires passées peuvent en partie expliquer ces résultats. En effet, elles sont mémorisées et conditionnent chez le consommateur des associations de couleurs avec des saveurs et des arômes (Jaeger & MacFie, 2001). Ce phénomène cognitif est observé dans le cas d'un panel entraîné alors que ce dernier est censé être objectif. Cela amène à penser que l'entrainement des juges ne semble pas être suffisant pour s'affranchir de ces associations couleurs-arômes-saveurs. Ainsi mêmes dans le cas de panel très entraîné, l'utilisation de la lumière rouge pour masquer les différences de couleur lors de tests sensoriels est indispensable si on veut s'affranchir de l'impact de la couleur. Cependant pour une étude des préférences des consommateurs, l'utilisation de la lumière rouge n'est pas forcément nécessaire si les expérimentateurs souhaitent mieux intégrer la réalité des effets perçus par les consommateurs.

L'impact du visuel sur la perception d'acidité a lieu dans le cas de Granny Smith mais pas de Royal Gala. L'hypothèse serait que la Granny Smith a une notoriété plus forte et a une « signature variétale ». Elle est la seule variété de pomme totalement verte (Vaysse, Masseron, *et al*., 2000), est donc plus facilement reconnaissable. La couleur verte peut être associée à une faible maturité des fruits et ainsi associée à une acidité plus forte. De plus, sa couleur est probablement un facteur de mémorisation de ses caractéristiques sensorielles qui sont aussi particulières : très acide et peu sucrée. A l'inverse de la Royal Gala est une des nombreuses variétés de pommes de couleur rouge qui ont des caractéristiques sensorielles variées. Son image sensorielle doit probablement être plus floue expliquant l'absence d'impact de la couleur sur les perceptions dans le cas de Royal Gala.

L'effet d'assimilation observé sur le descripteur *Acide* au moment de la dégustation de Golden Delicious avec une image de Granny Smith peut être expliqué par le phénomène de congruence. Il est défini comme étant la combinaison appropriée de deux stimuli dans un produit alimentaire (Frank *et al.*, 1993). La couleur verte et l'acidité sont deux stimuli congruents et confirment les associations rencontrées dans la nature : le vert est associé à l'acide et le rouge au sucré (Maga, 1974; Wei *et al.*, 2012). Lorsqu'il y a une concordance des échantillons : Granny Smith dégustée avec une photo de Granny Smith, son acidité perçue est moindre

Face à ces résultats, il est souligné que même des juges issus d'un panel entraîné peuvent être influencés par les caractéristiques visuelles des pommes. Ceci appuie les résultats de Olabi et

Lawless (2008) qui ont démontré que malgré l'entrainement et la présence de références les modifications de notation persistent quand le contexte est modifié.

Dans l'étude des consommateurs, l'appréciation est un peu plus forte pour chaque variété quand la pomme est évaluée avec sa propre image. Le visuel et plus précisément la couleur modifie l'appréciation des consommateurs de manière significative dans le cas de Granny Smith uniquement. Dans les cas où Granny Smith est évaluée avec une photo de Golden Delicious ou de Royal Gala, son appréciation chute légèrement. Lorsque Granny Smith a été dégustée avec une photo de Granny Smith, l'acidité perçue était plus faible et pourrait expliquer la note d'appréciation supérieure de Granny Smith. Ce résultat conforte l'hypothèse de l'identité visuelle plus forte de Granny Smith par rapport à Golden Delicious et Royal Gala.

Granny Smith est particulièrement acide et dans les résultats de l'étude des préférences présentée dans la partie II, elle est moins appréciée que Golden Delicious et Royal Gala. Daillant-Spinnler *et al*. (1996) ont décrit deux segments de consommateurs opposés dans leurs préférences : un segment qui apprécie le sucré et rejette l'acide et un second qui apprécie la saveur acide. Il a été observé que l'appréciation de la Granny Smith est plus forte avec sa propre image. On peut ainsi émettre l'hypothèse qu'une couleur adaptée pourrait améliorer l'appréciation d'un produit.

Les attentes des consommateurs de pommes rouges et vertes/bicolores sont différentes particulièrement pour les critères d'acidité, de jutosité et de croquant ce qui modifie l'appréciation des produits. Ainsi, observer l'impact de la couleur par segment de consommateurs ou selon les habitudes de consommation des consommateurs est une perspective possible à ce travail.

5 Conclusion

La présentation des images de fruits semble impacter les perceptions de flaveur, mais pas celle de la texture des fruits. Cette étude souligne le fait que suivant la couleur de pommes présentées en visuel, la perception de l'acidité est modifiée : renforcée ou diminuée. Ces effets de contraste ou d'assimilation sont la preuve d'une interaction cognitive entre la perception visuelle et les perceptions en bouche. Néanmoins, cela n'est vrai que dans le cas de Granny Smith. Par ailleurs, au niveau de l'appréciation, la couleur n'a un impact que sur l'appréciation de Granny Smith. L'impact de la couleur n'a été mis en avant qu'avec la variété Granny Smith qui a une identité forte la rendant facilement identifiable et mémorisable. L'effet de la couleur a été étudié ici sur les perceptions en bouche et l'appréciation mais une approche plus globale de la qualité visuelle des pommes peut être une perspective à ce travail. En effet, la couleur ne reflète qu'une partie de l'aspect visuel, l'étude de l'effet du russetage, de la brillance, de la résistance de la peau et des

défauts sur l'appréciation des pommes et le comportement des consommateurs pourrait être intéressante. Par exemple une meilleure définition des défauts des pommes permettrait d'améliorer les normes de qualité et d'augmenter la satisfaction des consommateurs.

B ETUDE DE L'IMPACT D'UNE ODEUR « POMME EN BOUCHE » SUR LES PERCEPTIONS EN BOUCHE

Principaux Résultats:

► Un système original innovant appelé « Mouth to Nose Merging System » est présenté.

► Cette approche permet d'étudier l'impact d'une odeur représentative d'un arôme libéré en bouche sur les perceptions d'arôme, de saveur et de texture.

► Le système a l'avantage de mettre en œuvre des produits naturels complexes et non des matrices. Une application sur la pomme est présentée.

► Une interaction cognitive entre les perceptions de l'odeur et de la texture est mise en avant.

1. Introduction

La perception en bouche est complexe et une meilleure compréhension des phénomènes qui ont lieu sont des clefs pour mieux comprendre les préférences des consommateurs *a posteriori*. De manière générale, les travaux précédents portant sur les pommes ont analysé majoritairement la texture et les saveurs comme étant les déterminants des préférences principaux (CTIFL, 2008; Daillant-Spinnler *et al*., 1996). Néanmoins, le caractère parfumé est le critère le plus important dans les pommes pour un peu plus de 15% des consommateurs français (CTIFL, 2008) et Jaeger *et al*. (1998) décrivent une segmentation en deux segments principaux de préférences dont un est déterminé par le sucré et arômes floraux/fruités. Les arômes sont donc non négligeables. Les interactions des arômes avec les saveurs ou la texture ont fait l'objet de nombreuses études mais sont difficiles à étudier. Envoyer une odeur représentative d'un arôme libéré en bouche est envisagé pour étudier plus facilement les interactions relatives à l'arôme. Ceci est l'objectif de ce chapitre.

2 Matériels et Méthodes

2.1 Principe du « Mouth to Nose Merging System »

Le système appelé « Mouth to Nose Merging System » a été mis au point et utilisé pour étudier l'impact d'une odeur « pomme en bouche » sur les autres perceptions en bouche. Ce système consiste en deux éléments principaux : un simulateur de mastication appelé aussi « bouche artificielle » et un juge entrainé. Le simulateur de mastication (Arvisenet *et al.*, 2008) est composée d'un récipient maintenu à 37 °C dans lequel un échantillon de pomme et de la salive artificielle ont été introduits (Figure 48). Des travaux précédents sur le pain ont montré que cette bouche artificielle délivre des extraits aromatiques représentatifs en terme d'intensité et de qualité de l'arôme libéré *in vivo* pendant la consommation (Poinot, Arvisenet, Grua-Priol, Fillonneau, & Prost, 2009).

La salive artificielle a été préparée fraîche tous les jours d'après Van Ruth, Roozen & Cozjinsen (1995) en dissolvant dans de l'eau (purifiée par un système Milli-Q, Millipore Corp., Molsheim, France) ; 5,21 $g.L^{-1}$ de $NaHCO_3$ (Merck, Darmstadt, Allemagne) ; 0,88 $g.L^{-1}$ de NaCl (Fluka, Steinheim, Allemagne) ; 0,48 $g.L^{-1}$ de KCl (Merck, Darmstadt, Allemagne) ; 0,44 $g.L^{-1}$ de $CaCl_2.2H_2O$ (Merck, Darmstadt, Allemagne) ; 1,04 g L^{-1} de K_2HPO_4 (Panreac, Barcelona, Espagne) ; 2,16 $g.L^{-1}$ de mucine (Sigma, Saint Louis, USA) ; et 9,26 $g.L^{-1}$ d'α-amylase porcine 21,6 $U.mg^{-1}$ (Sigma, Saint Louis, USA) (pH ajusté à 7).

L'échantillon, une fois introduit dans la bouche artificielle, est ensuite broyé par des mouvements de compression (a) et de rotation (b). Durant cette mastication *in-vitro*, un flux d'air parcourt le récipient (c) reproduisant le phénomène de respiration qui inclut une phase d'expiration

(pendant laquelle le flux d'air est expulsé) suivi d'une phase d'inspiration (pendant laquelle la sortie d'air est stoppée). Pendant la phase expiratoire, des composés volatils sont libérés des échantillons, appelé par la suite 'extrait odorant'. Ils sont libérés à l'extérieur par une ouverture dans le bouchon et via un tuyau Teflon attaché à un cône en verre dans lequel les juges mettent leur nez (d).

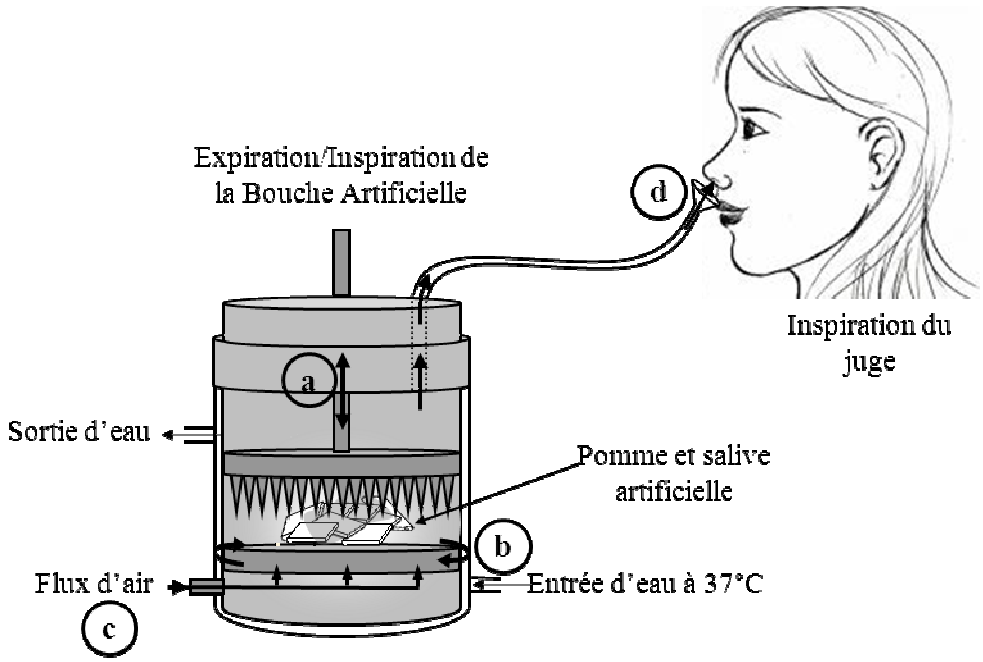
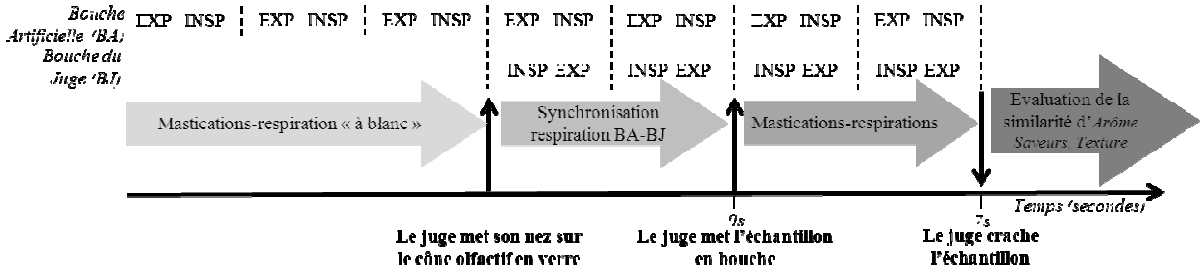


Figure 48 : Le principe du «Mouth to Nose Merging System ».

Un protocole respiratoire précis (Figure 49) a été mis en place pour limiter les différences inter-individuelles au sein du panel.



INSP : Inspiration, EXP : Expiration

Figure 49: Protocole opératoire mis en place

Après trois cycles d'expiration-inspiration de la bouche artificielle, il a été demandé aux juges de mettre leur nez sur le cône olfactif en verre et de respirer au même rythme que la bouche artificielle mais de manière opposée. Ainsi, les juges inspiraient quand la bouche artificielle expirait et expiraient quand la bouche artificielle inspirait. Après deux cycles de synchronisation, les juges

devaient mettre en bouche un échantillon de pomme et le mastiquer pendant deux cycles supplémentaires. Finalement, les juges devaient se pincer le nez, cracher l'échantillon, et évaluer la similarité d'un critère parmi l'arôme, la saveur et la texture.

Le système tend à reproduire autant que possible la mastication et la respiration humaine. Ainsi, à l'entrée de l'appareil, la pression de l'air était de 0,1 bar ce qui correspond au flux de respiration humaine (0,2 $L.s^{-1}$). La fréquence respiratoire a été ajustée à 17 $cycles.min^{-1}$. Cette valeur correspondait à la fréquence respiratoire moyenne des juges, mesurée pendant la mastication d'un échantillon de pomme dans des conditions normales de dégustation. La vitesse de rotation était fixée à 63 rpm. Dans ces conditions, l'échantillon de pomme était suffisamment écrasé pour libérer un arôme aussi intense que possible.

Le système est expérimental et unique ce qui impose de réaliser des séances individuelles. Le « Mouth to Nose Merging System » était installé dans une pièce où la température, la lumière étaient contrôlée et la contamination odorante minimisée.

2.2 Les produits

Trois variétés de pommes différentes ont été utilisées pour réaliser l'expérimentation : Golden Delicious utilisée comme référence, Belchard® Chantecler et Fuji. Elles provenaient d'un producteur local (La Maison de la pomme, Verger de la Forestière, Vertou, France). Les variétés ont été étudiées en deux phases, deux à deux : Belchard® Chantecler *vs*. Golden Delicious puis Fuji *vs*. Golden Delicious ; Golden Delicious étant la référence. Les pommes ont été commandées et stockées à 4°C avant chaque début de phase. Deux lots différents de Golden ont donc été utilisés dans l'expérimentation. Les fruits ont été sélectionnés de manière la plus homogène possible et par l'absence de défaut. Ces trois variétés font partie des dix variétés les plus produites en France en 2011 (Gaboriau, 2012).

2.3 Mesures sensorielles

2.3.1 Panel

Un panel composé de 14 juges (13 femmes et un homme, âgé de 23 à 50 ans) a été recruté au sein de l'Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation (ONIRIS, Nantes). Le panel a été entrainé tout d'abord à évaluer les saveurs, les textures et les arômes d'échantillons de l'espace sensoriel pomme et à considérer ces attributs indépendamment. Les juges ont été aussi entrainés à utiliser les échelles de similarité, à évaluer des échantillons dans les conditions expérimentales du « Mouth to Nose Merging System ». Les performances du panel ont été dans un premier temps vérifiées en termes de discrimination et de capacité à reconnaitre la référence dans

les conditions normales de dégustation. Dans un deuxième temps, il a été vérifié que les juges étaient capables de discriminer des pommes dans les conditions du « Mouth to Nose Merging System». 9 juges ont été sélectionnés au vu des performances.

2.3.2 Tests de similarité

Tout au long de cette étude, les juges ont effectué des tests de similarité (Poinot *et al*., 2011; Varlet, Prost, & Serot, 2007). Pour tous les tests de similarité, la référence était un échantillon de Golden Delicious clairement identifié. Les échantillons étaient codés avec un code à trois chiffres. La référence était présentée avant l'évaluation de chaque échantillon. Pour vérifier la répétabilité des juges, une 'référence cachée' était présentée de manière anonyme, comme un échantillon. Elle correspondait à un échantillon de Golden Delicious.

Les juges ont dû évaluer la similarité de différentes modalités (arômes, saveurs et texture) entre la référence et chaque échantillon, sur une échelle de similarité de 100 mm allant de 'très différent de la référence' à 'identique à la référence'. De l'eau était fournie aux juges pour se rincer la bouche entre les échantillons.

2.4 Expériences

2.4.1 Expérience 1 : Etude de la similarité d'arôme, de saveur et de texture par rapport à une référence en conditions normales de dégustation

Le but de cette expérience est d'évaluer la similarité d'arôme, de saveur et de texture entre la référence Golden Delicious et trois échantillons: Golden Delicious (i.e. 'référence cachée'), Belchard Chantecler et Fuji, en conditions normales de dégustation afin d'avoir un point de comparaison avec l'évaluation impliquant le « Mouth to Nose Merging System ».

Les pommes de chaque variété étaient épépinées, coupées en huit et pelées. Deux huitièmes de chaque échantillon étaient présentées aux juges. Les trois échantillons et la référence étaient présentés simultanément. Le test s'est déroulé dans des cabines d'analyse sensorielle sous lumière rouge pour éviter un biais de la couleur sur les résultats.

Tout d'abord, les juges ont dû goûter la référence (un morceau de Golden Delicious). Ensuite, ils ont dû goûter le premier échantillon et évaluer sa similarité de saveurs comparativement à la référence. Ils ont dû alors goûter à nouveau la référence et évaluer le deuxième échantillon et ainsi de suite jusqu'au dernier échantillon. Ils ont suivi la même procédure pour l'évaluation des deux autres critères (texture et arôme). De nouveaux échantillons avec des codes différents étaient préparés pour l'évaluation de chaque critère (saveur, texture et arôme). Une échelle de similarité était présentée par échantillon et par attribut.

2.4.2 Expérience 2 : Validation du « Mouth to Nose Merging System »

Cette expérience de validation consistait à vérifier que les juges n'étaient pas perturbés par un flux d'air (non odorant) envoyé par la bouche artificielle et étaient capable d'évaluer les échantillons de pommes dans les conditions du « Mouth to Nose Merging System ».

Deux conditions d'évaluation ont été testées dans la même séance en suivant le même protocole: 1) avec un flux d'air non odorant et 2) sans flux d'air. Tous les échantillons étaient évalués pendant exactement la même durée. Pour cette expérience, aucune pomme n'était placée dans la bouche artificielle et les juges ont évalué deux échantillons, en suivant le protocole opératoire (Figure 49). Pour valider le système, la comparaison des échantillons Golden Delicious et Belchard Chantecler a été effectuée. Les échantillons étaient présentés dans un ordre aléatoire et la référence (Golden Delicious) était présentée avant chaque échantillon. Les morceaux de pommes correspondaient à des cubes de pommes de 5g. Les juges ont dû évaluer en même temps la similarité d'arôme, de saveurs et de texture des échantillons en comparaison avec la référence. Les échantillons étaient tout d'abord testés dans les conditions 'sans flux d'air' et ensuite dans les conditions 'avec un flux d'air non -odorant'. L'expérience de validation a été réalisée en une seule séance et à la fin de l'entrainement du panel.

2.4.3 Expérience 3: Etude de l'influence d'une odeur « pomme en bouche » sur les perceptions d'arôme, de saveur et de texture

L'objectif de l'expérience 3 était d'étudier l'influence de d'une odeur « pomme en bouche » sur les perceptions d'arôme, de saveur et de texture. Cela consistait à voir si une odeur de pomme mâchée par la bouche artificielle, représentative d'un arôme libéré en bouche humaine, senti par le juge, peut modifier les perceptions en bouche d'un autre échantillon.

Les juges étaient exposés à une combinaison de deux stimuli: un échantillon de pomme mâché par la bouche artificielle, composant l'extrait odorant, et un morceau de pomme dans leur bouche. Les variétés de pommes étaient considérées par paire. Golden Delicious a été dans un premier temps associée à Belchard Chantecler, ces deux variétés ayant une texture assez proche. Dans un deuxième temps, Golden Delicious a été combinée avec Fuji pour étendre cette approche à un autre type de pommes. Considérant deux échantillons et deux variétés, il y avait quatre combinaisons possibles, incluant une 'référence cachée' (Tableau 29). La référence consistait en deux échantillons de Golden Delicious mâchés par la bouche artificielle et par la bouche du juge. Les juges devaient évaluer la similarité d'une combinaison d'échnatillons avec la référence. Les combinaisons ont été évaluées en suivant un plan randomisé.

Tableau 29 : Echantillons étudiés pour l'étude de l'impact d'une odeur « pomme en bouche » sur les perceptions d'arôme, de saveur et de texture

Etude de Belchard Chantecler *vs*. Golden Delicious		**Etude de Fuji *vs*. Golden Delicious**	
Bouche du juge	Bouche artificielle	Bouche du juge	Bouche artificielle
GD	*GD*	*GD*	*GD*
GD	BC	GD	FJ
BC	GD	FJ	GD
BC	BC	FJ	FJ

GD: Golden Delicious, BC: Belchard Chantecler, FJ: Fuji.
Les combinaisons notées en italique correspondent à la « référence cachée ».

Pour limiter la fatigue sensorielle, les juges n'ont évalué que deux combinaisons par séance. La référence était présentée avant chaque combinaison et les juges devaient évaluer la similarité avec la référence pour un critère parmi l'arôme, la saveur et la texture. Les critères étaient randomisés parmi les juges.

L'échantillon de pomme était placé dans la bouche artificielle consistait à 68 g de tranches de pommes pelées avec 15 mL de salive artificielle. Ces conditions ont été déterminées au préalable par Arvisenet *et al*. (2008). La quantité de pomme a été calculée relativement au volume de la cavité orale humaine et la quantité de salive sécrétée par rapport à la quantité de pomme mangée. Des cubes de pommes de 5 g ont été présentés aux juges.

2.5 Traitement de données

L'ensemble des données a été analysé par l'analyse de la variance (ANOVA): analyse à un facteur (*Produit*) pour les données physico-chimiques, analyse à trois facteurs dans le cas de l'expérience 2 et 3. Dans l'expérience 2, les facteurs étaient les *Produits*, les *Conditions de dégustation* et les *Juges*. Dans l'expérience 3, trois facteurs étaient: l'*Echantillon dans la bouche artificielle*, l'*Echantillon dans la bouche du juge* et les *Juges*. Tous les facteurs étaient considérés comme fixes. Dans le cas où l'hypothèse nulle est rejetée, un test de comparaison de moyennes Least Significant Difference test (LSD) avec un niveau de confiance de 95% a été utilisé dans le but d'évaluer les différences significatives entre les niveaux des facteurs expérimentaux considérés. Les traitements ont été effectués sur le logiciel Statgraphics Centurion XVI Version 16.1.02.

3 Résultats

3.1 Caractérisation sensorielle des pommes en conditions normales de dégustation (expérience 1)

L'expérience 1 consistait à l'évaluation de la similarité des trois variétés, Golden Delicious (GD), Belchard Chanteclerc (BC) et Fuji (FJ) avec la référence (Golden Delicious) en conditions normales de dégustation pour les critères d'arôme, de saveur et de texture. Les résultats obtenus sont conformes à ceux attendus, les juges ont donné la note de similarité la plus haute à la référence cachée (échantillon Golden Delicious) pour chaque critère évalué (Figure 50). Ces résultats démontrent une bonne performance du panel. Les résultats sensoriels montrent des différences significatives pour la similarité d'arôme, de saveur et de texture entre les produits. Au niveau de la texture, Golden Delicious et Belchard Chantecler sont perçues comme similaires ; Golden Delicious et Fuji comme différentes (Figure 50). Au niveau des saveurs et arômes, la similarité de Belchard Chantecler et Fuji est perçue comme significativement plus basse que la similarité de Golden Delicious avec la référence (Figure 50).

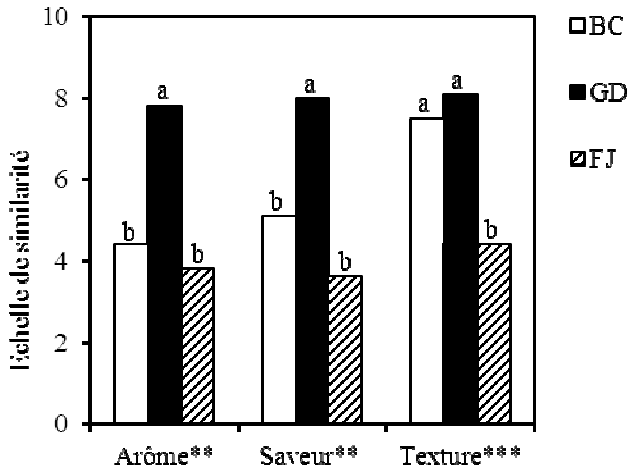


Figure 50 : Notes moyennes de similarité d'arôme, de saveur et de texture des trois variétés de pommes comparées à la référence (Golden Delicious) en conditions normales de dégustation.

Ces résultats peuvent être expliqués par la bibliographie. La texture de Golden Delicious et de Belchard Chantecler est décrite comme étant pas très ferme (Abbott *et al.*, 2004; Kühn & Thybo, 2001) et assez fondante respectivement (Vaysse, Masseron, *et al*., 2000). Au contraire, la texture de Fuji est ferme, croquante et juteuse (Abbott *et al.*, 2004). Au niveau des saveurs, Fuji est décrite comme une pomme sucrée, et légèrement acide (Abbott *et al*., 2004; Codarin *et al*., 2009; Harker, Marsh, *et al*., 2002), Belchard Chantecler comme étant une variété sucrée et acide (Vaysse, Masseron, *et al*., 2000) et Golden Delicious comme étant une pomme légèrement acide avec un

niveau intermédiaire de sucré (Abbott *et al.*, 2004; Kühn & Thybo, 2001). Les données bibliographiques expliquent pourquoi Golden Delicious a été perçue comme différente de Belchard Chantecler et Fuji. Les résultats observés au niveau des arômes (Figure 50) sont en accord avec les données reportées dans la bibliographie. En effet, les pommes Golden Delicious, Belchard Chantecler et Fuji ont des profils aromatiques différents. L'arôme de Fuji est caractérisé par les notes *Miel*, *Floral* et *Poire*. Au contraire de l'arôme de Golden Delicious qui est *Végétal* et *Coing* (Billy, 2007). Des notes d'*Agrumes* (Vaysse *et al.*, 2006), *Fruit Exotique*, *Floral* et *Fruits mûrs* sont perçus dans la variété Belchard Chantecler.

3.2 Validation du « Mouth to Nose Merging System » (expérience 2)

L'expérience 2 a été réalisée pour valider le système et les résultats sont présentés dans la Figure 51 et le Tableau 30.

Figure 51 : Notes moyennes de similarité d'arôme, de saveur et de texture en conditions normales de dégustation et avec un flux d'air non-odorant dans le nez.

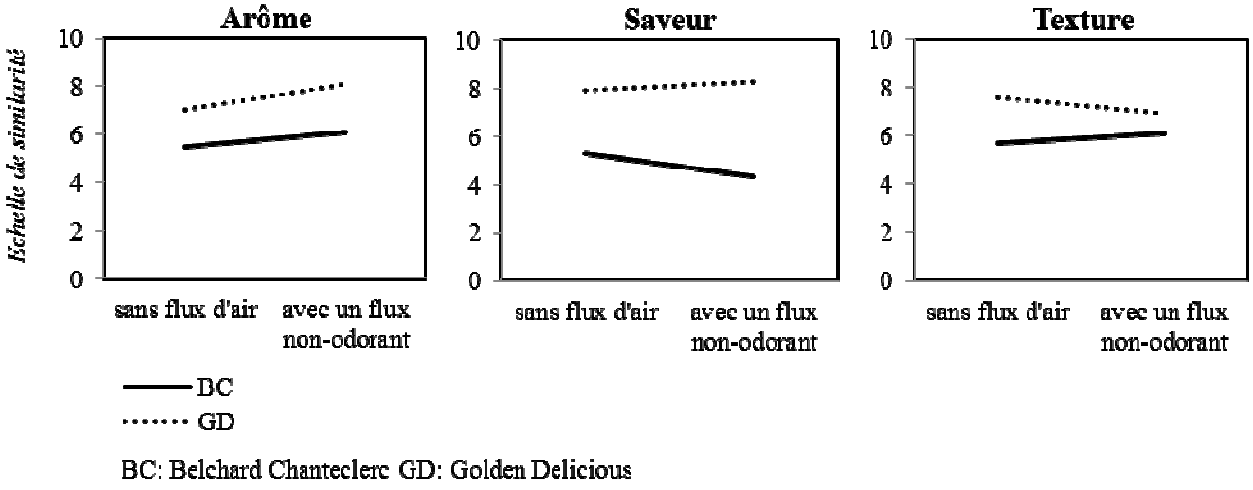


Tableau 30 : Probabilités issues de l'ANOVA à trois facteurs sur des données de validation du système: deux variétés, avec et sans flux d'air non-odorant dans le nez.

	ddl	probabilités		
		Arôme	Saveur	Texture
Produit	1	0,104	**0,022***	0,060
Juge	8	0,334	0,559	0,061
Condition	1	0,095	0,253	0,727
Produit*Juge	8	0,173	0,052	0,411
Produit*Condition	1	0,743	0,302	0,321
Juge*Condition	8	0,846	0,991	0,610

Les astérisques indiquent différents niveaux de significativité: * p < 0.05 ; ** p < 0.01 ; *** p < 0.001
ddl : degré de liberté

Tout d'abord, pour les trois critères arôme, saveur et texture aucun effet de la *Condition de dégustation* n'est significatif (Tableau 30).Cela signifie qu'un flux d'air non-odorant ne perturbe pas la perception des juges pendant l'évaluation des arômes, des saveurs et des textures. Ensuite, aucune interaction entre le facteur *Condition d'évaluation* et *Produit* n'est significatif ce qui démontre que quelles que soient les conditions d'évaluation (sans flux d'air et avec un flux d'air non-odorant), les produits sont évalués de la même manière (Tableau 30 et Figure 51). Ainsi, ces résultats permettent de valider le « Mouth to Nose Merging System ».

3.3 Etude de l'impact d'une odeur « pomme en bouche » sur l'arôme, la saveur et la texture de la pomme (expérience 3)

Dans l'expérience 3, les juges ont dû évaluer la similarité (arôme, saveur et texture) des différentes combinaisons d'échantillons (extrait odorant et dans la bouche du juge) avec une référence. L'expérience 2 a montré qu'un flux non-odorant ne modifie pas la perception d'arôme, de saveur et de texture des juges. Ainsi, si des changements au niveau des perceptions ont lieu, ils peuvent être attribués à des interactions cognitives entre l'olfaction et les perceptions en bouche. Les probabilités de l'ANOVA à trois facteurs (facteurs *Bouche du juge*, *Extrait odorant* et *Juge*) sur les données de l'expérience 3 sont présentées dans le Tableau 31.

Tableau 31 : Probabilités issues de l'ANOVA à trois facteurs sur les données de l'étude Belchard Chantecler *vs*. Golden Delicious et Fuji *vs*. Golden Delicious : *Echantillon dans la bouche du juge*, *Extrait odorant* et *Juge*.

	Belchard Chantecler *vs*. Golden Delicious			**Fuji *vs*. Golden Delicious**		
	Aroma	Taste	Texture	Aroma	Taste	Texture
BJ	**0,000*** **	**0,000*** **	0,093	**0,003** **	**0,017***	**0,000*** **
EO	0,975	0,638	0,703	0,262	0,715	**0,023***
Juge	**0,000*** **	0,051	0,592	0,230	0,067	**0,004** **
BJ*EO	0,439	0,570	0,098	0,514	0,481	0,321

BJ: Bouche du Juge; EO: Extrait Odorant
Les astérisques indiquent différents niveaux de significativité:
* $p < 0.05$
** $p < 0.01$
*** $p < 0.001$

Dans le Tableau 31 (sur la gauche), pour l'étude Belchard Chantecler *vs*. Golden Delicious, il peut être observé que les notes de similarité d'arôme, de saveur et de texture sont clairement influencées par l'échantillon en bouche humaine et non par l'extrait odorant envoyé dans le nez. L'interaction entre ces deux facteurs n'est pas significative pour l'arôme et la saveur (Tableau 31 et Figure 52). Cela signifie que les juges ont pu discriminer l'échantillon en bouche et que l'extrait odorant venant de la bouche artificielle n'a pas d'impact sur les perceptions d'arômes et de saveur. Ceci peut être expliqué par le fait que les variétés Belchard Chantecler et Golden Delicious sont perçues comme différentes en conditions normales d'évaluation (expérience 1, Figure 50).

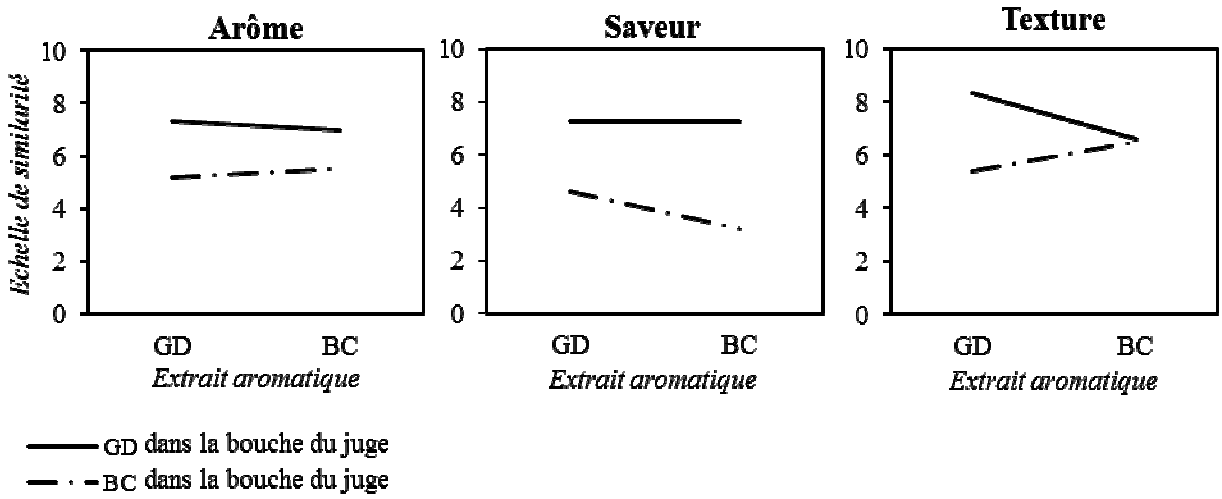


Figure 52 : Notes moyens de similarité d'arôme, de saveurs et de texture dans les conditions du « Mouth to Nose Merging System », étude Belchard Chantecler *vs*. Golden Delicious.

Pour la texture, l'effet de l'échantillon dans la bouche du juge n'est pas significatif avec un risque α de 5% mais une tendance se dessine dans ce résultat (p =0,09), signifiant que les juges ne pouvaient pas différencier les échantillons en bouche aussi clairement que pour l'arôme et la saveur. Ceci peut être dû à la texture similaire de Belchard Chantecler et Golden Delicious (expérience 1, Figure 50). De plus, il semble qu'une légère interaction (p=0,09) ait eu lieu entre la perception de la texture du produit en bouche et la perception orthonasale contrôlée expérimentalement. Cet effet d'interaction est bien illustré dans la Figure 52. Quand l'échantillon Golden Delicious est dans la bouche du juge avec un extrait odorant de Golden Delicious envoyé dans le nez du juge, la note moyenne de similarité est la plus élevée. La note de similarité diminue quand l'extrait odorant est modifié en Belchard Chantecler. Au contraire, quand les juges ont un échantillon de Belchard Chantecler en bouche et en extrait odorant dans le nez, la note moyenne de similarité est plus élevée que quand l'extrait odorant envoyé est Golden Delicious. Ainsi, il peut être remarqué que quand l'échantillon composant l'extrait odorant et l'échantillon en bouche sont identiques, les notes de similarité sont plus élevées que quand les échantillons sont différents.

Sur la partie droite du Tableau 31 sont présentés les résultats de l'étude Fuji *vs*. Golden Delicious. Comme précédemment, les notes de similarité d'arôme et de saveur sont fortement influencées par l'échantillon en bouche et non par l'extrait odorant. Cela signifie que les juges peuvent différencier les échantillons qu'ils ont en bouche et que leur perception pour ces deux critères n'est pas affectée par l'extrait odorant envoyé dans leur nez. Ces deux variétés de pommes sont perçues différemment au niveau arôme et saveur en condition normales de dégustation (Figure 50).

Néanmoins, la similarité de texture avec la référence est influencée à la fois par l'échantillon en bouche ($p<0,001$) et par l'extrait odorant envoyé dans le nez des juges ($p=0,02$, Tableau 31). De plus, quand un extrait odorant de Fuji est envoyé dans le nez des juges, les notes de similarité diminuent quel que soit l'échantillon évalué en bouche (Figure 53). Ceci signifie que l'extrait odorant venant de la bouche artificielle modifie la perception de la texture. Par ailleurs, comme la probabilité de l'interaction BJ x OE est égale à 0,32 (Tableau 31), l'extrait odorant a par conséquent un impact sur le niveau global de similarité de texture dans cette partie de l'expérience 3.

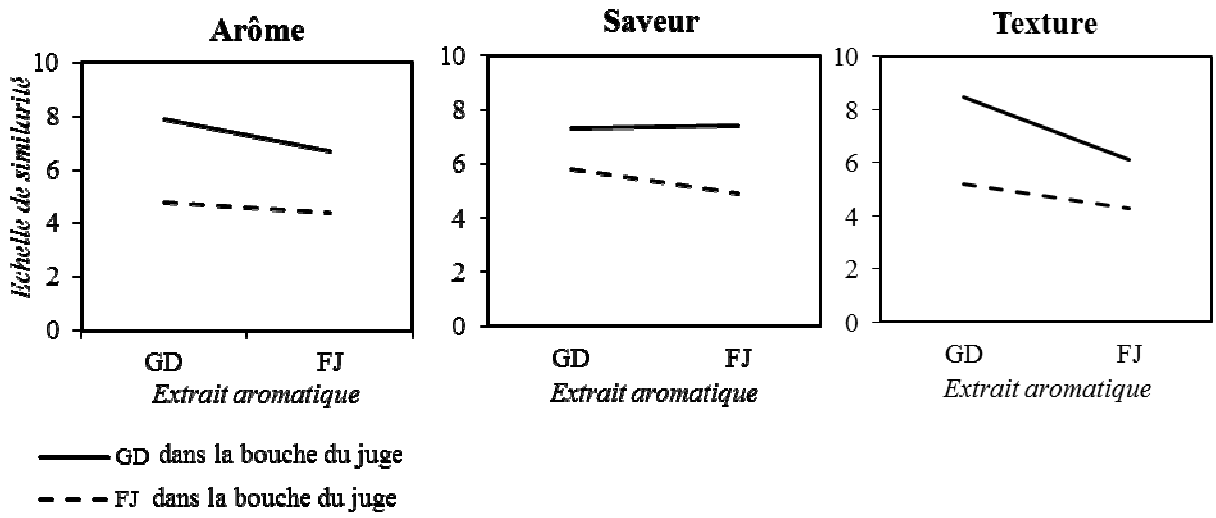


Figure 53 : Notes moyennes de similarité d'arôme, de saveurs et de texture dans les conditions du « Mouth to Nose Merging System », étude Fuji *vs*. Golden Delicious.

4 Discussion

Deux interactions perceptuelles sont observées entre les perceptions d'odeur, représentative d'un arôme libéré en bouche, et de texture. Premièrement, un phénomène de congruence est observé dans l'évaluation de la similarité de texture dans l'étude Belchard Chantecler *vs*. Golden Delicious. La congruence est définie comme *la combinaison appropriée de deux stimuli dans un produit alimentaire* (Schifferstein & Verlegh, 1996). En d'autres mots, les juges ont semblé être perturbés quand l'échantillon composant l'extrait odorant et l'échantillon en bouche, n'étaient pas cohérents. Par conséquent, envoyer un extrait odorant dans le nez du juge différent de l'arôme de l'échantillon en bouche peut avoir un impact sur la perception de la texture, alors que la texture des produits considérés est perçue comme similaire en conditions normales d'évaluation (cas illustré par l'étude Golden Delicious *vs*. Belchard Chantecler). Cela n'est pas le cas pour l'étude Fuji *vs*. Golden Delicious. Comme Belchard Chantecler et Golden Delicious sont proches et Fuji et Golden Delicious très différentes en texture (Figure 50), il semble que ce phénomène observé sur la perception de la texture des juges n'ait lieu uniquement dans le cas où les textures sont proches.

Deuxièmement, dans l'étude Fuji *vs*. Golden Delicious, l'extrait odorant de Fuji diminue les notes de similarité de deux échantillons en bouche (Golden Delicious et Fuji) comparativement à la référence. Ce résultat montre qu'un autre type d'interaction perceptuelle odeur-texture a lieu ici. De telles conclusions corroborent un travail antérieur réalisé par Roudnitzky *et al*. (2011). Ces auteurs ont démontré l'existence d'interactions perceptuelles entre des stimuli de texture et olfactifs orthonasaux. Ils ont suggéré que ces interactions ont lieu à la fois au niveau sensoriel primaire et cognitif du traitement du stimulus.

Les différences observées dans les résultats des études Belchard Chantecler *vs*. Golden Delicious et Fuji *vs*. Golden Delicious peuvent être expliquées par la nature des extraits aromatiques. En effet, Fuji et Belchard Chantecler ont des arômes assez différents (Billy, 2007; Vaysse, Masseron, *et al*., 2000; Vaysse *et al*., 2006) et la qualité olfactive a pu influencée la perception de la texture et inversement. Les travaux de Kora *et al*. (2003) et Saint-Eve *et al*. (2004) explorent les liens entre les perceptions d'arôme, de saveur et de texture dans des yaourts modèles et confirment l'importance de la qualité olfactive dans la perception de la texture. Ils observent un effet de congruence entre les perceptions d'arôme et de texture. Suivant la texture et la nature de l'arôme différentes associations sont mises en avant: l'arôme de beurre est corrélé à une texture épaisse (*Thick*) et l'arôme de pomme verte à une texture fluide (*Smooth*) (Saint-Eve *et al*., 2004). De plus, il est montré que l'arôme par : 1/ sa composition (une molécule unique ou un mélange de molécules) et donc par son nombre molécules différentes, 2/ sa concentration, semble modifier la perception de la texture (Paçi Kora *et al*., 2003; Saint-Eve *et al*., 2004). En effet, un yaourt aromatisé avec un mélange de molécules volatiles est perçu comme plus épais et moins fluide qu'un yaourt aromatisé avec une seule molécule. Il est important de rappeler que l'étude des interactions dans un produit naturel complexe et unitaire a l'avantage d'être plus proche de la réalité mais ne permet ni de contrôler les différents paramètres intervenant dans sa composition ni la construction de plans d'expérience.

Dans cette étude, une odeur « pomme en bouche » envoyée dans le nez des juges, a impacté la perception de la texture mais pas les perceptions de la saveur et de l'arôme. Un impact de cette odeur sur les perceptions d'arôme et de saveur était attendu sachant les perceptions d'odeur et d'arôme mettent en jeu les mêmes recepteurs. De plus, il a été montré dans la littérature qu'à la fois l'odeur et l'arôme peuvent moduler la perception des saveurs. Ces résultats non attendus pourraient être expliqués par la difficulté de la tâche sensorielle, l'intensité et la nature des différents extraits odorants. Il sera alors nécessaire de répéter cette étude sur les pommes pour confirmer les résultats. Avoir un nombre plus important de juges permettrait probablement d'obtenir des résultats plus tranchés et plus discriminants.

L'utilisation d'échelles de similarité offre l'avantage d'être facile à utiliser pour les juges mais a toutefois l'inconvénient de manquer de précision et de rendre les résultats plus difficiles à interpréter. L'évaluation de descripteurs bien définis comme le *Sucré* et le *Croquant* permettrait une interprétation plus précise des résultats. L'évaluation de descripteurs spécifiques demanderait néanmoins un entrainement supplémentaire préalable du panel.

Le « Mouth to Nose Merging System » permet d'étudier les interactions cognitives entre l'odeur et les perceptions d'arôme (rétronasal), de saveur et de texture, de manière directe, pendant la consommation d'un produit naturel complexe. Par ailleurs, l'utilisation de ce système permet d'éviter les problèmes liés à la mastication reportés dans l'étude de Labbe *et al*. (2008) lors de l'étude des interactions odeur-texture. Ces auteurs avaient mis en place une évaluation de produits dans deux conditions – avec et sans pince-nez – et ont obtenu des résultats non conclusifs car l'utilisation du pince-nez a probablement modifiée la mastication et la déglutition des produits. L'emploi du «Mouth to Nose Merging System » implique une tâche sensorielle difficile exigeant une grande concentration, requiert d'avoir un panel entrainé et implique la réalisation de séances individuelles.

Ce système semble pertinent pour étudier les interactions liées à l'odeur mais il faut noter que la littérature décrit l'utilisation ou la mise au point d'autres méthodes pour étudier les interactions. Les techniques d'analyses sensorielles classiques comme du profil conventionnel (Bult *et al.*, 2007; Hewson *et al.*, 2008; Tournier *et al.*, 2009), du profil libre (Jaime *et al.*, 1993; Saint-Eve *et al.*, 2004) ou encore des techniques dynamiques comme le Temps-Intensité (Guinard & Marty, 1995; Lethuaut *et al.*, 2004) ont été utilisées. La combinaison de mesures *in-vivo* et de mesures sensorielles semble être pertinente pour étudier les interactions. Par exemple, la technique du « Nose-space » avec une analyse « Atmospheric Pressure Chemical Ionisation - Mass Spectrometry » (APCI-MS) ou une analyse « Proton Transfert Reaction - Mass Spectrometry » (PTR-MS) permet d'analyser les changements de concentration des volatils exhalés par le nez du juge pendant la consommation d'un produit modèle variant au niveau textural, dans sa concentration de sapides ou d'arômes. En parallèle la perception du juge a été évaluée grâce à une méthode de profil statique ou une méthode dynamique (Temporal Dominance of Sensations par exemple). Ainsi, des interactions arôme-texture et/ou arôme-saveur sont soulignées (Baek, Linforth, Blake, & Taylor, 1999; Boland *et al*., 2006; Hollowood, Linforth, & Taylor, 2002; Lethuaut *et al*., 2004; Mestres, Moran, Jordan, & Buettner, 2005; Saint-Eve *et al*., 2011; Weel *et al*., 2002).

Des analyses qualitatives et de représentativité de l'arôme de pomme provenant du simulateur de mastication apporterait des informations complémentaires pour mieux comprendre les interactions observées. Travailler avec une odeur plus intense ou faire varier la distance

sensorielle entre les échantillons et la référence pour observer la gamme dans laquelle les interactions peuvent avoir lieu, sont des suggestions pour des études futures. Le système offre aussi la possibilité de travailler sur d'autres produits et une meilleure compréhension du rôle de l'odeur sur d'autres perceptions sensorielles pendant la consommation alimentaire.

5 Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'étudier l'influence d'une odeur « pomme en bouche », odeur représentative d'un arôme libéré en bouche, sur les perceptions d'arôme, de saveur et de texture dans des produits complexes réels à l'aide d'un système innovant appelé « Mouth to Nose Merging System ». Il a été démontré que la perception de la texture pouvait être modifiée en utilisant le « Mouth to Nose Merging System » avec des pommes soulignant ainsi l'interaction cognitive entre les perceptions de l'odeur et de la texture. Ce résultat a été mis en avant avec des pommes de texture similaire ou différente. Le système proposé ici semble prometteur étant donné qu'il est adapté pour étudier les interactions qui peuvent avoir lieu pendant la consommation de produits telles les pommes.

CONCLUSION GENERALE

Ce travail consiste en l'étude des préférences des consommateurs d'une part, et en l'étude des interactions sensorielles d'autre part, avec la mise au point et l'utilisation de plusieurs méthodologies et méthodes. Ce travail fait partie du projet COSIVEG qui vise à apporter un soutien de recherche aux professionnels de la filière Fruits et Légumes. Le modèle Pomme a été étudié. Ce travail est présenté en quatre parties.

Afin d'étudier au mieux les préférences des consommateurs de pommes, la caractérisation fine de la diversité sensorielle des pommes et la sélection de produits représentatifs de cette diversité sont nécessaires. Ils constituent les objectifs de la première partie de ce travail. A notre connaissance, aucun travail n'a porté jusqu'à présent sur plus de 12 variétés décrites par un grand nombre de descripteurs. Pour pallier ce manque, la caractérisation de 48 lots de pommes, dont 29 variétés jamais caractérisées auparavant, a été réalisée avec 43 descripteurs. Elle permet de faire un bilan des propriétés sensorielles des pommes disponibles en France en obtenant une vision globale. Au préalable de cette caractérisation, une méthode d'entrainement pour caractériser un grand nombre de variétés de pommes de manière complète (odeur, saveur, texture et arôme) et détaillée a été mis en place. Elle a inclus le développement d'un vocabulaire aromatique des pommes ainsi que la recherche de références associées. Les bonnes performances du panel ont permis de valider l'entrainement réalisé et notamment un entrainement pour l'évaluation des arômes par voie orthonasale uniquement bien que ce type d'entrainement soit discuté. Il faut cependant noter que la familiarisation, la mémorisation et l'évaluation des arômes par un panel d'analyse sensorielle est un procédé long et coûteux. Le développement de méthodes d'évaluation ou de notation plus rapides serait intéressant. Par ailleurs, dans cette étude il est remarqué que la notation des arômes est très spécifique. Les notes des descripteurs aromatiques sont toujours très faibles et plus variables comparativement aux descripteurs de texture et de saveur. Cette variabilité des notes peut tout d'abord être expliquée à la fois par le consensus moins fort du panel dû aux différences d'acuité sensorielle vis-à-vis des molécules aromatiques entre juges. Cette variabilité des notes peut également être expliquée par la variabilité du fruit lui-même au niveau de ses caractères aromatiques au sein d'une variété et d'un lot. L'utilisation d'autres méthodes statistiques pour traiter ce type de données pourrait être une autre piste à explorer.

La caractérisation des 48 lots par la méthode de profil a permis de mettre en avant différentes textures, différentes saveurs et une grande diversité aromatique. La difficulté avant de commencer une étude de préférences est de sélectionner au mieux un ensemble de produits représentatif de l'espace-produits à étudier. Deux sous-ensembles de produits représentatifs de la diversité sensorielle ont été sélectionnés pour la suite de l'étude : l'étude des préférences des consommateurs de pommes (Partie II) et l'étude de l'impact des caractéristiques sensorielles des produits sur la segmentation des consommateurs et l'identification des déterminants des préférences (Partie III). Ces sélections ont été effectuées avec l'utilisation de la « Tandem analysis » qui couple une Analyse en Composantes Principales et une Classification Ascendante Hiérarchique. Les deux sélections de produits ont été comparées à l'espace de départ et ont montré qu'elles étaient représentatives de la diversité sensorielle initiale des pommes. La méthode de la « Tandem Analysis » est donc adaptée pour sélectionner des produits de façon à ce qu'ils soient représentatifs de l'espace sensoriel initial. Ceci est à recommander pour choisir les produits à utiliser dans une étude des préférences. Néanmoins, le développement et l'utilisation de méthodes plus automatiques peuvent être des autres perspectives à ce travail.

La deuxième partie de ce travail consiste en l'étude des préférences sur une large sélection de produits représentatifs de la diversité sensorielle des pommes (31 lots) et un grand nombre de descripteurs notamment aromatiques. La segmentation des consommateurs de pommes et la modélisation de leurs préférences ont été appréhendées avec la méthode Classification around Latent Variables, qui pour l'instant est encore peu appliquée pour étudier les préférences. Cette méthode est une alternative à la cartographie externe des préférences et permet de réaliser la segmentation et la modélisation de manière simultanée. A l'issue de cette étude, quatre segments de consommateurs de pommes se distinguent. Il est souligné que les préférences sont fortement liées à la saveur sucrée. L'importance des arômes dans l'explication des préférences est également montrée pour trois segments sur quatre. L'appréciation de l'ensemble des consommateurs augmente avec l'intensité aromatique globale. Il y a cependant des nuances dans l'appréciation des notes aromatiques spécifiques notamment les notes de fruits mûrs, les notes vertes, de sous-bois ou rustiques. Concernant la texture, les résultats sont moins catégoriques que ceux de l'étude de référence dans la bibliographique (Daillant-Spinnler *et al*., 1996) où il a été démontré que le croquant était un des déterminants majeurs des préférences. Dans notre étude des préférences, certains consommateurs aiment le caractère croquant, d'autres non, et d'autres encore sont indifférents. Ces résultats apportent globalement de la nuance, particulièrement au niveau des arômes et de la texture, dans les résultats des préférences des consommateurs de pommes disponibles

actuellement. Ces résultats doivent néanmoins être confirmés avec un panel de consommateurs beaucoup plus large, provenant de différentes régions et en prenant en compte les produits testés. Les variations observées avec les différents résultats de la littérature peuvent être dues au choix des produits présentés ce qui est l'objet de la troisième partie de ce travail.

La caractérisation des consommateurs à un niveau sociodémographique et avec les données d'usages/attitudes en fonction des segments de préférences a été réalisée par deux approches. La première approche consiste à identifier tout d'abord les segments de consommateurs en fonction de leurs préférences sensorielles puis d'observer si des variables sociodémographiques et d'usages/attitudes diffèrent d'un segment à l'autre. Les données sociodémographiques et d'usages/attitudes sont introduites *a posteriori*. Pour cette approche, la méthode CLV avec données externes a été utilisée suivi de tests de Chi-deux. La seconde approche prend en compte trois types de données pour identifier les déterminants des préférences et caractériser les segments de consommateurs : 1/ les notes d'appréciation des produits, 2/ la description sensorielle des produits et 3/ les données sociodémographiques et d'usages/attitudes des consommateurs. Ces dernières données sont introduites *a priori*. Dans cette seconde approche, la méthode L-CLV est utilisée. Les deux méthodes permettent d'obtenir des résultats différents. Dans le premier cas, quatre segments de consommateurs sont obtenus et seulement trois dans le second cas. Des correspondances entre les préférences sensorielles des différents segments sont soulignées mais l'analyse en trois segments est logiquement moins fine. Au niveau de la caractérisation des segments par les données sociodémographiques et d'usages/attitudes, des grandes différences sont observées entre les résultats issus des deux méthodes. La caractérisation des segments de préférences par les données des consommateurs introduites *a posteriori* n'est pas évidente. En effet, très peu de variables montrent des différences de significativité entre les segments hormis les caractéristiques sensorielles déclarées comme importantes par les consommateurs. Au contraire, la seconde méthode met en évidence que les segments de préférences sont composés de consommateurs bien différents par certains critères sociodémographiques et d'usages/attitudes. Ainsi, suivant l'objectif final de l'étude, marketing ou sensoriel, l'approche avec l'introduction des données sociodémographiques et usages/attitudes *a prioiri* ou *a posteriori* est recommandée. L'analyse de ces données par des sociologues ou une enquête à plus grande échelle devrait être envisagée pour tester par exemple le lien entre les préférences et les lieux d'achats.

Il a été souligné dans la littérature que la sélection des produits est importante lorsqu'une étude des préférences est réalisée. En effet, de ce choix découlera l'appréciation des consommateurs des différents produits, la segmentation des consommateurs et des conclusions en termes de développement de produits. Les préférences de trois ensembles de produits évalués par les mêmes consommateurs ont été analysées. Le premier ensemble était composé de produits avec une grande diversité sensorielle, le second de produits avec une acidité perçue comme similaire et le dernier de produits avec un croquant perçu comme similaire. Il a été montré que la segmentation et les déterminants sensoriels des préférences de chaque segment différent selon le choix des produits. Différentes notes aromatiques et la saveur acide sont alors identifiées comme déterminants des préférences. Cependant, une grande tendance de préférence est retrouvée quel que soit l'ensemble de produits testé. Une grande partie des consommateurs apprécient les fruits sucrés et aromatiques. Lorsque l'on travaille dans un espace où une dimension sensorielle importante dans les préférences (comme la texture) est peu variable, on obtient une information supplémentaire : les déterminants de préférence secondaires peuvent être mis en avant. Utiliser une méthode en deux étapes pour étudier les préférences permettrait d'obtenir des résultats plus approfondis : partir d'un ensemble de produit avec une grande diversité sensorielle et de nombreux produits et se concentrer dans un second temps sur un plus petit ensemble de produits (31 lots puis 9 lots dans notre étude). Il faudrait le vérifier sur d'autres jeux de données qu'une information additionnelle est bien obtenue.

L'étude des interactions sensorielles permet de mieux comprendre les phénomènes de perception. La couleur impacte certaines perceptions en bouche de la pomme : la perception des arômes et des saveurs notamment de l'acidité sont modifiées mais pas celle de la texture. Cette absence d'impact de la couleur sur la texture n'a jamais été soulignée jusqu'à présent. La perception de l'acidité peut être modulée par le facteur visuel principalement la couleur. Différentes interactions cognitives entre les systèmes sensoriels visuels et gustatifs ont été mises en évidence notamment des effets d'assimilation et de contraste. Malgré l'entrainement suivis pour être le plus objectif possible et distinguer les différents stimuli sensoriels perçus en bouche, les juges entraînés restent des êtres humains et ne peuvent s'affranchir de l'effet du facteur visuel. Ainsi même s'ils ont un esprit plus analytique lors de la dégustation d'un produit, leurs perceptions sont proches de celles d'un consommateur. Il a également été montré que l'appréciation d'un échantillon de pomme en bouche peut être modifiée en fonction l'échantillon proposé en visuel. La couleur influence à la fois la perception de stimuli sensoriels précis (descripteurs sensoriels) mais également les préférences. Cependant cela n'est vrai que dans le cas de Granny Smith. Décrire l'ensemble des facettes du facteur visuel des pommes (couleur, forme, brillance, russetage ou boisage, résistance de la peau) et

évaluer leur poids et leur rôle individuel dans les préférences des consommateurs pourraient être une des perspectives à ce travail afin de mieux comprendre l'appréciation générée par ces différents stimuli visuels et de les rendre plus attractives aux yeux du consommateur.

Dans le deuxième volet de l'étude des interactions sensorielles, un système original innovant appelé « Mouth to Nose Merging System » a été mis en place pour étudier l'impact bien connu de l'arôme sur les perceptions en bouche à la différence que cet arôme est présenté par la voie orthonasale. Le « Mouth to Nose Merging System » associe un simulateur de mastication générant un extrait odorant représentatif d'un arôme libéré en bouche aux récepteurs olfactifs de juges entraîné à l'analyse sensorielle. Une interaction cognitive entre les perceptions de l'odeur, représentative d'un arôme libéré en bouche, et de la texture a été mise en avant. Le « Mouth to Nose Merging System » permet d'étudier certaines interactions sensorielles sur des produits naturels complexes. Les premiers résultats demandent néanmoins d'être confirmé par une extension de cette étude sur d'autres variétés. Par ailleurs, il serait intéressant d'étudier dans quelle gamme d'intensité d'odeur les interactions peuvent être observées.

Globalement, le travail effectué permet d'apporter des précisions importantes sur les préférences des consommateurs de pommes notamment au niveau des arômes et également sur la caractérisation des différents types de consommateurs. L'importance des caractères aromatiques est à prendre en compte par les sélectionneurs afin d'adapter au mieux leur sélection variétale en fonction des différents segments de consommateurs.

Les deux parties de ce travail portant sur les interactions sensorielles confirme la complexité des mécanismes de perception et montre que le modèle pomme est adapté pour les explorer. L'étude d'autres types d'interaction sur ce modèle naturel complexe pourrait donc être envisager.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

Aaby, K., Haffner, K., & Skrede, G. (2002). Aroma quality of Gravenstein apples influenced by regular and controlled atmosphere storage. *LWT-Food Science and Technology*, 35(3), 254-259.

Abbott, J. A., Saftner, R. A., Gross, K. C., Vinyard, B. T., & Janick, J. (2004). Consumer evaluation and quality measurement of fresh-cut slices of 'Fuji','Golden Delicious','GoldRush',and 'Granny Smith'apples. *Postharvest biology and technology*, 33(2), 127-140.

Andani, Z., Jaeger, S. R., Wakeling, I., & MacFie, H. J. H. (2001). Mealiness in apples: towards a multilingual consumer vocabulary. *Journal of Food Science*, 66(6), 872-879.

Aprea, E., Corollaro, M. L., Betta, E., Endrizzi, I., Demattè, M. L., Biasioli, F., *et al*. (2012). Sensory and instrumental profiling of 18 apple cultivars to investigate the relation between perceived quality and odour and flavour. *Food research international*, 49(2), 677-686.

Arabie, P., & Hubert, L. (1994). Cluster analysis in marketing research. In R. P. Bagozzi, Handbook of marketing research. Oxford: Blackwell, 160-189.

Arvisenet, G., Billy, L., Poinot, P., Vigneau, E., Bertrand, D., & Prost, C. (2008). Effect of Apple Particle State on the Release of Volatile Compounds in a New Artificial Mouth Device. *Journal of agricultural and food chemistry*, (56), 3245-3253.

Association Nationale Pommes et Poires. (2012). http://www.lapomme.org.

Aubry, V., Etievant, P., Sauvageot, F., & Issanchou, S. (1999). Sensory analysis of Burgundy Pinot noir wines: A comparison of orthonasal and retronasal profiling. *Journal of Sensory Studies*, 14(1), 97-117.

Aubry, V., Schlich, P., Issanchou, S., & Etiévant, P. (1999). Comparison of wine discrimination with orthonasal and retronasal profilings. Application to Burgundy Pinot Noir wines. *Food Quality and Preference*, 10(4-5), 253-259.

Auvray, M., & Spence, C. (2008). The multisensory perception of flavor. *Consciousness and cognition*, 17(3), 1016-1031.

B

Babicz-Zielinska, E. (1999). Food preferences among the Polish young adults. *Food Quality and Preference*, 10(2), 139-145.

Baek, I., Linforth, R. S. T., Blake, A., & Taylor, A. J. (1999). Sensory perception is related to the rate of change of volatile concentration in-nose during eating of model gels. *Chemical Senses*, 24(2), 155.

Barreiro, P., Ortiz, C., Ruiz-Altisent, M., De Smedt, V., Schotte, S., Andani, Z., *et al*. (1998). Comparison between sensory and instrumental measurements for mealiness assessment in apples. A collaborative test. *Journal of Texture Studies*, 29(5), 509-526.

Barritt, B. H. (2001). Apple quality for consumers. *Compact Fruit Tree*, 34(2).

Bavay, C. (2013). Adaptation des méthodologies d'évaluation sensorielle aux produits agroalimentaires à forte variabilité. Unpublished PhD Thesis in Food Science, Université Nantes Angers Le Mans, Angers.

Berna, A. Z., Lammertyn, J., Buysens, S., Di Natale, C., & Nicola, B. M. (2005). Mapping consumer liking of tomatoes with fast aroma profiling techniques. *Postharvest biology and technology*, 38(2), 115-127.

Bi, J. (2007). Agreement and reliability assessments for performance of sensory descriptive panel. *Journal of Sensory Studies*, 18(1), 61-76.

Billy, L. (2007). Perception de la texture et de l'arôme des pommes: recherche de marqueurs biochimiques et contribution d'une bouche artificielle. Unpublished PhD Thesis in Food Science, Université de Nantes.

Boakes, R. A., & Hemberger, H. (2012). Odour-modulation of taste ratings by chefs. *Food Quality and Preference*, 25(2), 81-86.

Boireau, N. (2001). Etudes olfactométriques des variabilités inter-individuelles des sujets humains dans le traitment de l'information olfactive. Unpublished PhD Thesis in Physiology and nutrition physiopathology Université Paris 7.

Bojanowski, V., & Hummel, T. (2012). Retronasal perception of odors. In, Physiology & Behavior.

Boland, A. B., Delahunty, C. M., & van Ruth, S. M. (2006). Influence of the texture of gelatin gels and pectin gels on strawberry flavour release and perception. *Food chemistry*, 96(3), 452-460.

Bølling Johansen, S., Hersleth, M., & Næs, T. (2009). A new approach to product set selection and segmentation in preference mapping. *Food Quality and Preference*, 21(2), 188-196.

Bonnans, S. R., & Noble, A. (1995). Interaction of salivary flow with temporal perception of sweetness, sourness, and fruitiness. *Physiology & Behavior*, 57(3), 569-574.

Bourne, M. C. (2002). Food texture and viscosity: concept and measurement: Academic Press.

Brown, W. E., & Braxton, D. (2000). Dynamics of food breakdown during eating in relation to perceptions of texture and preference: a study on biscuits. *Food Quality and Preference*, 11(4), 259-267.

Brugger, C. (2012). http://www.agroscope.admin.ch/lebensmittelqualitaet/05850/05852/index.html?lang=fr. In: Agroscope.

Buettner, A., & Beauchamp, J. (2010). Chemical input – Sensory output: Diverse modes of physiology–flavour interaction. *Food Quality and Preference*, 21(8), 915-924.

Bult, J. H. F., de Wijk, R. A., & Hummel, T. (2007). Investigations on multimodal sensory integration: texture, taste, and ortho-and retronasal olfactory stimuli in concert. *Neuroscience letters*, 411(1), 6-10.

C

Carbonell, L., Izquierdo, L., Carbonell, I., & Costell, E. (2008). Segmentation of food consumers according to their correlations with sensory attributes projected on preference spaces. *Food Quality and Preference*, 19(1), 71-78.

Cardinal, M., Cornet, J., Qannari, A., & Qannari, E. M. (1994). Performances d'un groupe d'évaluation sensorielle: exemples de traitements statistiques des données. *Sciences des aliments*, 14(3), 251-263.

Carroll, J. D. (1972). Individual differences and multidimensional scaling. In R. D. Shepard, A. K. Romney & S. B. Nerlove, Multidimensional scaling: theory and applications in the behavioural sciences. New York: Seminar Press, 105-155.

Caspia, E. L., Coggins, P. C., Schilling, M. W., Yoon, Y., & White, C. H. (2006). The relationship between consumer acceptability and descriptive sensory attributes in Cheddar cheese. *Journal of Sensory Studies*, 21(1), 112.

Cayot, N., Taisant, C., Arvisenet, G., Meunier, J.-M., & Voilley, A. (2000). Flavouring ratios and partition coefficients for isoamyl acetate in various starch-based food matrices. *Sciences des aliments*, 20(6), 561-574.

Cerf-Ducastel, B., & Murphy, C. (2004). Validation of a stimulation protocol suited to the investigation of odor–taste interactions with fMRI. *Physiology & Behavior*, 81(3), 389-396.

Christensen, C. M. (1983). Effects of color on aroma, flavor and texture judgments of foods. *Journal of Food Science*, (48), 787–790.

Clark, C. C., & Lawless, H. T. (1994). Limiting response alternatives in time-intensity scaling: an examination of the halo-dumping effect. *Chemical Senses*, 19(6), 583.

Cliff, M., & Noble, A. C. (1990). Time Intensity Evaluation of Sweetness and Fruitiness and Their Interaction in a Model Solution. *Journal of Food Science*, 55(2), 450-454.

Clydesdale, F. M. (1993). Color as a factor in food choice. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 33(1), 83-101.

Clydesdale, F. M., Gover, R., Philipsen, D., & Fugardi, C. (1992). The effect of color on thirst quenching, sweetness, acceptability and flavor intensity in fruit punch flavored beverages. *Food Quality and Preference*, (15), 19–38.

Codarin, S., Vaysse, P., Merendet, V., Pitiot, C., & Bonany, J. (2009). Comment augmenter la consommation de fruits? Nouvelles variétés de pomme et préférences des consommateurs. *Infos Ctifl*, 257.

Cook, D. J., Hollowood, T. A., Linforth, R. S. T., & Taylor, A. J. (2002). Perception of taste intensity in solutions of random-coil polysaccharides above and below c. *Food Quality and Preference*, 13(7), 473-480.

Cook, D. J., Hollowood, T. A., Linforth, R. S. T., & Taylor, A. J. (2003). Oral shear stress predicts flavour perception in viscous solutions. *Chemical Senses*, 28(1), 11-23.

Corollaro, M. L., Endrizzi, I., Bertolini, A., Aprea, E., Demattè, M. L., Costa, F., *et al*. (2012). Sensory profiling of apple: Methodological aspects, cultivar characterisation and postharvest changes. *Postharvest biology and technology*, (In Press).

Crisosto, C., Crisosto, G., & Garner, D. (2004). Understanding tree fruit consumer acceptance. In, V International Postharvest Symposium, *ISHS Acta Horticulturae*, 682.

CTIFL. (2003). Baromètre Pomme 2003 - Image Usages: CTIFL.

CTIFL. (2008). Baromètre Pomme 2008 - Image Usages: CTIFL.

D

Daillant-Spinnler, B., MacFie, H. J. H., Beyts, P. K., & Hedderley, D. (1996). Relationships between perceived sensory properties and major preference directions of 12 varieties of apples from the southern hemisphere. *Food Quality and Preference*, 7(2), 113-126.

Danzart, M. (2009). Cartographie des préférences. In F. Depledt, Evaluation sensorielle - Manuel méthodologique: Tec et Doc, Lavoisier, 443-449.

Danzart, M., Sieffermann, J. M., & Delarue, J. (2004). New developments in preference mapping techniques: finding out a consumer optimal product, its sensory profile and the key sensory attributes. *7th Sensometrics Meeting*. Davis, USA.

Decoene, C. (1991). La qualité des fruits: Attentes des consommateurs et contraintes de la filière. *Infos-Ctifl*, 70.

Delwiche, J. (2004). The impact of perceptual interactions on perceived flavor. *Food Quality and Preference*, 15(2), 137-146.

Depledt, F. (2009). Evaluation sensorielle – manuel méthodologique. Paris: Tec et Doc, Lavoisier.

Dever, M. C., Cliff, M. A., & Hall, J. W. (1995). Analysis of variation and multivariate relationships among analytical and sensory characteristics in whole apple evaluation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69(3), 329-338.

Drake, M., Gerard, P., & Chen, X. (2007). Effects of sweetener, sweetener concentration, and fruit flavor on sensory properties of soy fortified yogurt. *Journal of Sensory Studies*, 16(4), 393-405.

DuBose, C. N., Cardello, A. V., & Maller, O. (1980). Effects of Colorants and Flavorants on Identification, Perceived Flavor Intensity, and Hedonic Quality of Fruit-Flavored Beverages and Cake. *Journal of Food Science*, 45(5), 1393-1399.

E

Egger, S., Brugger, C., Baumgartner, Bühler, A. (2010). Préférences des consommateurs de pommes en Suisse. *Recherche agronomique suisse*, 1(2), 44-51.

Endrizzi, I., Gasperi, F., Calo, D. G., & Vigneau, E. (2010). Two-step procedure for classifying consumers in a L-structured data context. *Food Quality and Preference*, 21(3), 270-277.

Engelen, L., de Wijk, R. A., Prinz, J. F., Janssen, A. M., van der Bilt, A., Weenen, H., *et al*. (2003). A comparison of the effects of added saliva, α-amylase and water on texture perception in semisolids. *Physiology & Behavior*, 78(4), 805-811.

Ennis, D., Boelens, H., Haring, H., & Bowman, P. (1982). Multivariate analysis in sensory evaluation. *Food Technol*, 36(11), 83-90.

Escofier, B., & Pagès, J. (1983). Méthode pour l'analyse de plusieurs groupes de variables. Application à la caractérisation des vins rouges du Val de Loire. *Revue de statistique appliquée*, XXXI (2), 43-59.

Escofier, B., & Pagès, J. (1994). Multiple factor analysis (AFMULT package). *Computational Statistics and Data Analysis*, 18, 121–140.

F

Faber, N. K. M., Mojet, J., & Poelman, A. A. M. (2003). Simple improvement of consumer fit in external preference mapping. *Food Quality and Preference*, 14(5-6), 455-461.

FAOSTAT. (2010). http://faostat.fao.org/DesktopDefault.

Fontijn-Tekamp, F., Slagter, A., Van Der Bilt, A., Hof, M. A. V. T., Witter, D., Kalk, W., *et al*. (2000). Biting and chewing in overdentures, full dentures, and natural dentitions. *Journal of Dental Research*, 79(7), 1519-1524.

Francis, F. J. (1995). Quality as influenced by color. Food Quality and Preference, 6(3), 149-155.

Frank, R. A., & Byram, J. (1988). Taste–smell interactions are tastant and odorant dependent. *Chemical Senses*, 13(3), 445.

Frank, R. A., van der Klaauw, N. J., & Schifferstein, H. N. J. (1993). Both perceptual and conceptual factors influence taste-odor and taste-taste interactions. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 54(3), 343-354.

Frasnelli, J., Ungermann, M., & Hummel, T. (2008). Ortho-and retronasal presentation of olfactory stimuli modulates odor percepts. *Chemosensory Perception*, 1(1), 9-15.

G

Gaboriau, S. (2012). Association Nationale Pommes et Poires: http://www.lapomme.org/chiffres/par-varietes.htm.

Gambaro, A., Ares, G., GimEnez, A., & Pahor, S. (2007). Preference Mapping of color of Uruguayan honeys. *Journal of Sensory Studies*, 22(5), 507-519.

Genovese, A., Piombino, P., Gambuti, A., & Moio, L. (2009). Simulation of retronasal aroma of white and red wine in a model mouth system. Investigating the influence of saliva on volatile compound concentrations. *Food Chemistry*, 114(1), 100-107.

Gonzalez-Tomas, L., Bayarri, S., Taylor, A., & Costell, E. (2007). Flavour release and perception from model dairy custards. *Food Research International*, 40(4), 520-528.

Gormley, R., Rössle Christian, Butler, Francis. (2009). An apple a day. *TResearch*, 4(3), 38-39.

Grange, G. R. (1976). United States Standards for Grades of Apples. United States Department of Agriculture.

Greenhoff, K., & MacFie, H. J. H. (1994). Preference mapping in practice. In H. J. H. MacFie & D. M. H. Thomson, Measurement of food preferences. Gaithersburg: Aspen, 137-166.

Guinard, J. X., & Marty, C. (1995). Time-intensity Measurement of Flavor Release from a Model Gel System: Effect of Gelling Agent Type and Concentration. *Journal of Food Science*, 60(4), 727-730.

Guinard, J. X., Uotani, B., & Schlich, P. (2001). Internal and external mapping of preferences for commercial lager beers: comparison of hedonic ratings by consumers blind versus with knowledge of brand and price. *Food Quality and Preference*, 12(4), 243-255.

Guinard, J. X., Zoumas-Morse, C., Walchak, C., & Simpson, H. (1997). Relation between saliva flow and flavor release from chewing gum. *Physiology & Behavior*, 61(4), 591-596.

Gurviez, P. (2007). Perceptions et attitudes: la valeur des fruits et légumes du point de vue des consommateurs. In INRA, Les fruits et légumes dans l'alimentation : rapport d'expertise, 261-267.

H

Haddad, Y., Haddad, J., Olabi, A., Shuayto, N., Haddad, T., & Toufeili, I. (2007). Mapping determinants of purchase intent of concentrated yogurt (Labneh) by conjoint analysis. *Food Quality and Preference*, 18(5), 795-802.

Hampson, C. R., Quamme, H. A., Hall, J. W., MacDonald, R. A., King, M. C., & Cliff, M. A. (2000). Sensory evaluation as a selection tool in apple breeding. *Euphytica*, 111(2), 79-90.

Hampson, C. R., Sanford, K., & Cline, J. (2002). Preferences of Canadian consumers for apple fruit size. Canadian journal of plant science, 82(1), 165-167.

Hancock, J. F., Luby, J. J., Brown, S. K., & Lobos, G. A. (2008). Apples. In J. F. Hancock, Temperate Fruit Crop Breeding: Springer, 1-38.

Harker, F. R., Gunson, F. A., Brookfield, P. L., & White, A. (2002). An apple a day: the influence of memory on consumer judgment of quality. *Food Quality and Preference*, 13(3), 173-179.

Harker, F. R., Gunson, F. A., & Jaeger, S. R. (2003). The case for fruit quality: an interpretive review of consumer attitudes, and preferences for apples. *Postharvest biology and technology*, 28(3), 333-347.

Harker, F. R., & Hallett, I. C. (1992). Physiological changes associated with development of mealiness of apple fruit during cool storage. *HortScience*, 27(12), 1291-1294.

Harker, F. R., Kupferman, E. M., Marin, A. B., Gunson, F. A., & Triggs, C. M. (2008). Eating quality standards for apples based on consumer preferences. *Postharvest biology and technology*, 50(1), 70-78.

Harker, F. R., Maindonald, J., Murray, S. H., Gunson, F. A., Hallett, I. C., & Walker, S. B. (2002). Sensory interpretation of instrumental measurements. 1: texture of apple fruit. *Postharvest biology and technology*, 24(3), 225-239.

Harker, F. R., Marsh, K. B., Young, H., Murray, S. H., Gunson, F. A., & Walker, S. B. (2002). Sensory interpretation of instrumental measurements. 2: Sweet and acid taste of apple fruit. Postharvest biology and technology, 24(3), 241-250.

Heilmann, S., & Hummel, T. (2004). A new method for comparing orthonasal and retronasal olfaction. *Behavioral neuroscience*, 118(2), 412.

Helgesen, H., & Næs, T. (1995). Selection of dry fermented lamb sausages for consumer testing. Food Quality and Preference, 6(2), 109-120.

Helgesen, H., Solheim, R., & Næs, T. (1997). Consumer preference mapping of dry fermented lamb sausages. *Food Quality and Preference*, 8(2), 97-109.

Hewson, L., Hollowood, T., Chandra, S., & Hort, J. (2008). Taste–aroma interactions in a citrus flavoured model beverage system: Similarities and differences between acid and sugar type. *Food Quality and Preference*, 19(3), 323-334.

Hoehn, E., Gasser, F., Guggenbuhl, B., & Kunsch, U. (2003). Efficacy of instrumental measurements for determination of minimum requirements of firmness, soluble solids, and acidity of several apple varieties in comparison to consumer expectations. *Postharvest biology and technology*, 27(1), 27-38.

Hollowood, T. A., Linforth, R. S. T., & Taylor, A. J. (2002). The effect of viscosity on the perception of flavour. *Chemical Senses*, 27(7), 583.

Hottenstein, A. W., Taylor, R., & Carr, B. T. (2008). Preference segments: A deeper understanding of consumer acceptance or a serving order effect? *Food Quality and Preference*, 19(8), 711-718.

Hubert, L., & Arabie, P. (1985). Comparing partition. *Journal of Classification*, 2, 193-198.

Hutchings, J. B. (1977). The importance of visual appearance of foods to the food processor and the consumer. *Journal of Food Quality*, 1(3), 267-278.

Hutin, C. (2003). La pomme auprès des Français - Une qualité et une diversité appréciées. *Infos-Ctifl*, 195, 11-15.

Hutin, C. (2006). La consommation des pommes en France - A chaque variété, son public. *Infos-Ctifl*, 225.

Hutin, C. (2010). Consommation de la pomme : érosion préoccupante ou méforme passagère *? Infos-Ctifl*, 264, 14-17.

Hutin, C., & Roty, C. (2000). Baromètre pomme - Edition 2000. *Infos-Ctifl*, (165), 18-21.

I

ISO. (1992). Sensory analysis - Vocabulary: 5492. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

ISO. (1994). Quality management and quality assurance vocabulary : 8402. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

ISO. (1995). Sensory analysis - Identificationand selection of descriptors for establishing a sensory profile by a multidimensional approach : 11035. Geneva, Switzerland: International Standard Organization.

ISO. (2003). Sensory analysis - Methodology - General guidance for establishing a sensory profile : 13299. Geneva, Switzerland: International Standard Organization.

ISO. (2007). Sensory Analysis - General guidance for the design of test rooms : 8589. Geneva, Switzerland: International Standard Organization.

ISO. (2008). Sensory Analysis - General guidance for the selection, training and monitoring assessors - Part 2 : Expert sensory assessors : 8586-2. Geneva, Switzerland: International Standard Organization.

J

Jack, F. R., O'Neill, J., Piacentini, M. G., & Schröder, M. J. A. (1997). Perception of fruit as a snack: a comparison with manufactured snack foods. *Food Quality and Preference*, 8(3), 175-182.

Jaeger, S. R. (2000). Uncovering cultural differences in choice behaviour between Samoan and New Zealand consumers: a case study with apples. *Food Quality and Preference*, 11(5), 405-417.

Jaeger, S. R. (2003). Innovation in the fruit industry: need for convenience. *Food Australia*, 55(4), 129-132.

Jaeger, S. R., Andani, Z., Wakeling, I. N., & MacFie, H. J. H. (1998). Consumer preferences for fresh and aged apples: a cross-cultural comparison. *Food Quality and Preference*, 9(5), 355-366.

Jaeger, S. R., Lund, C. M., Lau, K., & Harker, F. R. (2003). In Search of the" Ideal" Pear (pyrus spp.): Results of a Multidisciplinary Exploration. *Journal of Food Science - Chicago*, 68(3), 1108-1117.

Jaeger, S. R., & MacFie, H. J. H. (2001). The effect of advertising format and means-end information on consumer expectations for apples. *Food Quality and Preference*, 12(3), 189-205.

Jaeger, S. R., Rossiter, K. L., Wismer, W. V., & Harker, F. R. (2003). Consumer-driven product development in the kiwifruit industry. *Food Quality and Preference*, 14(3), 187-198.

Jaeger, S. R., Wakeling, I. N., & MacFie, H. J. H. (2000). Behavioural extensions to preference mapping: the role of synthesis. *Food Quality and Preference*, 11(4), 349-359.

Jaime, I., Mela, D. J., & Bratchell, N. (1993). A study of texture-flavor interactions using free-choice profiling. *Journal of Sensory Studies*, 8(3), 177-188.

Johnson, J., & Clydesdale, F. (1982). Perceived sweetness and redness in colored sucrose solutions. *Journal of Food Science*, 47(3), 747-752.

K

Karlsen, A. M., Aaby, K., Sivertsen, H., Baardseth, P., & Ellekjær, M. R. (1999). Instrumental and sensory analysis of fresh Norwegian and imported apples. *Food Quality and Preference*, 10(4-5), 305-314.

Komthong, P., Katoh, T., Igura, N., & Shimoda, M. (2006). Changes in the odours of apple juice during enzymatic browning. *Food Quality and Preference*, 17(6), 497-504.

Köster, E. P. (2005). Does olfactory memory depend on remembering odors? *Chemical Senses*, 30(suppl 1), i236-i237.

Köster, E. P. (2009). Les épreuves. In Lavoisier, Evaluation sensorielle: Manuel méthodologique. Paris: SSHA, 205-226.

Kühn, B. F., & Thybo, A. K. (2001). The influence of sensory and physiochemical quality on Danish children's preferences for apples. *Food Quality and Preference*, 12(8), 543-550.

Kuo, Y. L., Pangborn, R. M., & Noble, A. C. (1993). Temporal patterns of nasal, oral, and retronasal perception of citral and vanillin and interaction of these odourants with selected tastants. *International Journal of Food Science and Technology*, 28, 127–137.

L

Lateur, M., Planchon, V., & Moons, E. (2001). Évaluation par l'analyse sensorielle des qualités organoleptiques d'anciennes variétés de pommes. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 5(3), 180-188.

Latreille, J., Mauger, E., Ambroisine, L., Tenenhaus, M., Vincent, M., Navarro, S., *et al*. (2006). Measurement of the reliability of sensory panel performances. *Food Quality and Preference*, 17(5), 369-375.

Lavin, J. G., & Lawless, H. T. (1998). Effects of color and odor on judgments of sweetness among children and adults. *Food Quality and Preference*, 9(4), 283-289.

Lawless, H. T., & Clark, C. C. (1992). Psychological biases in time-intensity scaling. *Food Technology*, 46.

Lawless, H. T., & Heymann, H. (1998). Sensory evaluation of food: principles and practices. New York: Aspen Publishers.

Lawlor, J. B., & Delahunty, C. M. (2007). The sensory profile and consumer preference for ten speciality cheeses. *International journal of dairy technology*, 53(1), 28-36.

Lawrence, G. (2009). Physicochemical and perceptual interactions between composition/texture, taste and odour: a way to enhance saltiness in low-salt content foods. Unpublished PhD thesis in Food Science, Université de Bourgogne.

Lawrence, G., Salles, C., Palicki, O., Septier, C., Busch, J., & Thomas-Danguin, T. (2011). Using cross-modal interactions to counterbalance salt reduction in solid foods. *International Dairy Journal*, 21(2), 103-110.

Le Moigne, M., Symoneaux, R., & Jourjon, F. (2008). How to follow grape maturity for wine professionals with a seasonal judge training? Food Quality and Preference, 19(8), 672-681.

Lea, P., Rødbotten, M., & Næs, T. (1995). Measuring validity in sensory analysis. *Food Quality and Preference*, 6(4), 321-326.

Lethuaut, L., Brossard, C., Meynier, A., Rousseau, F., Llamas, G., Bousseau, B., *et al*. (2005). Sweetness and aroma perceptions in dairy desserts varying in sucrose and aroma levels and in textural agent. *International Dairy Journal*, 15(5), 485-493.

Lethuaut, L., Brossard, C., Rousseau, F., Bousseau, B., & Genot, C. (2003). Sweetness–texture interactions in model dairy desserts: effect of sucrose concentration and the carrageenan type. *International Dairy Journal*, 13(8), 631-641.

Lethuaut, L., Weel, K. G. C., Boelrijk, A. E. M., & Brossard, C. D. (2004). Flavor perception and aroma release from model dairy desserts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(11), 3478-3485.

Lund, C. M., Jaeger, S. R., Amos, R. L., Brookfield, P., & Harker, F. R. (2006). Tradeoffs between emotional and sensory perceptions of freshness influence the price consumers will pay for apples: results from an experimental market. *Postharvest biology and technology*, 41(2), 172-180.

M

MacFie, H. J., Bratchell, N., Greenhoff, K., & Vallis, L. V. (1989). Designs to balance the effect of order of presentation and first order carry-over effects in hall tests. *Journal of Sensory Studies*, 4(2), 129-148.

MacFie, H. J., & Hedderley, D. (1993). Current practice in relating sensory perception to instrumental measurements. *Food Quality and Preference*, 4(1), 41-49.

Maga, J. (1974). Influence of color on taste thresholds. Chemical Senses, 1(1), 115-119.

Martens, M. (1999). A philosophy for sensory science. *Food Quality and Preference*, 10(4-5), 233-244.

Martinez, C., Santa Cruz, M. J., Hough, G., & Vega, M. J. (2002). Preference mapping of cracker type biscuits. *Food Quality and Preference*, 13(7-8), 535-544.

Mc Leod, P., Sauvageot, F., & Köster, E. P. (2009). Les caractéristiques d'une réponse sensorielle. In Lavoisier, Evaluation sensorielle: Manuel méthodologique. Paris: SSHA, 7-32.

McCracken, V. A., Maier, B., Boylston, T., & Worley, T. (1994). Development of a scheme to evaluate consumer apple variety preferences. *Journal of Food Distribution Research*, 25(1).

McEwan, J. A. (1996). Preference mapping for product optimization. In T. Naes, Risvik, E., Multivariate analysis of data in sensory science. Multivariate analysis of data in sensory science: Elsevier Science, 71-102.

Mehinagic, E. (2004). Recherche de descripteurs objectifs de la qualité sensorielle des pommes (Malus Domestica). Unpublished Phd thesis in Food Science, Université de Nantes.

Mehinagic, E., Royer, G., Bertrand, D., Symoneaux, R., Laurens, F., & Jourjon, F. (2003). Relationship between sensory analysis, penetrometry and visible–NIR spectroscopy of apples belonging to different cultivars. *Food Quality and Preference*, 14(5-6), 473-484.

Mehinagic, E., Royer, G., Symoneaux, R., Bertrand, D., & Jourjon, F. (2004). Prediction of the sensory quality of apples by physical measurements. *Postharvest biology and technology*, 34(3), 257-269.

Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (1991). Sensory Evaluation Techniques Boca Raton: CRC Press LLC.

Mestres, M., Moran, N., Jordan, A., & Buettner, A. (2005). Aroma release and retronasal perception during and after consumption of flavored whey protein gels with different textures. 1. in vivo release analysis. Journal of agricultural and food chemistry, 53(2), 403-409.

Meullenet, J. F., Xiong, R., & Findlay, C. J. (2007a). Consumer Segmentation Techniques. In J. F. Meullenet, R. Xiong & C. J. Findlay, Multivariate and probabilistic analyses of sensory science problems. Ames: Blackwell Publishing Professional, 111-127.

Meullenet, J. F., Xiong, R., & Findlay, C. J. (2007b). A nontechnical description of preference mapping. In J. F. Meullenet, R. Xiong & C. J. Findlay, Multivariate and probabilistic analyses of sensory science problems. Ames: Blackwell Publishing Professional, 49-68.

Meullenet, J. F., Xiong, R., Findlay, C. J., & Ebrary, I. (2007). Multivariate and probabilistic analyses of sensory science problems: Wiley Online Library.

Ministère de l'agriculture, d. l. a. e. d. l. f. (2009). http://agriculture.gouv.fr/fondamentaux-nutrition-et. In.

Mioche, L. (2004). Mastication and food texture perception: Variation with age. *Journal of Texture Studies*, 35(2), 145-158.

Mitcham, E. J. (1997). Apples and Pears. In, Seventh International Controlled Atmosphere Research Conference. University of California, Davis.

Moskowitz, H. R. (2000). Sensory drivers of liking & sensory preference segmentation. In, ACS. San Francisco

Multon, J.-L., & Davenas, J. (1994). Qu'est ce que la qualité d'un produit alimentaire et quels en sont les opérateurs? In J.-L. Multon, J.-F. Arthaud & A. Soroste, La qualité des produits alimentaires: Tec & Doc, 753.

Murphy, C., & Cain, W. S. (1980). Taste and olfaction: independence vs interaction. *Physiology & Behavior*, 24(3), 601-605.

Murphy, C., Cain, W. S., & Bartoshuk, L. M. (1977). Mutual action of taste and olfaction. *Sensory processes*, 1(3), 204-211.

Murray, J. M., & Delahunty, C. M. (2000). Mapping consumer preference for the sensory and packaging attributes of Cheddar cheese. *Food Quality and Preference*, 11(5), 419-435.

Murray, J. M., Delahunty, C. M., & Baxter, I. A. (2001). Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International*, 34(6), 461-471.

N

Næs, T. (1989). The design of calibration in near infra-red reflectance analysis by clustering. Journal of chemometrics, 1(2), 121-134.

Næs, T., Brockhoff, P. B., & Tomic, O. (2010a). Basic Statistics. In T. Næs, P. B. Brockhoff & O. Tomic, Statistics for sensory and consumer science. Chichester: Wiley, 165-178.

Næs, T., Brockhoff, P. B., & Tomic, O. (2010b). Preference Mapping for Understanding Relations between Sensory Product Attributes and Consumer Acceptance. In T. Næs, P. B. Brockhoff & O. Tomic, Statistics for sensory and consumer science. Chichester: Wiley, 127-149.

Næs, T., Brockhoff, P. B., & Tomic, O. (2010c). Segmentation of consumer data. In T. Næs, P. B. Brockhoff & O. Tomic, Preference Mapping for Understanding Relations between Sensory Product Attributes and Consumer Acceptance. Chichester: Wiley, 155-163.

Næs, T., & Solheim, R. (2007). Detection and interpretation of variation within and between assessors in sensory profiling. *Journal of Sensory Studies*, 6(3), 159-177.

Nasri, N., Beno, N., Septier, C., Salles, C., & Thomas-Danguin, T. (2011). Cross-modal interactions between taste and smell: Odour-induced saltiness enhancement depends on salt level. *Food Quality and Preference*, 22(7), 678-682.

Nicklaus, S. (2007). Facteurs sensoriels de l'acceptabilité des fruits et légumes. In INRA, Les fruits et légumes dans l'alimentation : rapport d'expertise, 253-260.

Noble, A. C., Arnold, R. A., Buechsenstein, J., Leach, E. J., Schmidt, J. O., & Stern, P. M. (1987). Modification of a standardized system of wine aroma terminology. *American Journal of Enology and Viticulture*, 38(2), 143.

Noble, A. C., Arnold, R. A., Masuda, B. M., Pecore, S. D., Schmidt, J. O., & Stern, P. M. (1984). Progress towards a standardized system of wine aroma terminology. *American Journal of Enology and Viticulture*, 35(2), 107.

O

Olabi, A., & Lawless, H. T. (2008). Persistence of context effects after training and with intensity references. *Journal of Food Science*, 73(4), S185-S189.

Oraguzie, N., Alspach, P., Volz, R., Whitworth, C., Ranatunga, C., Weskett, R., *et al*. (2009). Postharvest assessment of fruit quality parameters in apple using both instruments and an expert panel. *Postharvest biology and technology*, 52(3), 279-287.

Oram, N., Laing, D. G., Hutchinson, I., Owen, J., Rose, G., & Freeman, M. (1995). The influence of flavor and color on drink identification by children and adults. *Developmental Psychobiology*, (28), 239–246.

ORourke, D. (2003). World production, trade, consumption and economic outlook for apples. In D. C. Ferree, Warrington, I.J., Apples: botany, production and uses. Wallingford, UK: CAB International, 15-29.

Overbosch, P., Afterof, W., & Haring, P. (1991). Flavor release in the mouth. *Food Reviews International*, 7(2), 137-184.

P

Paçi Kora, E., Latrille, E., Souchon, I., & Martin, N. (2003). Texture-flavor interactions in low fat stirred yogurt: how mechanical treatment, thickner concentration and aroma affect perceived texture and flavor. *Journal of Sensory Studies*, 18(5), 367-390.

Paçi Kora, E., Souchon, I., Latrille, E., Martin, N., & Marin, M. (2004). Composition rather than viscosity modifies the aroma compound retention of flavored stirred yogurt. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(10), 3048-3056.

Pangborn, R. M. (1960). Influence of color on the discrimination of sweetness. *The American Journal of Psychology*, 73(2), 229-238.

Pangborn, R. M., Gibbs, Z. M., & Tassan, C. (1978). Effect of hydrocolloids on apparent viscosity and sensory properties of selected beverages. *Journal of Texture Studies*, 9(4), 415-436.

Peña y Lillo, M., Latrille, E., Casaubon, G., Agosin, E., Bordeu, E., & Martin, N. (2005). Comparison between odour and aroma profiles of Chilean Pisco spirit. *Food Quality and Preference*, 16(1), 59-70.

Péneau, S., Hoehn, E., Roth, H. R., Escher, F., & Nuessli, J. (2006). Importance and consumer perception of freshness of apples. *Food Quality and Preference*, 17(1-2), 9-19.

Peryam, D. R., & Pilgrim, F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology*, 11, 9-14.

Peyron, M. A., Mioche, L., Renon, P., & Abouelkaram, S. (1996). Masticatory jaw movement recordings: a new method to investigate food texture. *Food Quality and Preference*, 7(3), 229-237.

Philipsen, D. H., Clydesdale, F. M., Griffin, R. W., & Stern, P. (1995). Consumer age affects response to sensory characteristics of a cherry flavored beverage. *Food Quality and Preference*, (60), pp. 364–368.

Pierce, J., & Halpern, B. P. (1996). Orthonasal and retronasal odorant identification based upon vapor phase input from common substances. *Chemical Senses*, 21(5), 529-543.

Pineau, N. (2006). La performance en analyse sensorielle - une approche base de données. Unpublished PhD Thesis in Food Science, Université de Bourgogne, Dijon.

Poinot, P., Arvisenet, G., Grua-Priol, J., Fillonneau, C., & Prost, C. (2009). Use of an artificial mouth to study bread aroma. *Food Research International*, 42(5-6), 717-726.

Poinot, P., Arvisenet, G., Ledauphin, J., Gaillard, J.-L., & Prost, C. (2013). How can aroma–related cross–modal interactions be analysed? A review of current methodologies. *Food Quality and Preference*, 28(1), 304-316.

Poinot, P., Arvisenet, G., Texier, F., Lethuaut, L., Mehinagic, E., Vigneau, E., *et al*. (2011). Use of sense masking to study sensory modalities singly: interest for the understanding of apple in-mouth perception. *Food Quality and Preference*, 22(6), 573-680.

Prescott, J. (1999). Flavour as a psychological construct: implications for perceiving and measuring the sensory qualities of foods. *Food Quality and Preference*, 10(4-5), 349-356.

Prescott, J. (2012). Chemosensory learning and flavour: Perception, preference and intake. In, Physiology & Behavior.

Prescott, J., Taylor, A., & Roberts, D. (2004). Psychological processes in flavour perception. *Flavor perception*, 256-277.

Q

Qannari, E. M., Wakeling, I., Courcoux, P., & MacFie, H. J. H. (2000). Defining the underlying sensory dimensions. *Food Quality and Preference*, 11(1-2), 151-154.

R

Rega, B., Guichard, E., & Voilley, A. (2002). Flavour release from pectin gels: effects of texture, molecular interactions and aroma compounds diffusion. Sciences des aliments, 22(3), 235-248.

Roininen, K., & Tuorila, H. (1999). Health and taste attitudes in the prediction of use frequency and choice between less healthy and more healthy snacks. *Food Quality and Preference*, 10(4-5), 357-365.

Roudnitzky, N., Bult, J. H. F., de Wijk, R. A., Reden, J., Schuster, B., & Hummel, T. (2011). Investigation of interactions between texture and ortho- and retronasal olfactory stimuli using psychophysical and electrophysiological approaches. *Behavioural Brain Research*, 216(1), 109-115.

Rousset-Akrim, S., Martin, J. F., Bayle, M. C., & Berdagué, J. L. (1997). Comparison between an odour profile and a flavour profile of dry fermented sausages. *International Journal of Food Science & Technology*, 32(6), 539-546.

S

Sáenz-Navajas, M. P., Campo, E., Fernández-Zurbano, P., Valentin, D., & Ferreira, V. (2010). An assessment of the effects of wine volatiles on the perception of taste and astringency in wine. *Food chemistry*, 121(4), 1139-1149.

Saint-Eve, A., Déléris, I., Panouillé, M., Dakowski, F., Cordelle, S., Schlich, P., *et al*. (2011). How Texture Influences Aroma and Taste Perception Over Time in Candies. *Chemosensory Perception*, 4(1), 32-41.

Saint-Eve, A., Lauverjat, C., Magnan, C., Déléris, I., & Souchon, I. (2009). Reducing salt and fat content: Impact of composition, texture and cognitive interactions on the perception of flavoured model cheeses. *Food chemistry*, 116(1), 167-175.

Saint-Eve, A., Paci Kora, E., & Martin, N. (2004). Impact of the olfactory quality and chemical complexity of the flavouring agent on the texture of low fat stirred yogurts assessed by three different sensory methodologies. *Food Quality and Preference*, 15(7-8), 655-668.

Scandella, D., Navez, B., Lespinasse, N., Venien, S., Jost, M., & Schlich, P. (2002). Segmentation by taste: targeting consumer expectations. The example of the tomato; La segmentation gustative: cibler les envies du consommateur. L'exemple de la tomate. *Infos-Ctifl*, 185, 9-13.

Schifferstein, H. N. J., & Frijters, J. E. R. (1991). The effectiveness of different sweeteners in suppressing citric acid sourness. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 49(1), 1-9.

Schifferstein, H. N. J., & Verlegh, P. W. J. (1996). The role of congruency and pleasantness in odor-induced taste enhancement. *Acta psychologica*, 94(1), 87-105.

Schlich, P. (1995). Preference mapping: relating consumer preferences to sensory or instrumental measurements. Bioflavour 95. Analysis/Precursor studies/Biotechnology. Dijon: INRA Editions.

Schlich, P. (2007). Grapes: a method and a SAS® program for graphical representations of assessor performances. *Journal of Sensory Studies*, 9(2), 157-169.

Schlich, P., & McEwan, J. A. (1992). Cartographie des préférences: un outil statistique pour l'industrie agro-alimentaire. *Sciences des aliments*, 12(3), 339-355.

Schreuder, S. A. M. M., Wekken, v. d. J. W., & Groot, M. J. (2007). Detailed report on fruit consumption in 7 countries. Isafruit Project Pillar 1, workpackage 1.1.

Serrurier, M., Miladinovic, D., Nguyen, D.-M. (2009). Achats de fruits et légumes frais par les ménages français.

Shankar, M. U., Levitan, C. A., & Spence, C. (2010). Grape expectations: The role of cognitive influences in color–flavor interactions. Consciousness and cognition, 19(1), 380-390.

Shimojo, S., & Shams, L. (2001). Sensory modalities are not separate modalities: plasticity and interactions. *Current Opinion in Neurobiology*, 11(4), 505-509.

Small, D. M., Gerber, J. C., Mak, Y. E., & Hummel, T. (2005). Differential neural responses evoked by orthonasal versus retronasal odorant perception in humans. *Neuron*, 47(4), 593-606.

Small, D. M., & Prescott, J. (2005). Odor/taste integration and the perception of flavor. *Experimental Brain Research*, 166(3), 345-357.

Smith, S. M. (1985). Measurement of the quality of apples: recommendations of an EEC working group. Commission of the European Communities, Brussels

Smith, S. M., & Churchill, A. (1983). Sensory and instrumental measurement of quality attributes in apples. In A. A. Williams & R. K. Atkin, Sensory quality in foods and beverages: definition, measurement and control, 341-346.

Stevenson, R. J., Prescott, J., & Boakes, R. A. (1995). The acquisition of taste properties by odors. *Learning and Motivation*, 26(4), 433-455.

Stevenson, R. J., Prescott, J., & Boakes, R. A. (1999). Confusing tastes and smells: how odours can influence the perception of sweet and sour tastes. *Chemical Senses*, 24(6), 627-635.

Stillman, J. A. (1993). Color Influences Flavor Identification in Fruit-flavored Beverages. *Journal of Food Science*, 58(4), 810-812.

Stone, H., & Sidel, J. L. (1998). Quantitative descriptive analysis: developments, applications and the future. *Food Technology*, 52.

Stone, H., Sidel, J. L., Oliver, S., Woolsey, A., & Singleton, C. (1974). Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technology*, 24-28.

Stow, J. (1995). Quality measurements of apples. *Postharvest News and Information*, 6(3), 32–33.

Sun, B. C., & Halpern, B. P. (2005). Identification of air phase retronasal and orthonasal odorant pairs. *Chemical Senses*, 30(8), 693-706.

Szczesniak, A. S. (1963). Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*, 28, 385-389.

T

Teerling, A. (1992). The colour of taste. *Chemical Senses*, 17(6), 886.

Thomas-Danguin, T., Ishii, A., Etiévant, P., & Atanasova, B. (2009). Le bouquet du vin - Résultat d'une intégration sensorielle différente au nez et en bouche. *Revue des oenologues*, (32), 53-55.

Thompson, J. L., Drake, M. A., Lopetcharat, K., & Yates, M. D. (2004). Preference mapping of commercial chocolate milks. *Journal of Food Science*, 69(11/12), S406-S413.

Thybo, A. K., Kühn, B. F., & Martens, H. (2004). Explaining Danish children's preferences for apples using instrumental, sensory and demographic/behavioural data. *Food Quality and Preference*, 15(1), 53-63.

Tournier, C., Sulmont-Rossé, C., Sémon, E., Vignon, A., Issanchou, S., & Guichard, E. (2009). A study on texture-taste-aroma interactions: Physico-chemical and cognitive mechanisms. *International Dairy Journal*, 19(8), 450-458.

V

Van Ruth, S. M., Roozen, J. P., & Cozijnsen, J. L. (1995). Changes in flavour release from rehydrated: diced bell peppers (Capsicum annuum) by artificial saliva components in three mouth model systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, (37), 189-196.

Vanne, M., Tuorila, H., & Laurinen, P. (1998). Recalling sweet taste intensities in the presence and absence of other tastes. *Chemical Senses*, 23(3), 295-301.

Varela, P., Salvador, A., & Fiszman, S. (2005). Shelf-life estimation of 'Fuji'apples: Sensory characteristics and consumer acceptability. *Postharvest biology and technology*, 38(1), 18-24.

Varlet, V., Prost, C., & Serot, T. (2007). New procedure for the study of odour representativeness of aromatic extracts from smoked salmon. *Food chemistry*, 100(2), 820-829.

Vaysse, P., Hilaire, C., Trillot, M., Scandella, D., & Bergougnoux, F. (2000). L'indice qualité: Un référentiel au service de la filière. *Infos-Ctifl*, 165.

Vaysse, P., & Landry, P. (2004). Pomme-Poire de la récolte au conditionnement: Outils pratiques: CTIFL.

Vaysse, P., Masseron, A., Trillot, M., Scandella, D., Mathieu, V., & Marion, M. (2000). Reconnaître les variétés de pommes et de poires. Orléans: CTIFL.

Vaysse, P., & Reynier, P. (2008). Un indicateur du potentiel gustatif des pommes: Le Tastifel, un outil de diagnostic. *Infos-Ctifl*, 244.

Vaysse, P., Reynier, P., Codarin, S., Roche, L., & Martin, A. (2006). L'analyse sensorielle sur la pomme: Un outil indispensable pour la filière. *Infos-Ctifl*, 225.

Vaysse, P., Reynier, P., & Rouvès, M. (1999). Evolution de la qualité de la pomme dans la filière. Infos-Ctifl, 156.

Vaysse, P., Reynier, P., Scandella, D., & Vigouroux, X. (2002). De la station jusqu'au rayon - Les enjeux de la qualité de la pomme dans la filière. *Infos-Ctifl*, 181, 22-25.

Vickers, Z. M. (1993). Incorporating tasting into a conjoint analysis of taste, health claim, price and brand for purchasing stawberry yogurt. *Journal of Sensory Studies*, 8(4), 341-352.

Vigneau, E., Endrizzi, I., & Qannari, E. M. (2010). Finding and explaining clusters of consumers using CLV approach. *Food Quality and Preference*, 22(8), 705-713.

Vigneau, E., & Qannari, E. M. (2002). Segmentation of consumers taking account of external data. A clustering of variables approach. *Food Quality and Preference*, 13(7-8), 515-521.

Vigneau, E., Qannari, E. M., Punter, P. H., & Knoops, S. (2001). Segmentation of a panel of consumers using clustering of variables around latent directions of preference. *Food Quality and Preference*, 12(5-7), 359-363.

Visschers, R. W., Jacobs, M. A., Frasnelli, J., Hummel, T., Burgering, M., & Boelrijk, A. E. M. (2006). Cross-modality of texture and aroma perception is independent of orthonasal or retronasal stimulation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(15), 5509-5515.

Voirol, E., & Daget, N. (1986). Comparative study of nasal and retronasal olfactory perception. *Lebensmittel-Wissenschaft Technologie*, 19(4), 316-319.

W

Wakeling, I. N., & MacFie, H. J. H. (1995). Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of k samples from t may be tested. *Food Quality and Preference*, 6(4), 299-308.

Watada, A. E., & Abbot, J. A. (1985). Apple Quality: Influences of Pre-and Postharvest Factors and Estimation by Objective Methods. In H. E. Pattee, Evaluation of Quality of Fruits and Vegetables. Wesport, Connecticut: AVI Publishing Co, 63-81.

Watada, A. E., Abbott, J. A., & Hardenburg, R. E. (1980). Sensory characteristics of apple fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105(5), 371-375.

Weel, K. G. C., Boelrijk, A. E. M., Alting, A. C., van Mil, P. J. J. M., Burger, J. J., Gruppen, H., *et al*. (2002). Flavor release and perception of flavored whey protein gels: perception is determined by texture rather than by release. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(18), 5149-5155.

Wei, S.-T., Ou, L.-C., Luo, M. R., & Hutchings, J. B. (2012). Optimisation of food expectations using product colour and appearance. *Food Quality and Preference*, 23(1), 49-62.

Williams, A. A., & Carter, C. S. (1977). A language and procedure for the sensory assessment of Cox's Orange Pippin apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28(12), 1090-1104.

Williams, A. A., & Knee, M. (1977). The flavour of Cox's Orange Pippin apples and its variation with storage. *Annals of Applied Biology*, 87(1), 127-131.

Williams, A. A., & Langron, S. P. (1983). Influence of different controlled atmospheres and post-storage temperatures on the acceptability of Cox's orange pippin and Suntan apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34(12), 1375-1382.

Wilson, C. E., & Brown, W. E. (2007). Influence of food matrix structure and oral breakdown during mastication on temporal perception of flavor. *Journal of Sensory Studies*, 12(1), 69-86.

WSDA. (1999). Clarifying new Red Delicious inspections. G. F. Grower.

Y

Youness, G., & Saporta, G. (2004). Une méthodologie pour la comparaison de partitions. *Revue de statistique appliquée*, 52(1), 97-120.

Z

Zampini, M., Sanabria, D., Phillips, N., & Spence, C. (2007). The multisensory perception of flavor: Assessing the influence of color cues on flavor discrimination responses. *Food Quality and Preference*, 18(7), 975-984.

Zellner, D. A., & Durlach, P. (2003). Effect of color on expected and experienced refreshment, intensity, and liking of beverages. *American Journal of Psychology*, 116, 633-648.

Zemroch, P. J. (1986). Cluster Analysis as an Experimental Design Generator, With Application to Gasoline Blend ing Experiments. *Technometrics*, 28(1), 39-49.

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Production de pommes en France (en tonnes) 6
Tableau 2 : Définitions de la norme ISO 5492 de caractères sensoriels pouvant être évalués dans la pomme ... 22
Tableau 3 : Conditions expérimentales des différentes études ayant mené du profil conventionnel 24
Tableau 4 : Bilan des variétés analysées dans les études comportant 6 variétés ou plus 25
Tableau 5: Descripteurs utilisés avec la technique du profil conventionnel pour caractériser les pommes 26
Tableau 6 : Liste des variétés étudiées, codes, producteurs et dates de récolte 46
Tableau 7: Descripteurs sensoriels utilisés par le panel sensoriel de l'ESA pour analyser les pommes 53
Tableau 8 : Probabilités (p-values) issues de l'ANOVA à trois facteurs (Produit, Juge, Séance) avec interactions sur les données de profils de 6 lots par le panel entraîné 58
Tableau 9 : Intensité relative, Fréquence de citation, Moyenne géométrique, tests d'ANOVA et de Kruskal Wallis des descripteurs aromatiques 62
Tableau 10 : Moyennes, écart-types et étendues des notes de profils des 30 descripteurs conservés 63
Tableau 11 : Valeurs propres et pourcentage d'inertie des composantes de l'ACP réalisée sur les données des profils des 48 lots avec 30 descripteurs 64
Tableau 12 : Description simplifiée des lots de pommes sélectionnés pour l'étude de préférence et appartenance aux différents groupes de texture, saveur/sensation et odeur/arôme 72
Tableau 13 : Valeurs propres et pourcentage d'inertie de l'ACP réalisée sur les données des profils de la sélection de 31 lots 75
Tableau 14 : Liste des 28 variétés utilisées pour l'étude des préférences 86
Tableau 15 : Contenu du questionnaire sur les usages et attitudes des consommateurs de pommes. 88
Tableau 16 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie de la cartographie interne des préférences sur les données de la sélection à 31 lots 95
Tableau 17 : Récapitulatif des résultats par segment de consommateurs (méthode CLV avec données externes) : proportion du panel, déterminants des préférences, lots de pommes préférés et les plus rejetés, caractéristiques sociodémographiques et d'usages/attitudes significatives. 108
Tableau 18 : Récapitulatif des résultats par segment de consommateurs (méthode L-CLV) : proportion du panel, déterminants des préférences, lots de pommes préférés et les plus rejetés, caractéristiques sociodémographiques et d'usages/attitudes significatives. 109
Tableau 19 : Composition des trois sélections de produits 119
Tableau 20 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie de la variance de l'ACP réalisée sur les données des profils de la sélection de produits variable 120
Tableau 21 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie de l'ACP réalisée sur les données des profils de la sélection de produits ayant une acidité perçue similaire 122

Tableau 22 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie de l'ACP réalisée sur les données des profils de la sélection de produits avec un croquant perçu similaire 124
Tableau 23 : Récapitulatif des résultats par segment de consommateurs (méthode CLV avec données externes) avec les trois sélections de produits: proportion du panel et déterminants des préférences..... 134
Tableau 24 : Poids spécifiques ou saillances des tableaux sur les quatre premières dimensions 137
Tableau 25 : Les neuf combinaisons possibles issues du plan d'expérience Visuel vs. En Bouche..... 144
Tableau 26 : Définition des descripteurs et des références associées utilisés par le panel entrainé pour l'étude sur la couleur..... 145
Tableau 27 : Moyennes des mesures physico-chimiques effectuées sur les trois variétés sélectionnées (Royal Gala, Golden Delicious et Granny Smith) 146
Tableau 28 : Probabilités issues de l'ANOVA à trois facteurs sur des données d'intensité de huit descripteurs de trois variétés de pommes avec trois images de pommes différentes..... 147
Tableau 29 : Echantillons étudiés pour l'étude de l'impact d'une odeur « pomme en bouche » sur les perceptions d'arôme, de saveur et de texture 161
Tableau 30 : Probabilités issues de l'ANOVA à trois facteurs sur des données de validation du système: deux variétés, avec et sans flux d'air non-odorant dans le nez. 163
Tableau 31 : Probabilités issues de l'ANOVA à trois facteurs sur les données de l'étude Belchard Chantecler vs. Golden Delicious et Fuji vs. Golden Delicious : Echantillon dans la bouche du juge, Extrait odorant et Juge. 164

INDEX DES FIGURES

Figure 1 : Chaîne de la perception sensorielle d'après Meilgaard, Civille & Carr (1991) 10
Figure 2 : Etapes pour la réalisation d'un profil (d'après ISO : 11035, 1995) 20
Figure 3 : Structure possible des données d'une étude de préférences 31
Figure 4 : Démarche générale 42
Figure 5 : Schéma du déroulement général des tests sensoriels descriptifs 48
Figure 6 : Roue des arômes de pommes 50
Figure 7 : Interactions entre les facteurs Produit et Juge pour le descripteur Croquant 59
Figure 8 : Interactions entre les facteurs Produit et Séance pour les descripteurs Sucré et Juteux 60
Figure 9 : Probabilités issues du test d'ANOVA associées au facteur Produit de chaque descripteur sur les données de profils des 48 produits avec 43 descripteurs. 61
Figure 10 : Représentation des individus (a et c) et des variables (b et d) par ACP sur les données de profils sensoriels et instrumentales de l'espace-produits avec 48 lots (Dim1-2 et Dim 2-3) 65
Figure 11 : Processus de sélection des deux sous-ensembles représentatifs de la diversité sensorielle de la pomme et de réduction des descripteurs 68
Figure 12 : Représentation des individus (a) et des variables (b) par ACP sur les descripteurs de texture issus des profils sensoriels avec 48 lots (Dim1-2) 70
Figure 13 : Représentation des individus (a) et des variables (b) par ACP sur les descripteurs de saveurs issus des profils sensoriels avec 48 lots (Dim1-2) 70
Figure 14 : Représentation des individus (a) et des variables (b) par ACP sur les descripteurs d'arômes issus des profils sensoriels avec 48 lots (Dim1-2) 70
Figure 15 : Représentation des individus et des variables par ACP sur les données de profils sensoriels avec 30 descripteurs et 48 lots (noir), avec la sélection des 31 lots en individus supplémentaires (bleu) 73
Figure 16 : Comparaison des variances des descripteurs des espaces à 48 et 31 lots 74
Figure 17 : Dendrogramme des 31 lots en fonction de leur représentation sur les 3 premières dimensions de l'ACP 75
Figure 18 : Représentation des individus (a et c) et des variables (b et d) par ACP sur les données de profils de l'espace-produits avec 31 lots (Dim1-2 et Dim 2-3) 76
Figure 19 : Représentation des individus et des variables par ACP sur les données de profils sensoriels avec 30 descripteurs et 48 lots en noir), avec la sélection des 9 lots en individus supplémentaires (en bleu) 78
Figure 20 : Comparaison des variances des descripteurs des espaces à 48 et 9 lots 78
Figure 21 : Moyennes de notes d'appréciation des 31 lots sur l'ensemble du panel 93
Figure 22 : Exemple de distribution des notes d'appréciation pour trois variétés : Jazz, Granny Smith et Honey Crunch 94

Figure 23 : Cartographie interne des préférences (ACP des consommateurs) sur les dimensions 1-2 (a et b) et 2-3 (c et d) *97*
Figure 24 : Evolution du critère d'agrégation de CLV avec la sélection à 31 lots *99*
Figure 25 : Visualisation des quatre segments des préférences sur la cartographie interne des préférences, axes 1-2 (a), et axes 2-3 (b) *99*
Figure 26 : Moyenne d'appréciation des 31 lots par segment et moyenne globale du panel *99*
Figure 27 : Contributions des descripteurs au modèle des préférences pour chaque segment pour la partition de CLV en quatre segments avec les 31 lots *101*
Figure 28 : Composantes latentes partielles construites à partir des coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour la partition de CLV en quatre segments avec les 31 lots de pommes *103*
Figure 29 : Distribution des consommateurs des quatre segments suivant les différentes modalités des différentes variables qualitatives *105*
Figure 30 : Représentation des individus (a et c) et des variables (b et d) par ACP sur les données de profils de la sélection de produits variable (Dim1-2 et Dim 2-3) *121*
Figure 31 : Représentation des individus (a et c) et des variables (b et d) par ACP sur les données de profils de sélection de produits ayant une acidité perçue similaire (Dim1-2 et Dim 2-3) *123*
Figure 32 : Représentation des individus (a et c) et des variables (b et d) par ACP sur les données de profils de la sélection de produits avec un croquant perçu similaire (Dim1-2 et Dim 2-3) *124*
Figure 33 : Contributions des descripteurs au modèle des préférences pour chaque segment avec la sélection de produits variables *126*
Figure 34 : Composantes latentes partielles construites à partir des coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour la partition de CLV en trois segments avec la sélection de produits variables *127*
Figure 35 : Contributions des descripteurs au modèle des préférences pour chaque segment avec la sélection de produits avec une acidité perçue similaire *129*
Figure 36 : Composantes latentes partielles construites à partir des coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour la partition de CLV en trois segments avec la sélection de produits avec une acidité perçue similaire *130*
Figure 37 : Contributions des descripteurs au modèle des préférences pour chaque segment avec la sélection de produits avec un croquant perçu similaire *131*
Figure 38 : Composantes latentes partielles construites à partir des coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour la partition de CLV en trois segments avec la sélection de produits à croquant similaire *132*
Figure 39 : Répartition des consommateurs des segments issus de la sélection de produits variables (notée V) dans les segments issus des sélections de produits ayant un niveau d'acidité noté A (à gauche) et de croquant noté C (à droite) perçu de manière comparable. *135*
Figure 40 : Evolution de la variance restituée de l'ACCPS effectuée sur les coefficients associés aux descripteurs avec les trois sélections de produits *136*
Figure 41 : Cercles des corrélations des variables latentes des segments et poids des descripteurs avec les axes commun de l'ACCPS *138*

Figure 42 : Exemples d'image projetée à l'écran pendant l'évaluation 144
Figure 43 : Moyenne des notes d'intensité en bouche des trois variétés de pommes pour les huit descripteurs 148
Figure 44 : Moyenne des notes d'intensité en visuel de l'Intensité Globale Aromatique et de l'Arôme Fruité ... 148
Figure 45 : Interactions entre les facteurs En Bouche et Visuel pour le descripteur Acide..... 149
Figure 46 : Moyenne des notes d'appréciation en bouche des variétés RG, GD, GS 150
*Figure 47 : Interaction des facteurs En Bouche*Visuel sur les notes d'appréciation 150*
Figure 48 : Le principe du « Mouth to Nose Merging System »..... 157
Figure 49: Protocole opératoire mis en place..... 157
Figure 50 : Notes moyennes de similarité d'arôme, de saveur et de texture des trois variétés de pommes comparées à la référence (Golden Delicious) en conditions normales de dégustation..... 162
Figure 51 : Notes moyennes de similarité d'arôme, de saveur et de texture en conditions normales de dégustation et avec un flux d'air non-odorant dans le nez. 163
Figure 52 : Notes moyens de similarité d'arôme, de saveurs et de texture dans les conditions du « Mouth to Nose Merging System », étude Belchard Chantecler vs. Golden Delicious..... 165
Figure 53 : Notes moyennes de similarité d'arôme, de saveurs et de texture dans les conditions du « Mouth to Nose Merging System », étude Fuji vs. Golden Delicious. 166

ANNEXES

Annexe 1 : Photos des variétés de pommes étudiées

Annexe 2 : Profils des variéts de pommes étudiées

Annexe 3 : Moyennes et écart-types des 30 descripteurs pour les 48 variétés

Annexe 4 : Moyennes des mesures physico-chimiques (indice Réfractométrique, Fermeté, Acidité Malique et Jutosité) des 48 variétés

Annexe 5 : Description des groupes de pommes pour les descripteurs de texture, de saveur et d'arôme

Annexe 6 : Description simplifiée des pommes et appartenance aux différents groupes de texture, saveur/sensation et odeur/arôme

Annexe 7 : Questionnaire sociodémographique et d'usages/attitudes

Annexe 8 : Coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour chacun des segments de consommateurs, pour la partition de CLV en quatre segments avec 31 lots de pommes

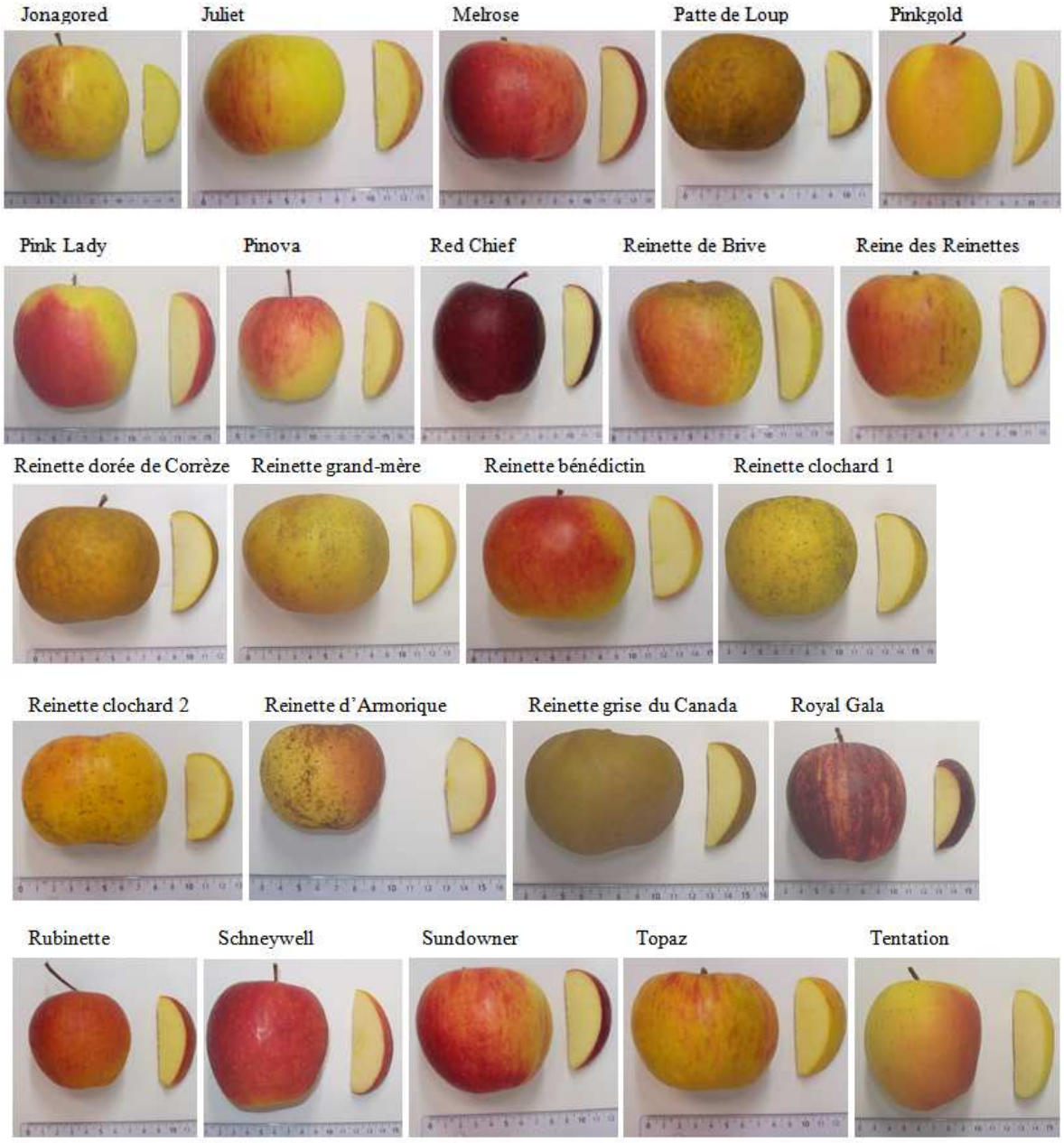
Annexe 9 : Diagramme d'évolution du critère d'agrégation, Dendrogramme et Graphique des composantes latentes partielles construites à partir des coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour la partition de L-CLV en trois segments avec les 31 lots de pommes

Annexe 10 : Diagrammes d'évolution du critère d'agrégation et coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour chacun des segments de consommateurs, analyses avec les trois sélections de produits variables, ayant une acidité et croquant perçu de manière similaire

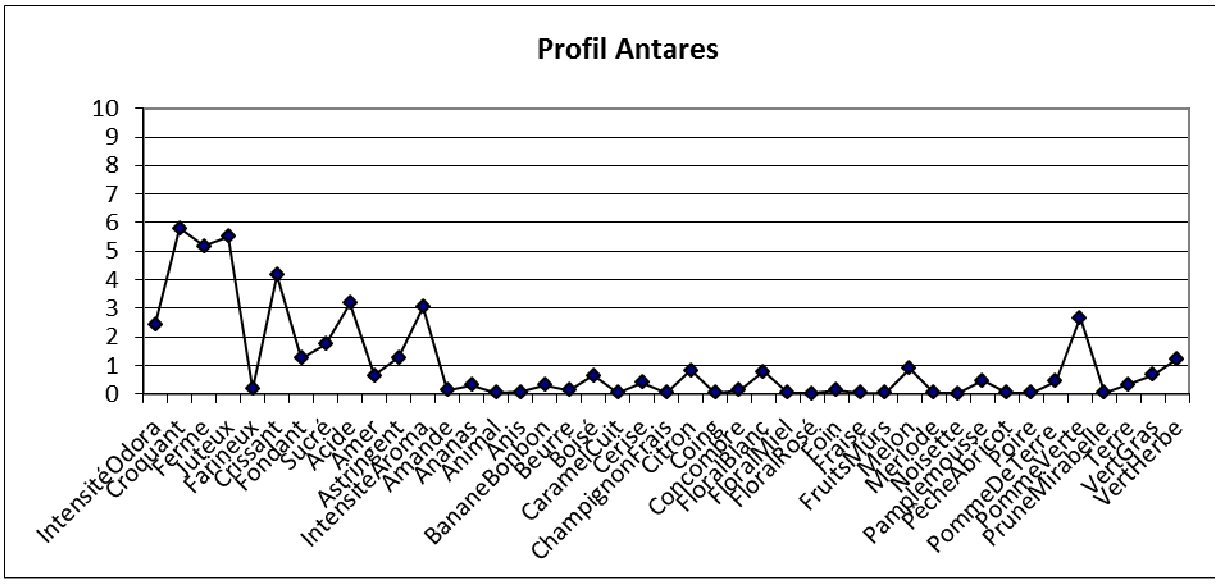
Annexe 11 : Communications par poster

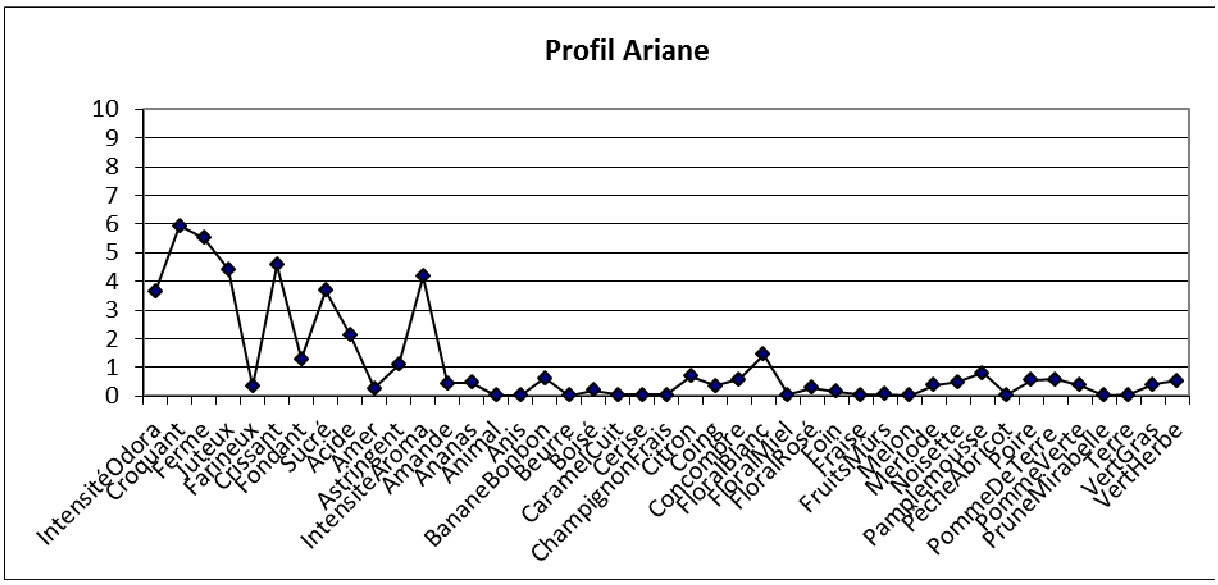
Annexe 12 : Article publié

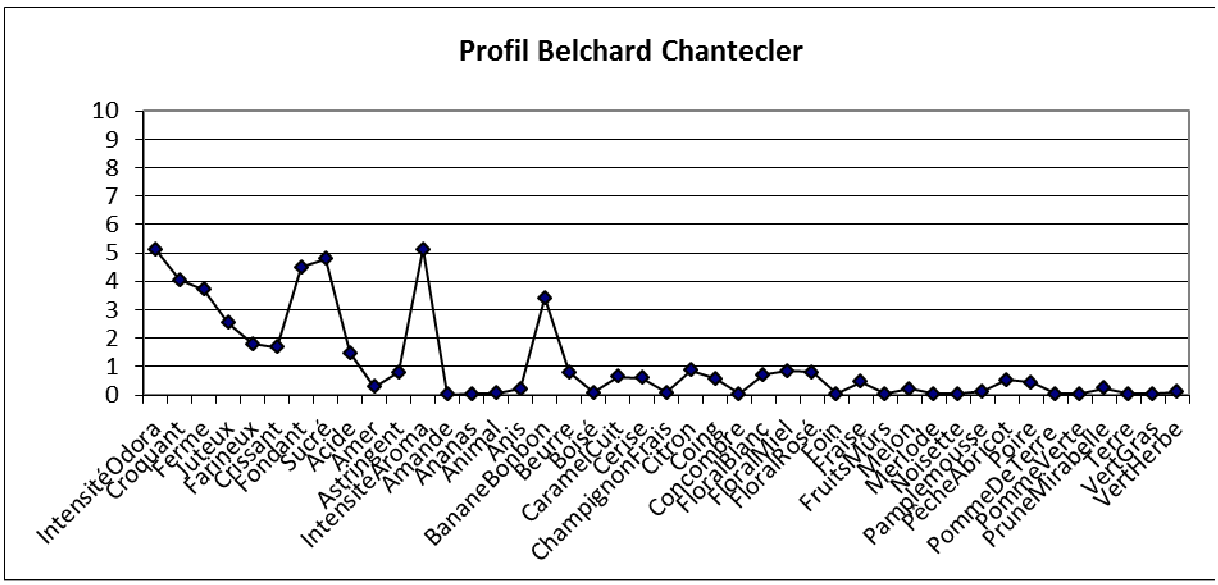
Annexe 1 : Photos des variétés de pommes étudiées

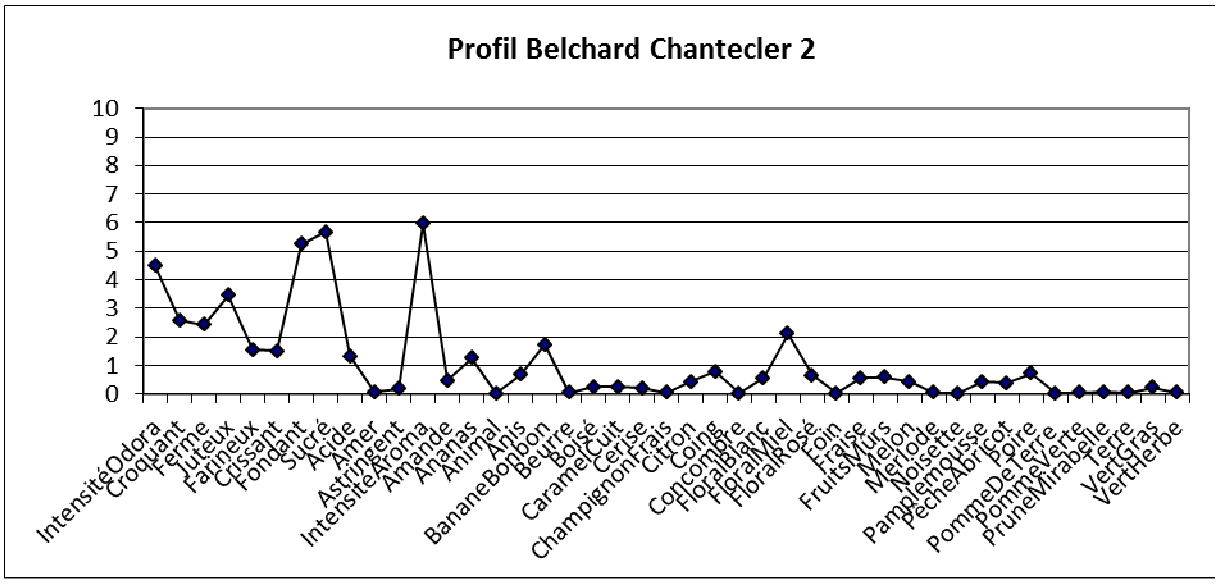

Jonagored
Juliet
Melrose
Patte de Loup
Pinkgold
Pink Lady
Pinova
Red Chief
Reinette de Brive
Reine des Reinettes
Reinette dorée de Corrèze
Reinette grand-mère
Reinette bénédictin
Reinette clochard 1
Reinette clochard 2
Reinette d'Armorique
Reinette grise du Canada
Royal Gala
Rubinette
Schneywell
Sundowner
Topaz
Tentation

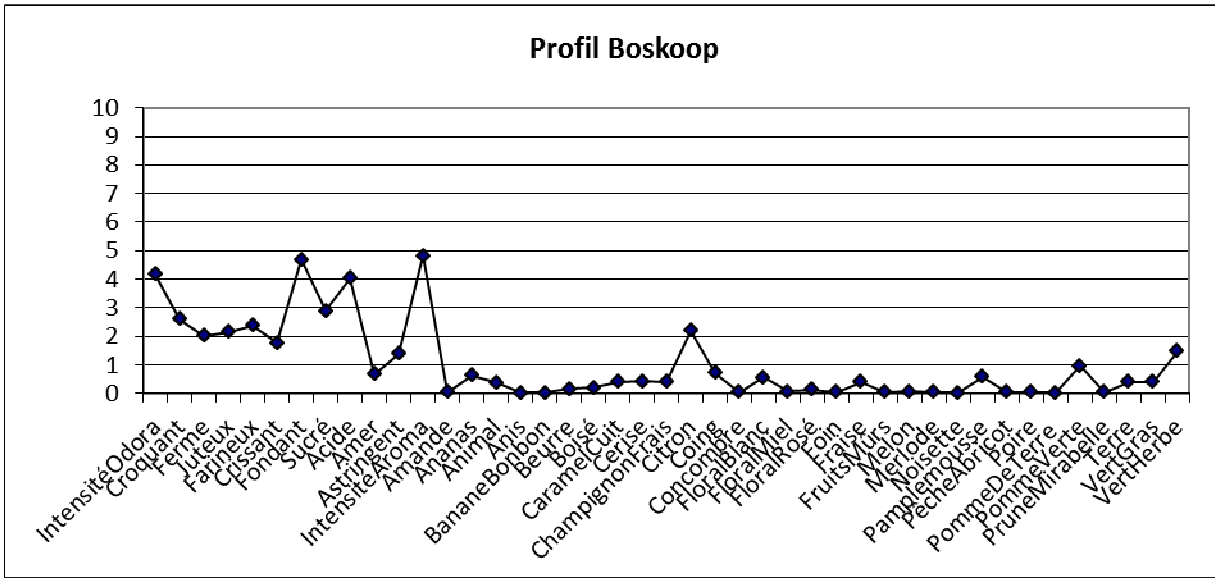
Annexe 2 : Profils des variétés de pommes étudiées

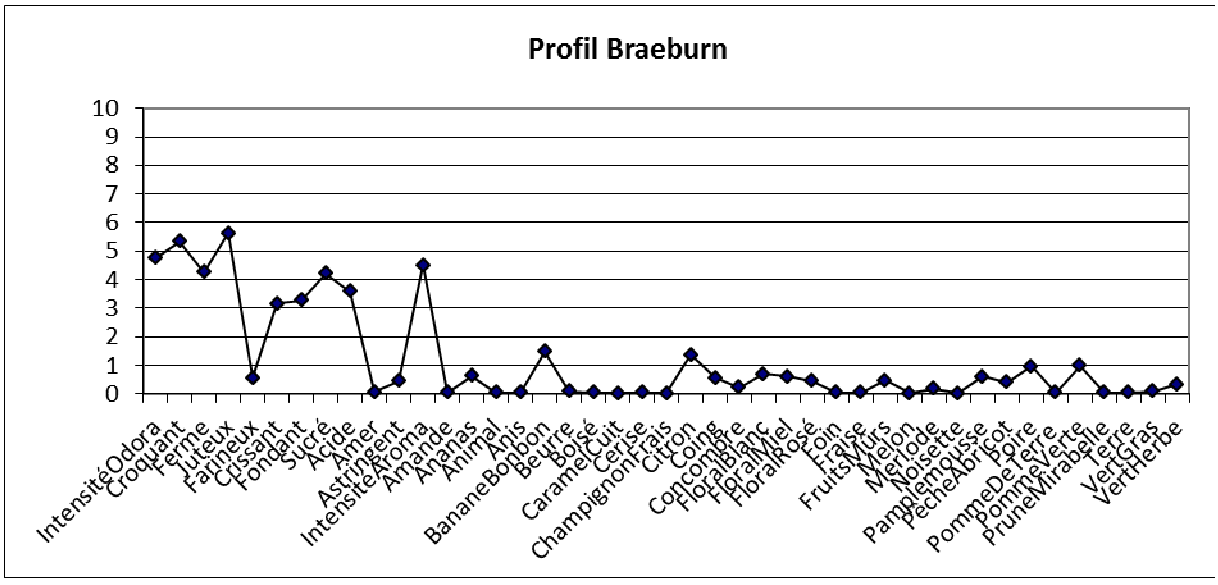

Profil Antares
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CarameiCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

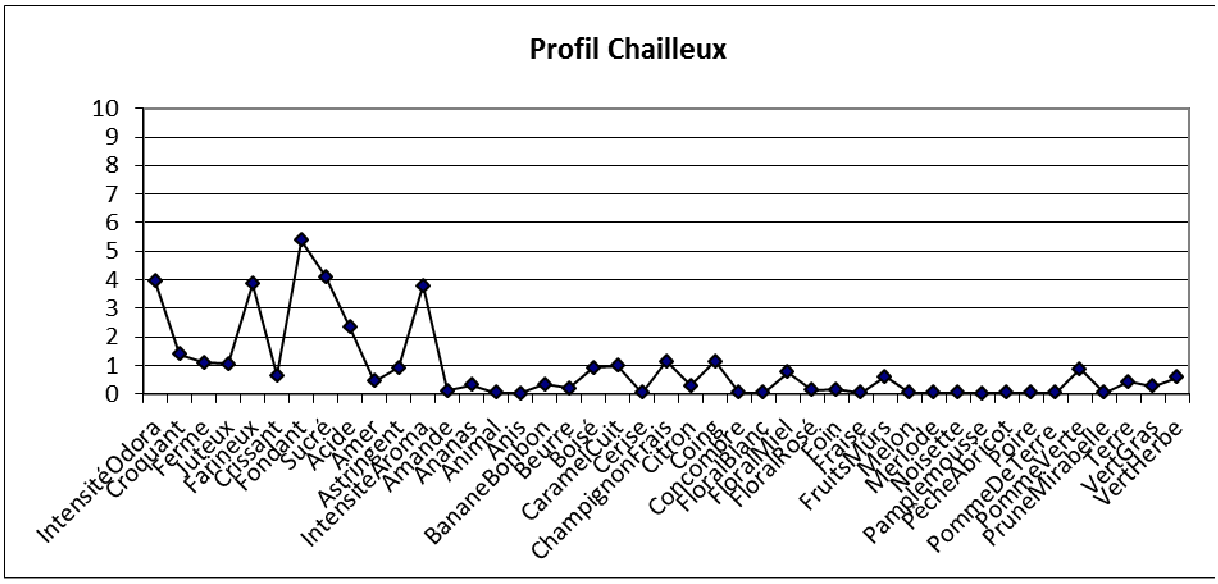

Profil Ariane
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CarameiCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

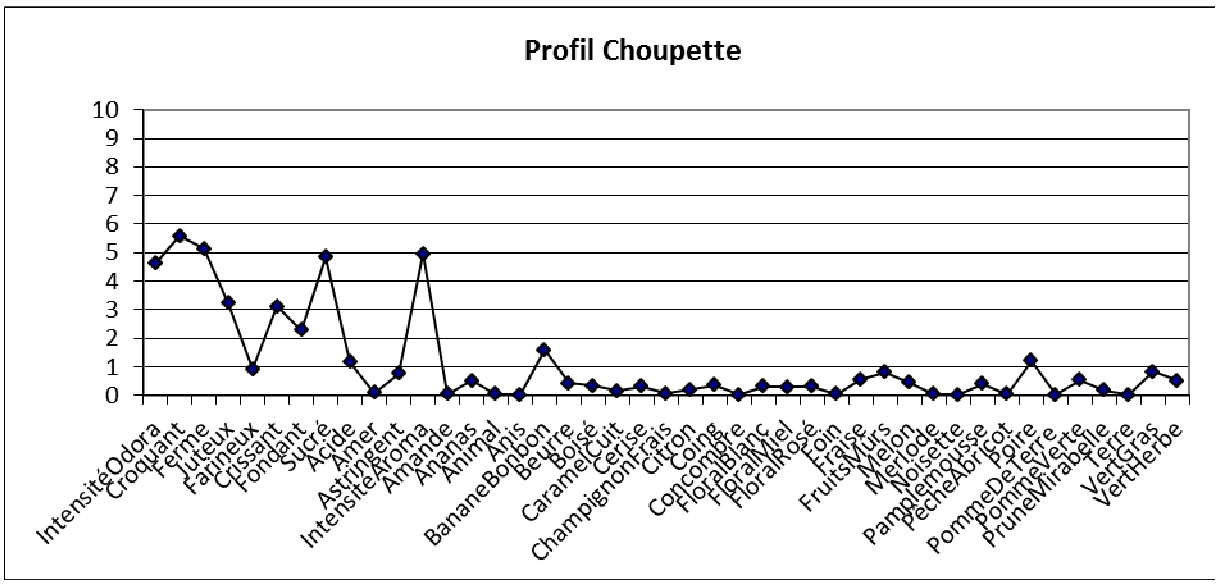

Profil Belchard Chantecler
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CarameiCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

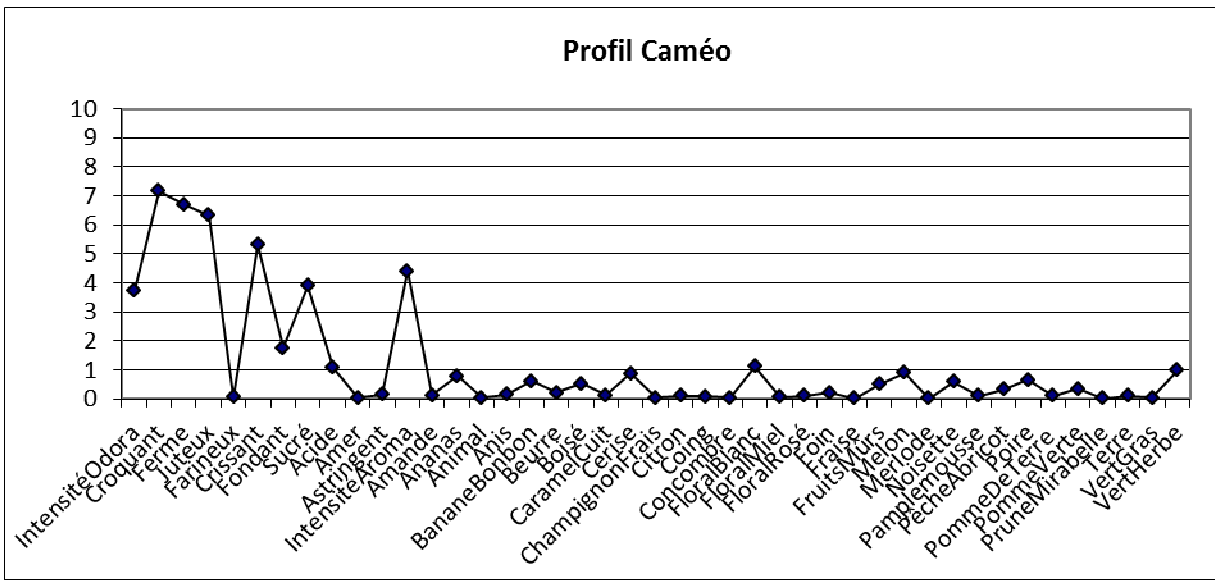

Profil Belchard Chantecler 2
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

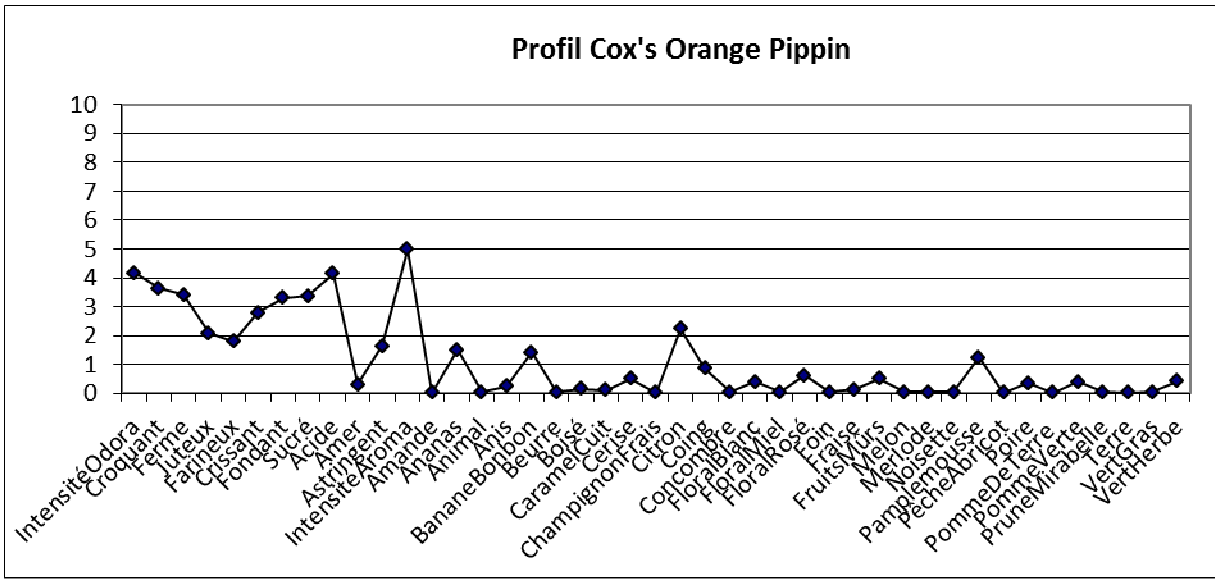

Profil Boskoop
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

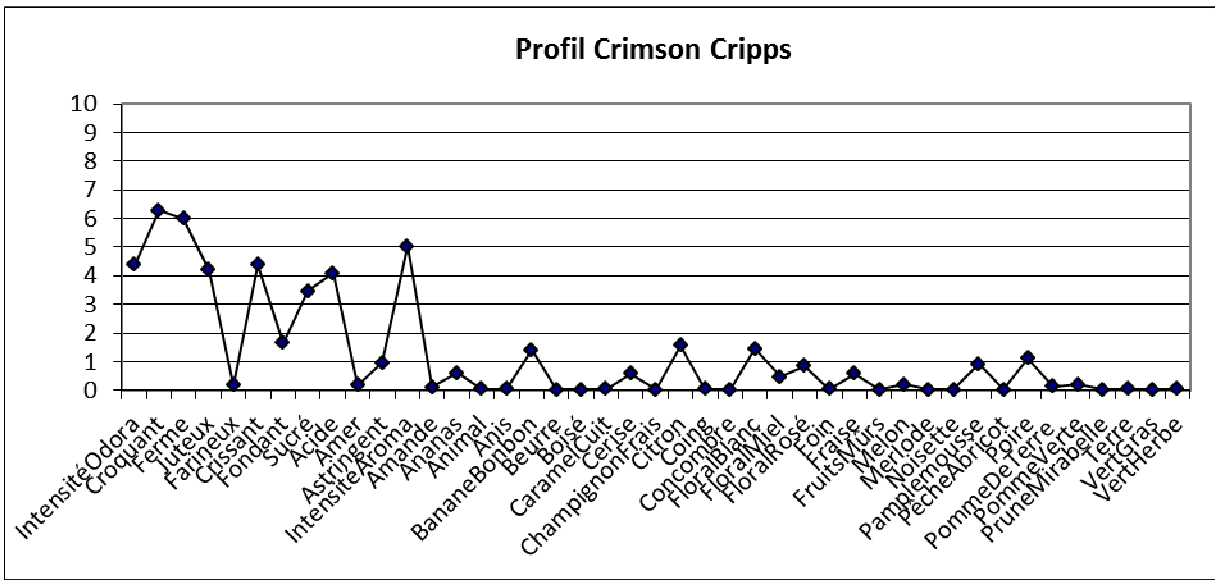

Profil Braeburn
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

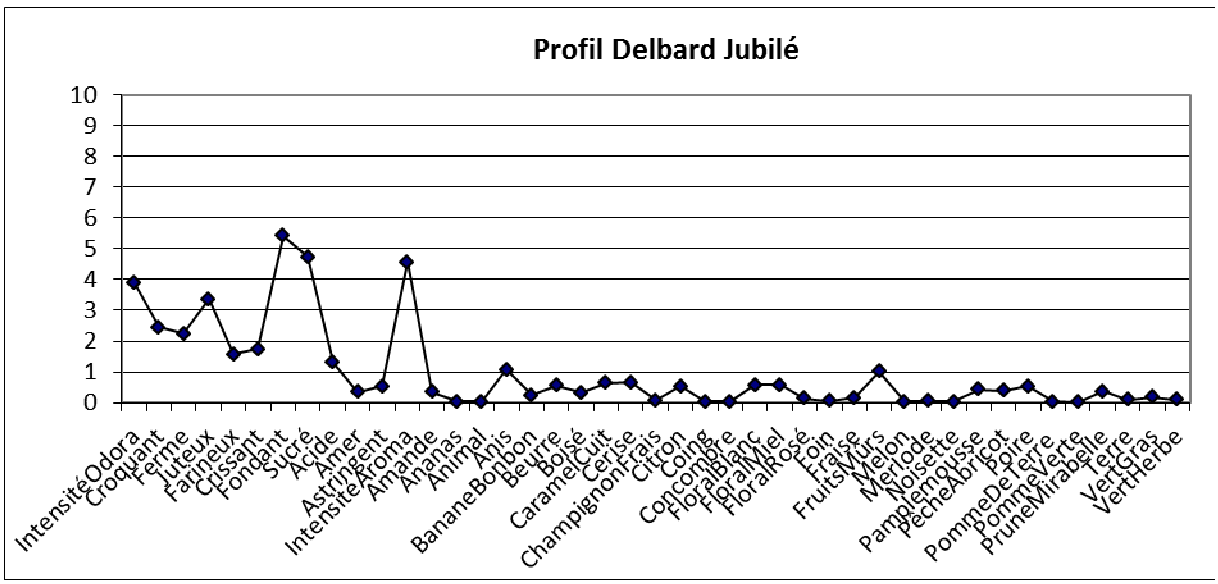

Profil Chailleux
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

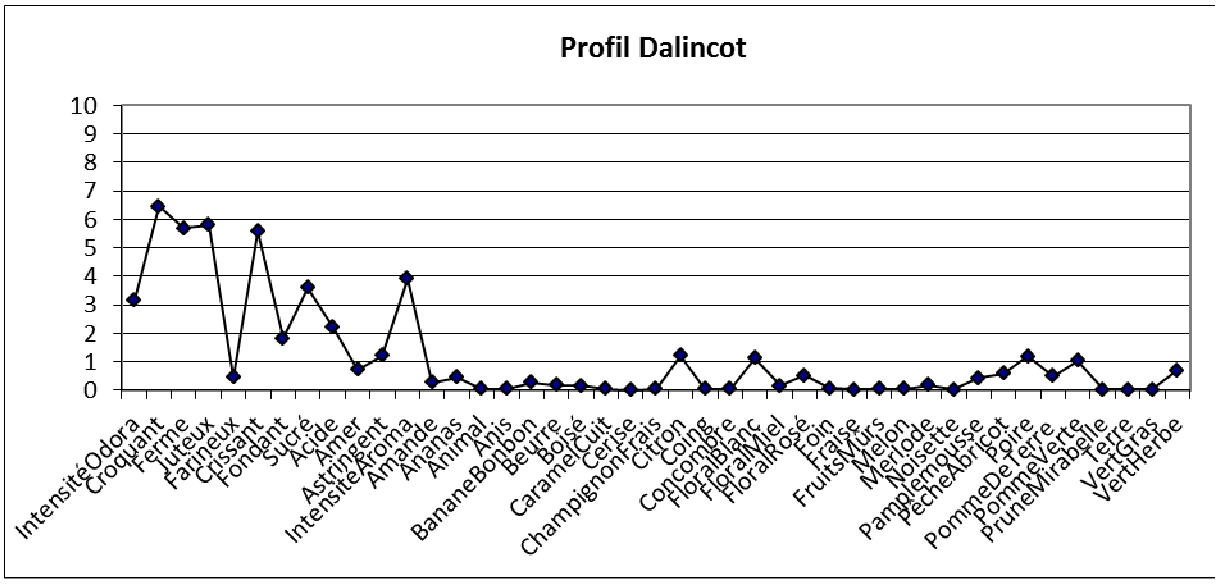

Profil Choupette
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

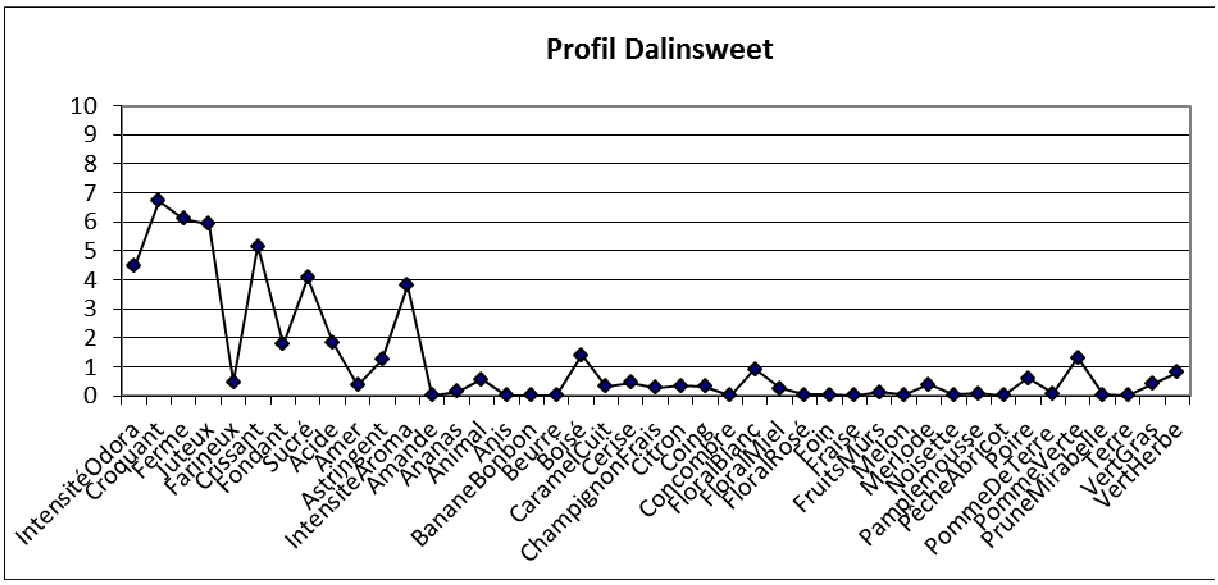

Profil Caméo
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

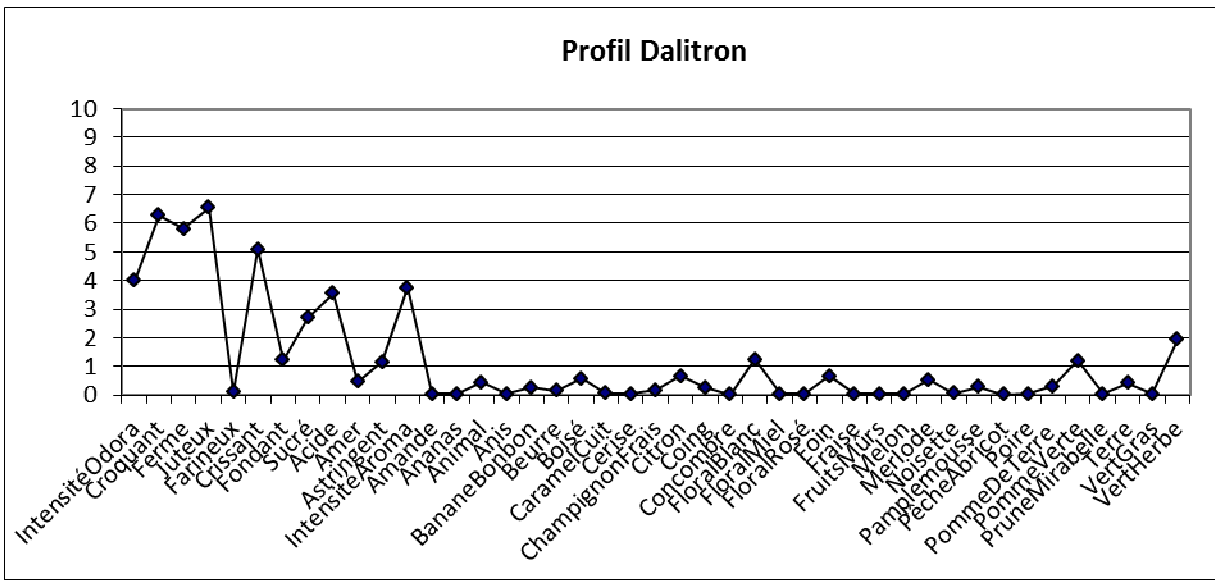

Profil Cox's Orange Pippin
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensiteAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CarameCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

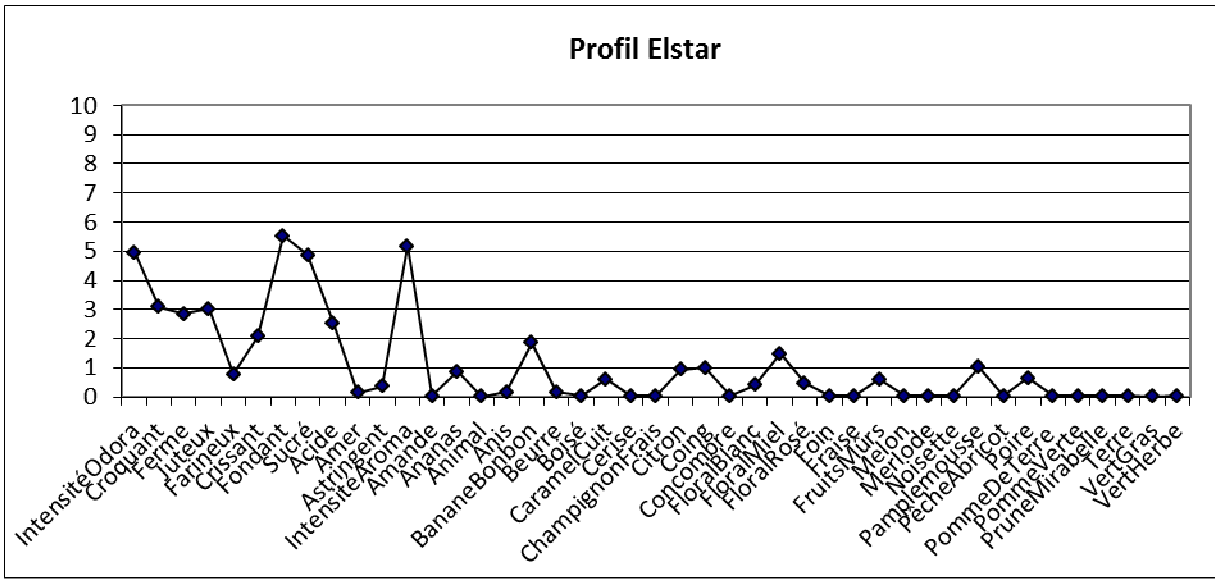

Profil Crimson Cripps
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensiteAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CarameCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

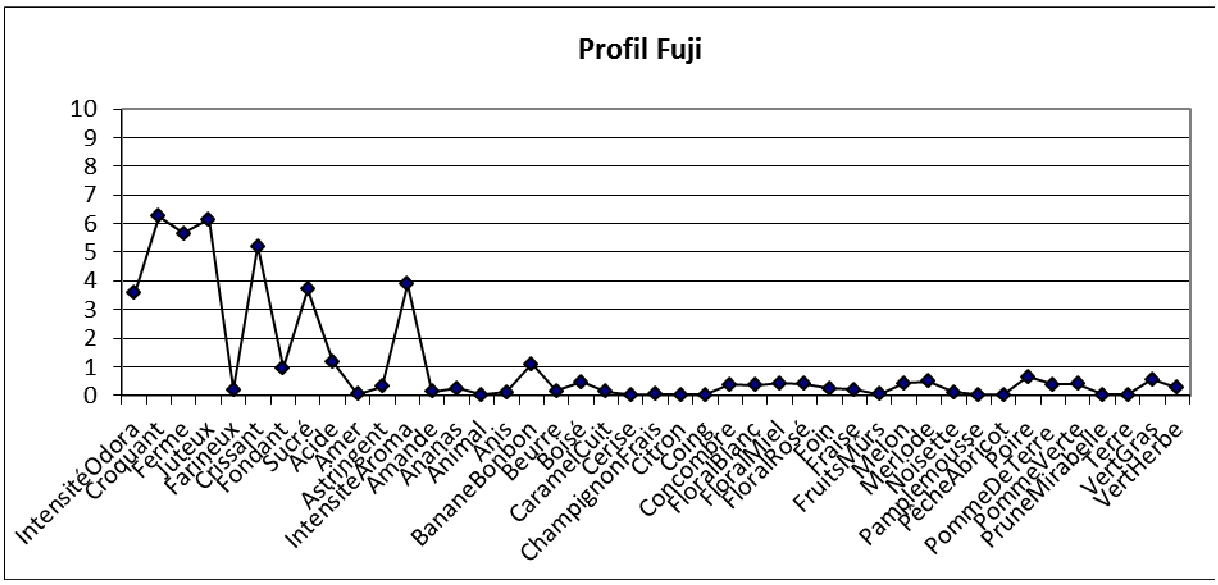

Profil Delbard Jubilé
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensiteAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CarameCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

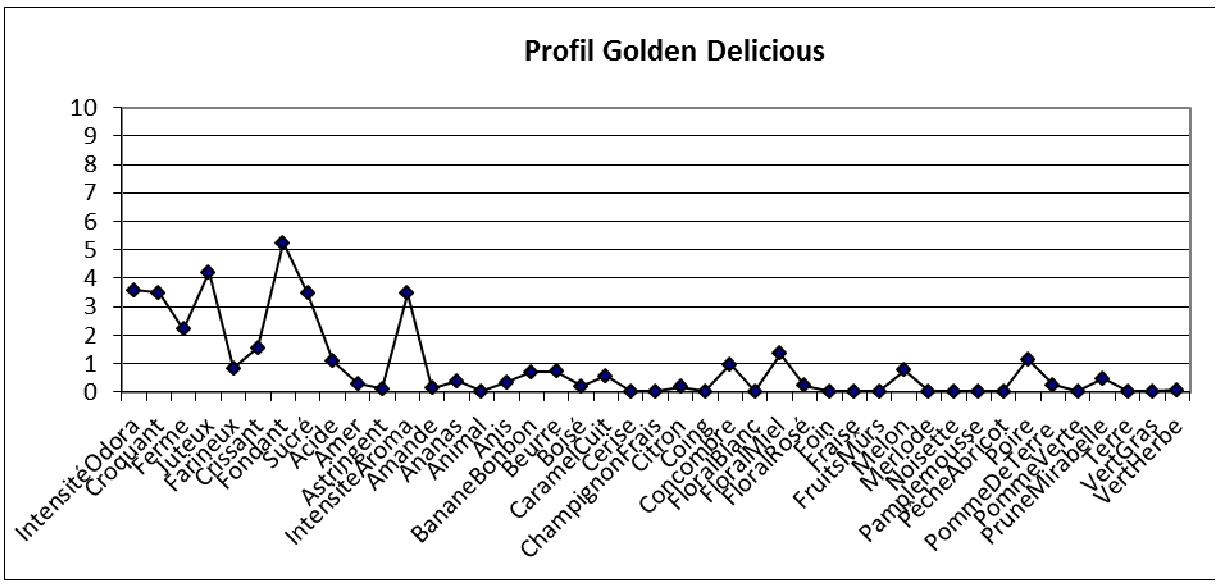

Profil Dalincot
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

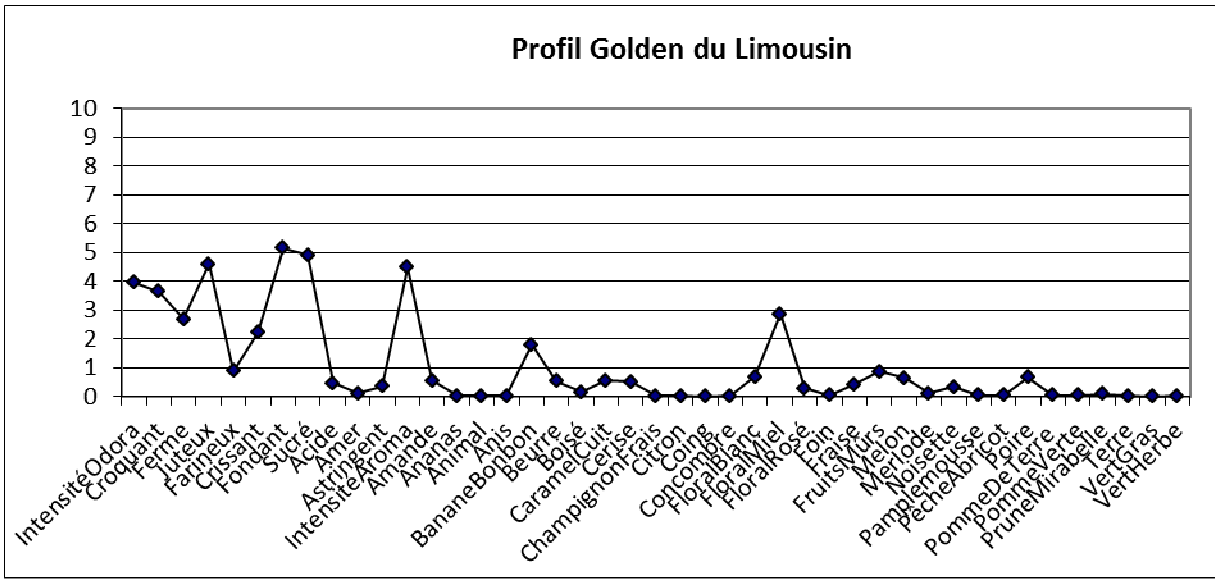

Profil Dalinsweet
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

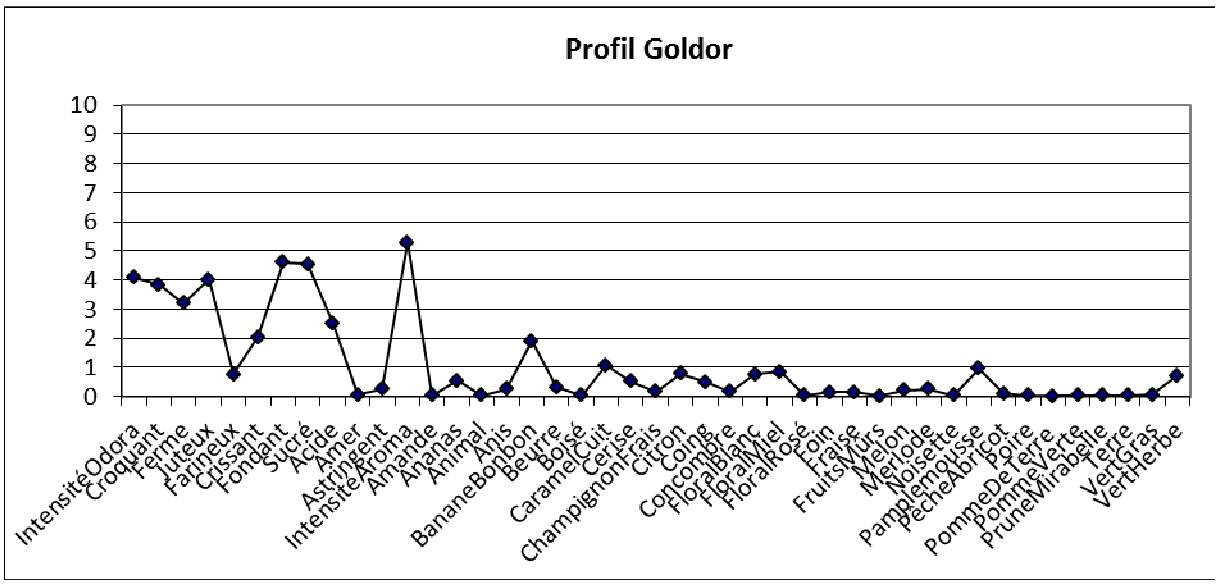

Profil Dalitron
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

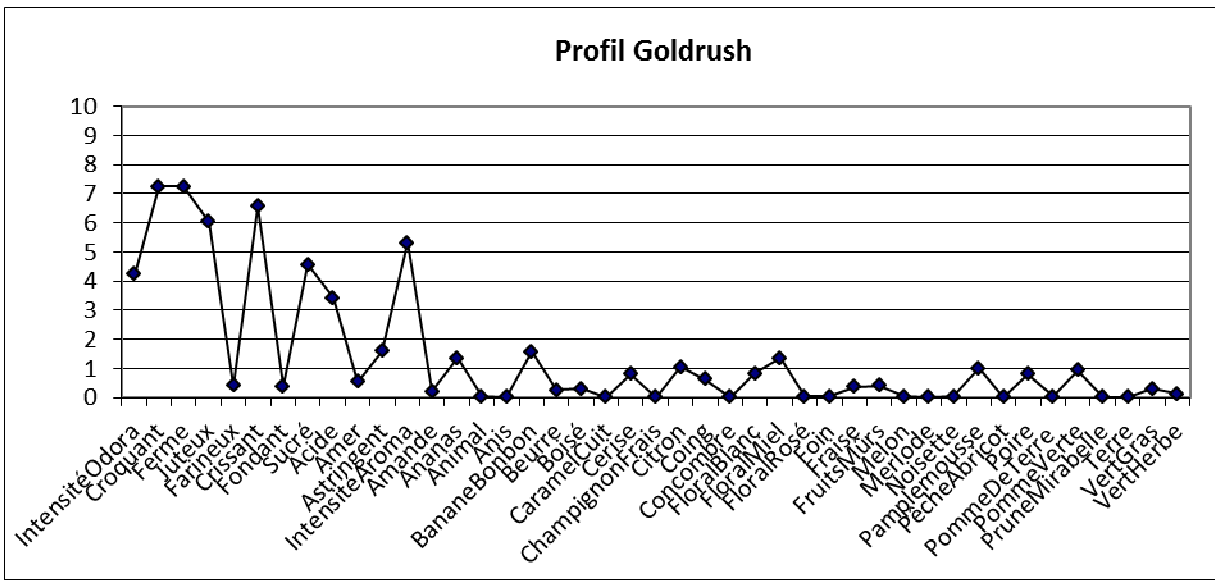

Profil Elstar
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PamplemousseTemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

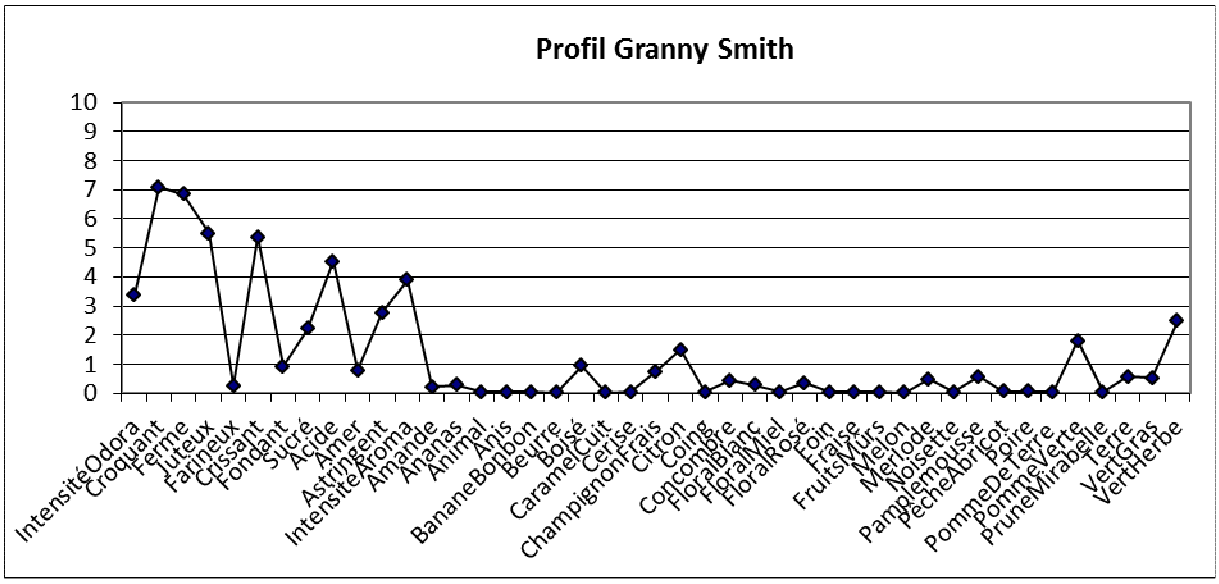

Profil Fuji
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PamplemousseTemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

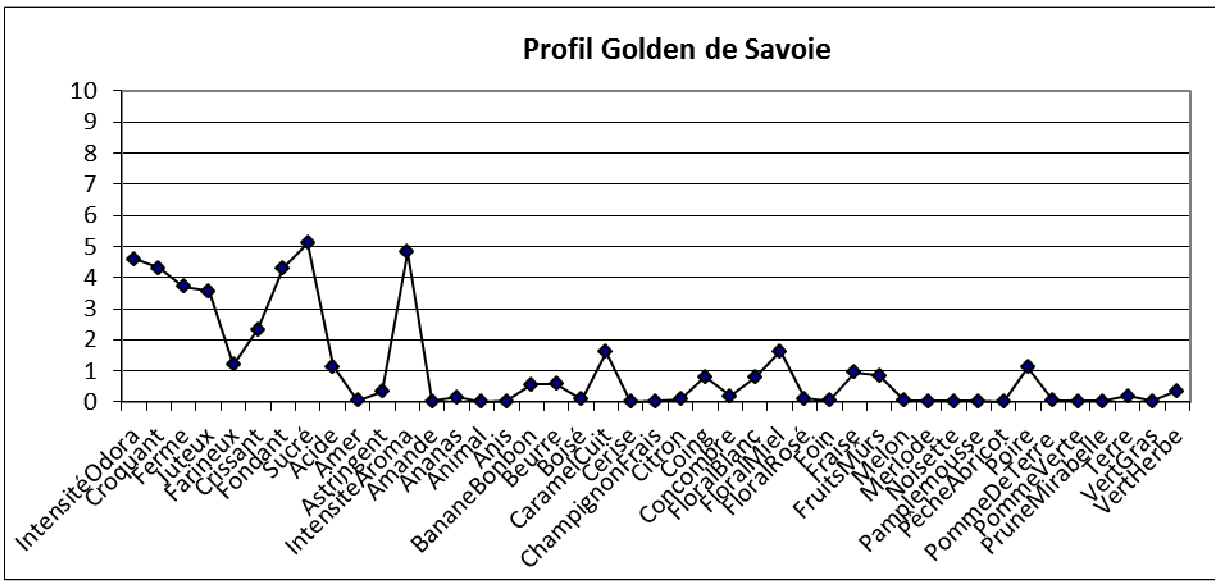

Profil Golden Delicious
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PamplemousseTemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

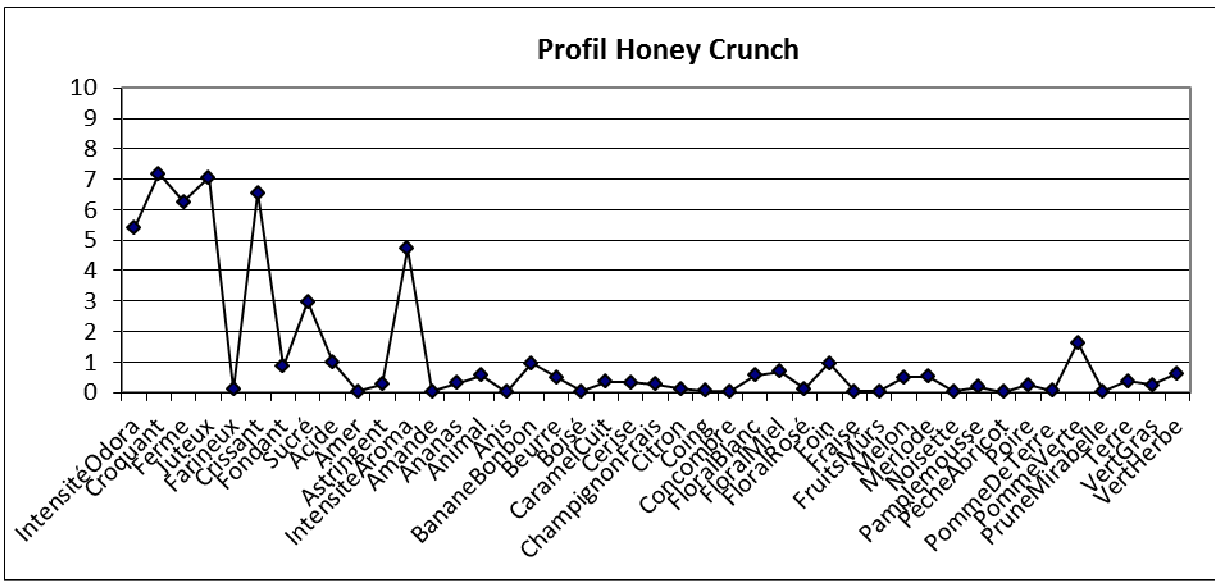

Profil Golden du Limousin
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PamplemousseChair
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

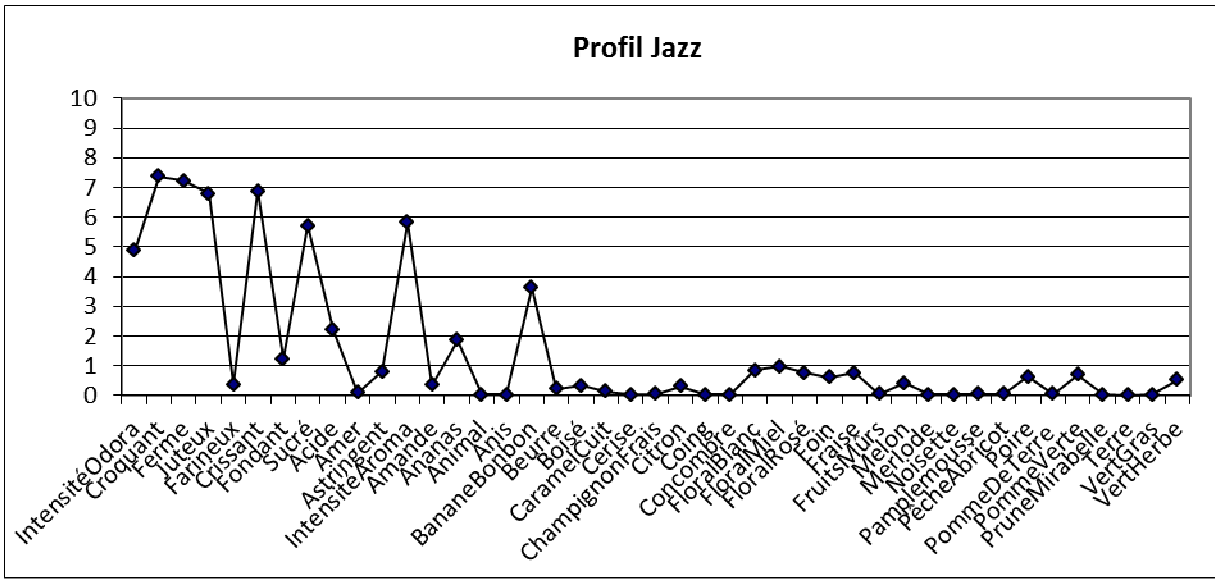

Profil Goldor
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PamplemousseChair
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

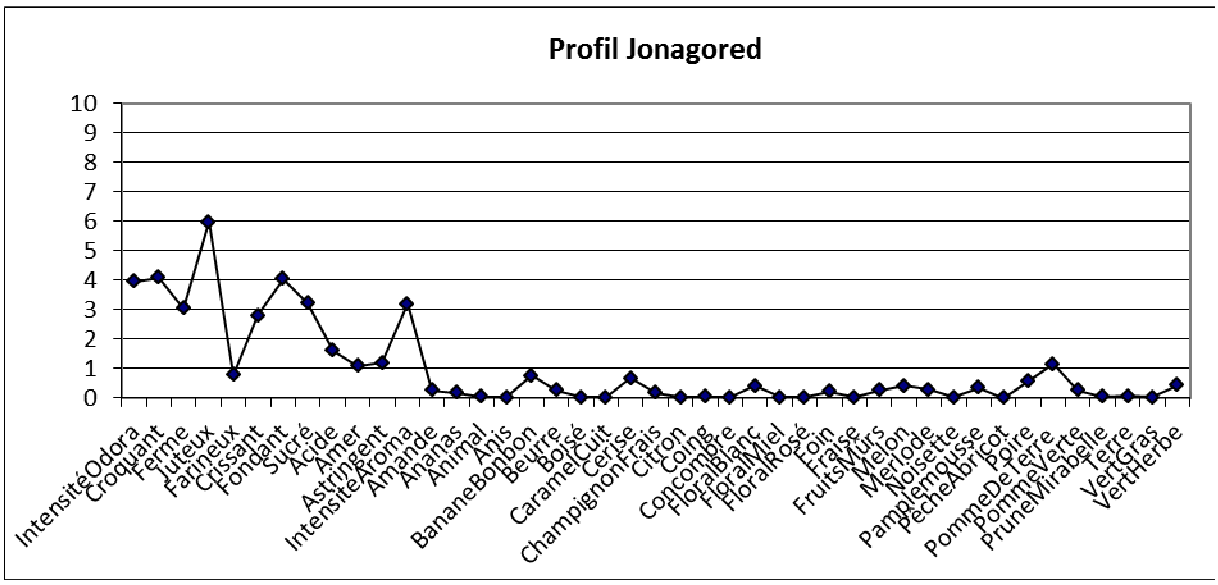

Profil Goldrush
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PamplemousseChair
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

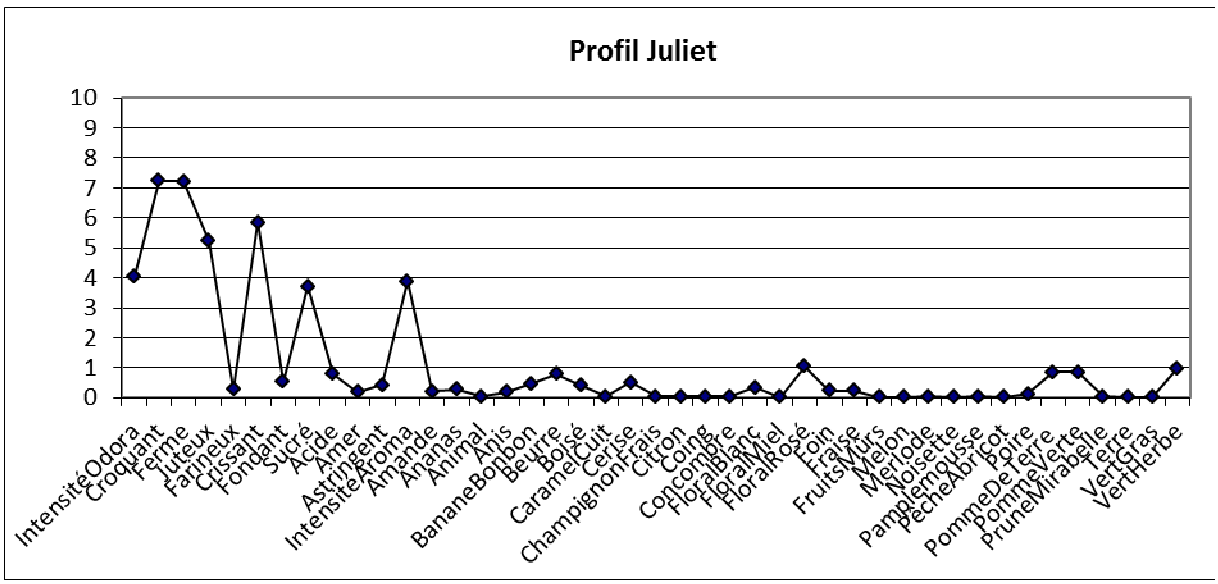

Profil Granny Smith
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMûrs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

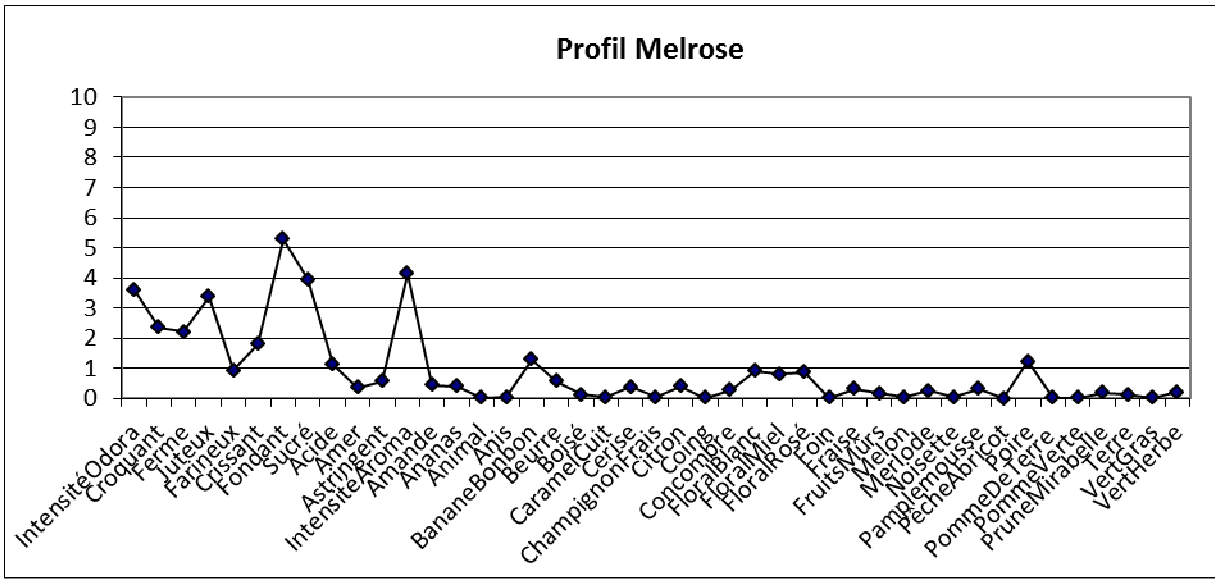

Profil Golden de Savoie
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMûrs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

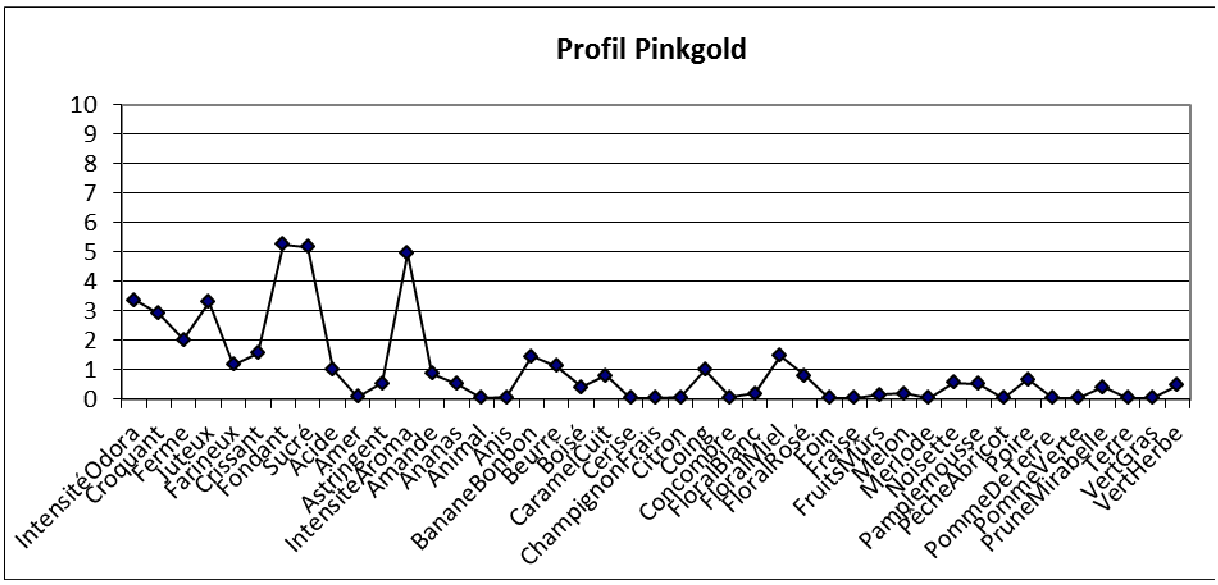

Profil Honey Crunch
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMûrs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

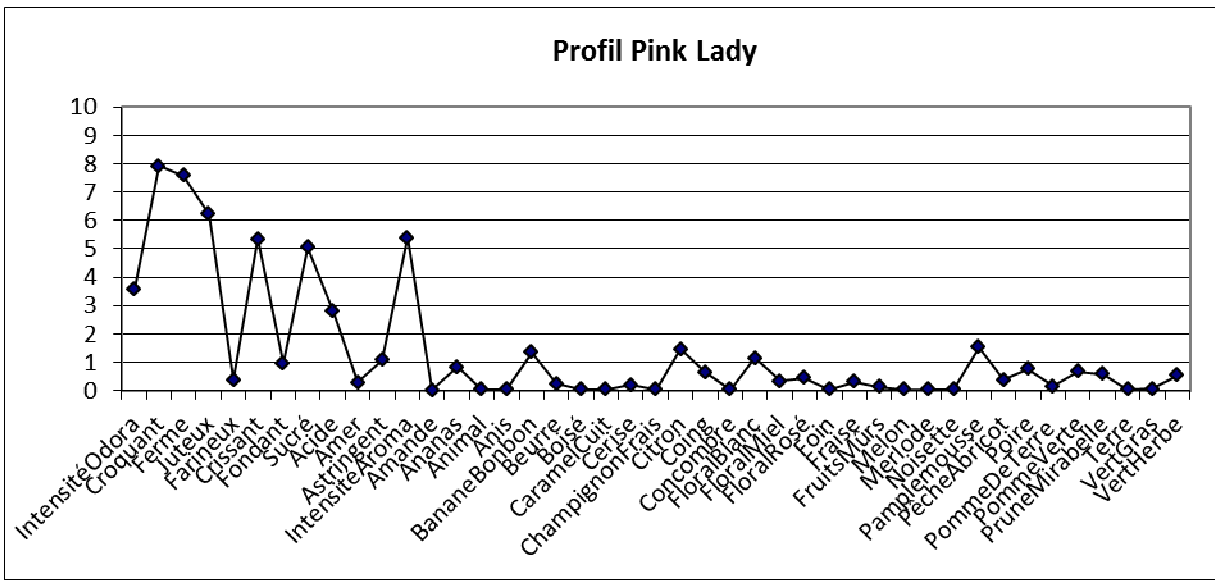

Profil Jazz
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PampleMousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

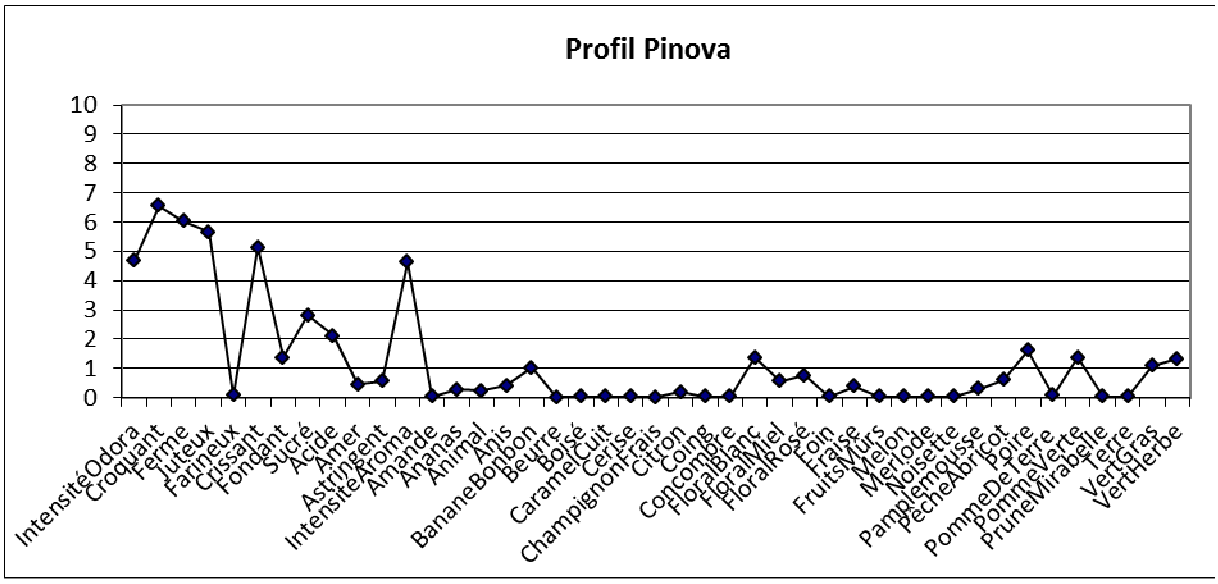

Profil Jonagored
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PampleMousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

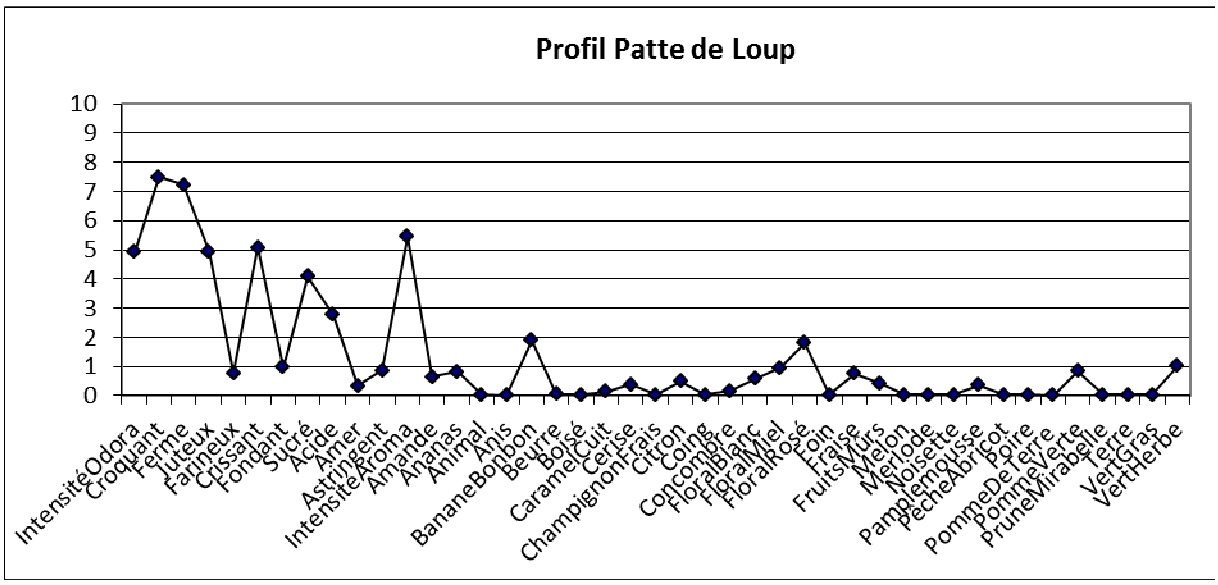

Profil Juliet
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PampleMousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

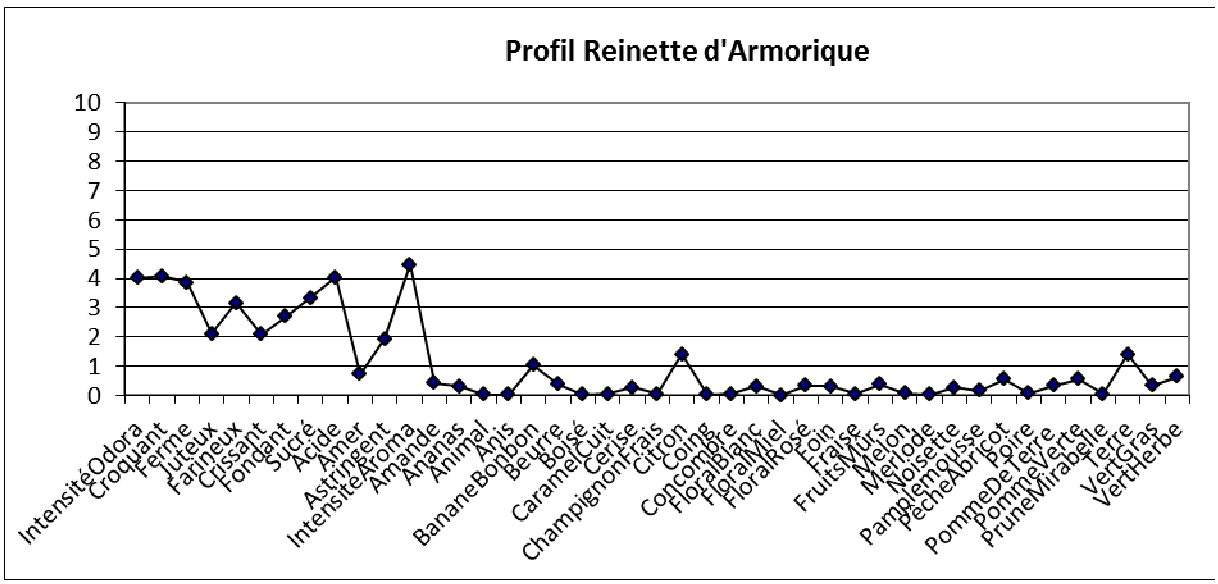

Profil Melrose
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PamplemousseZeste
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

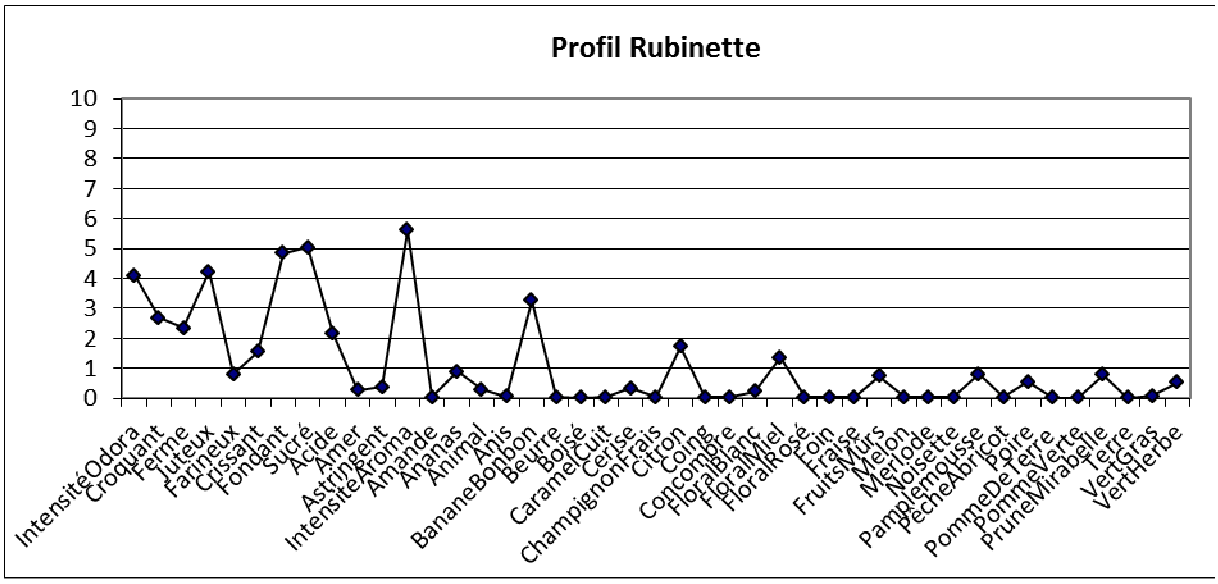

Profil Pinkgold
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PamplemousseZeste
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

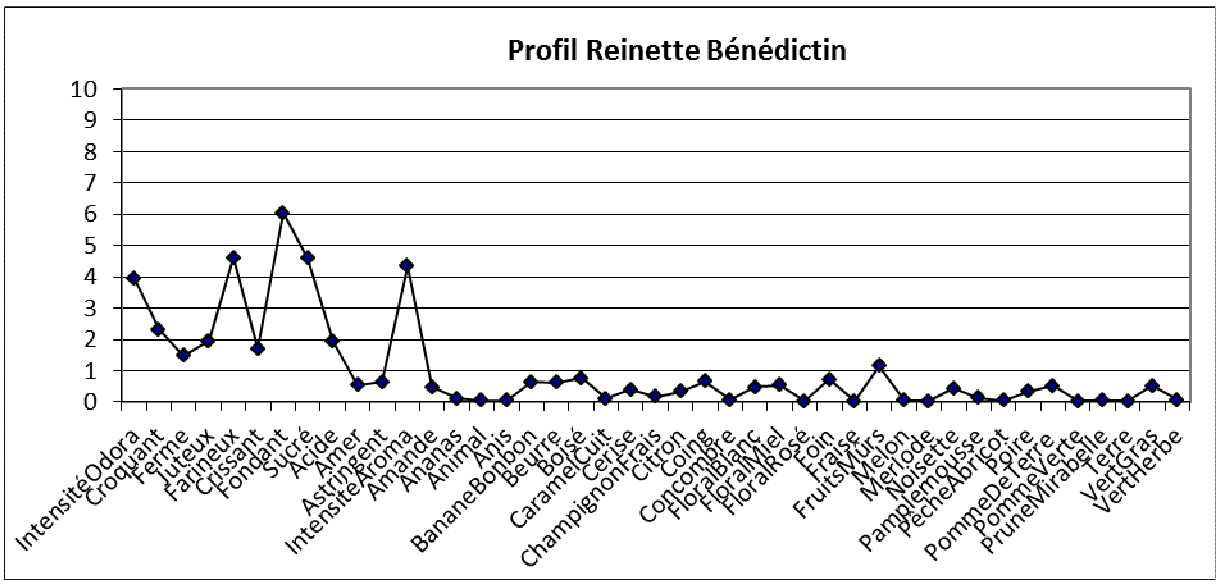

Profil Pink Lady
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PamplemousseZeste
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

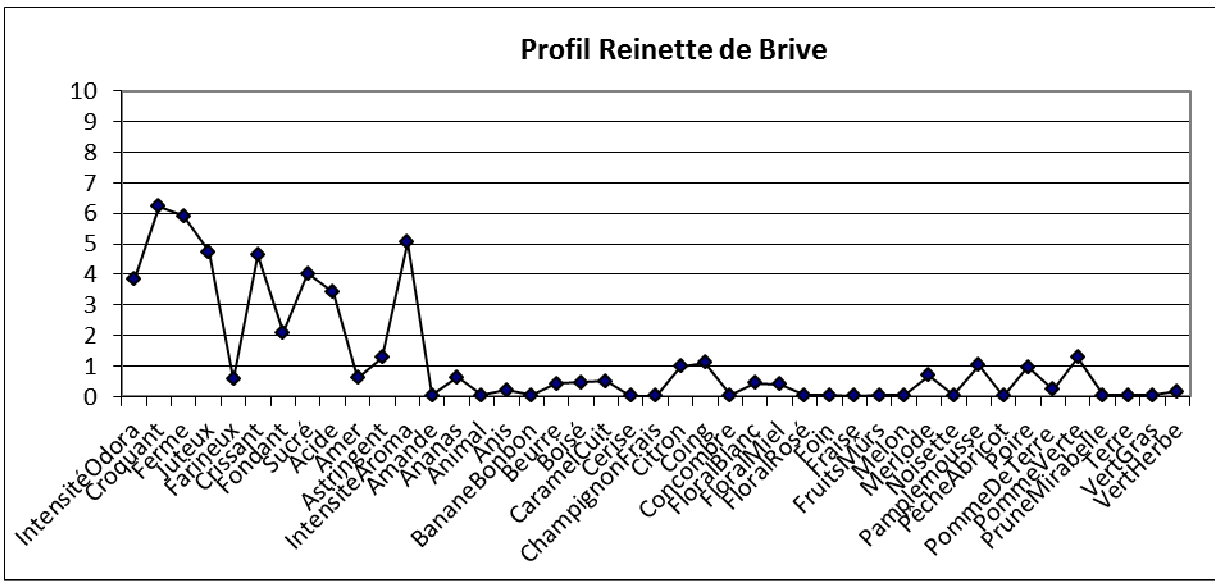

Profil Pinova
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

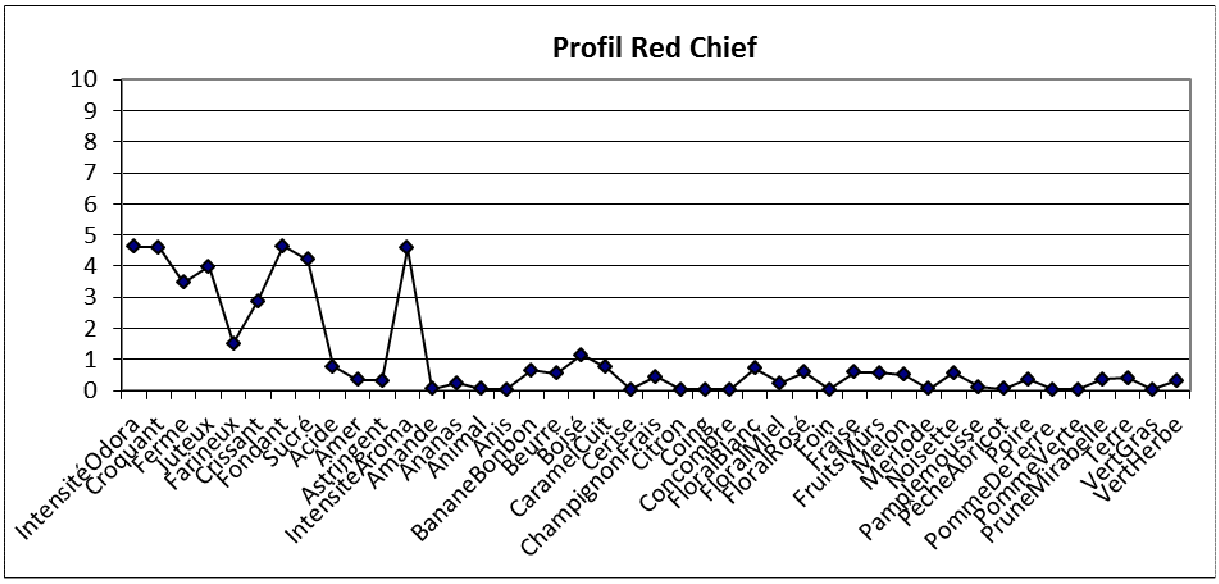

Profil Patte de Loup
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

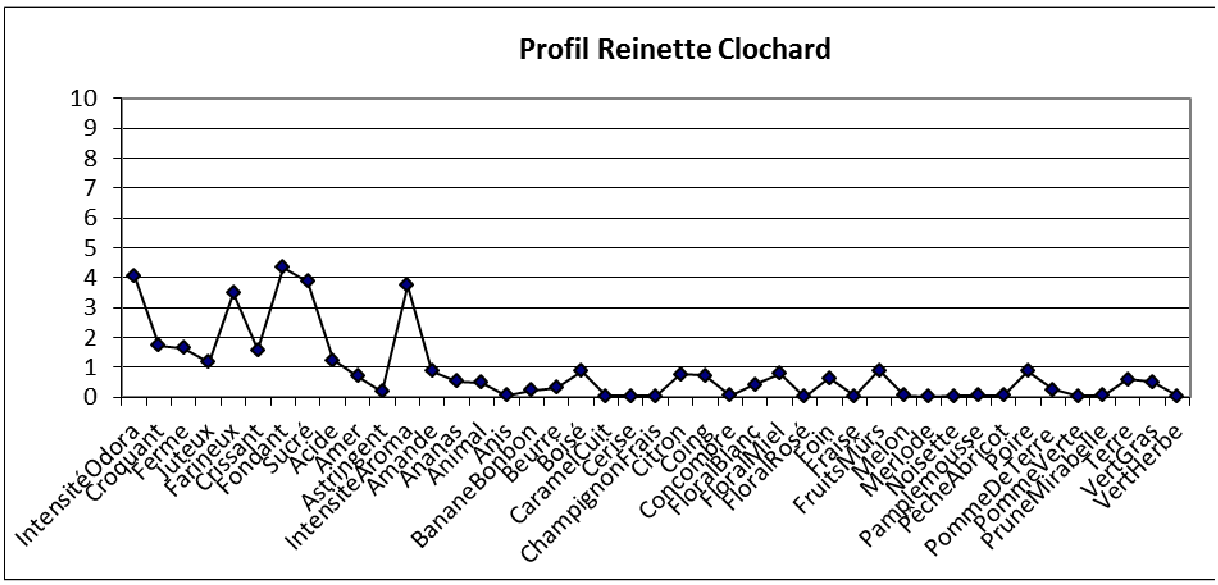

Profil Reinette d'Armorique
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

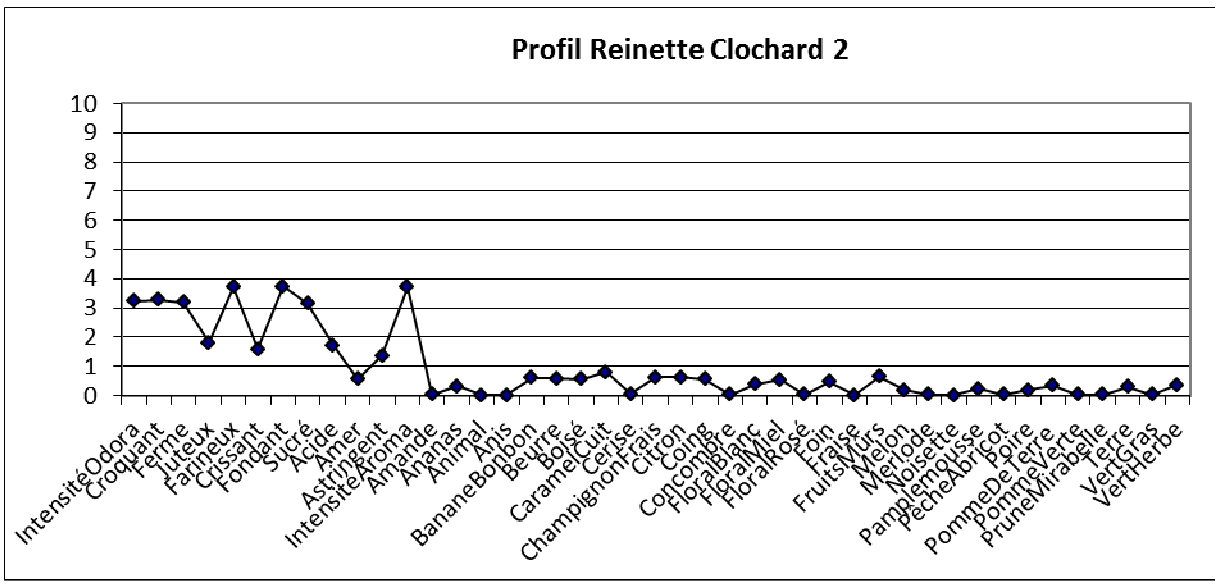

Profil Rubinette
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PamplemousseZeste
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

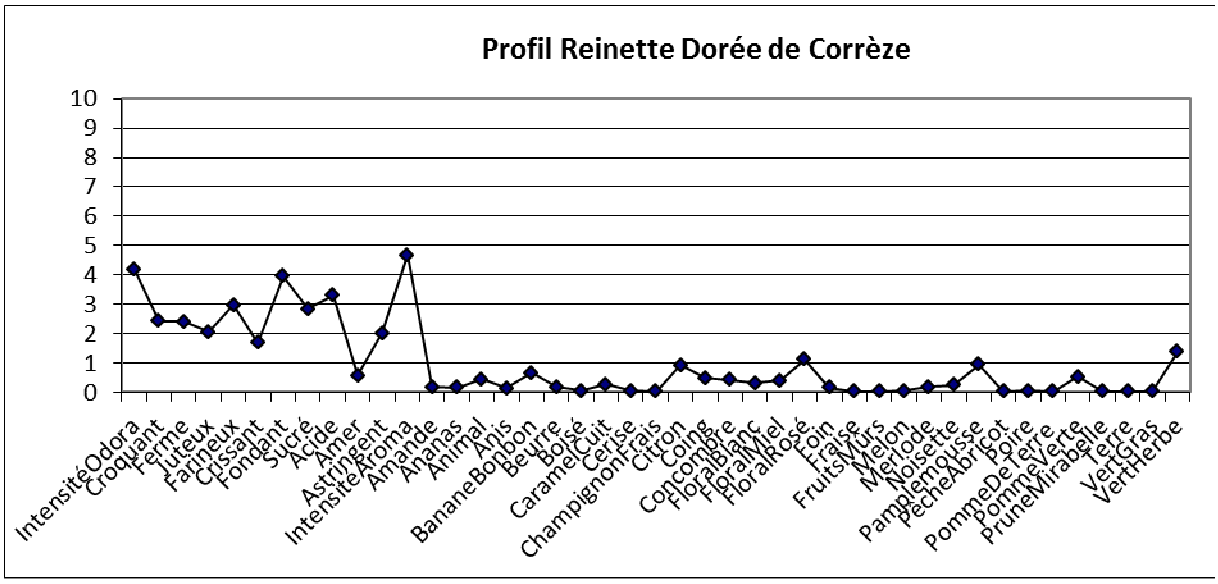

Profil Reinette Bénédictin
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PamplemousseZeste
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

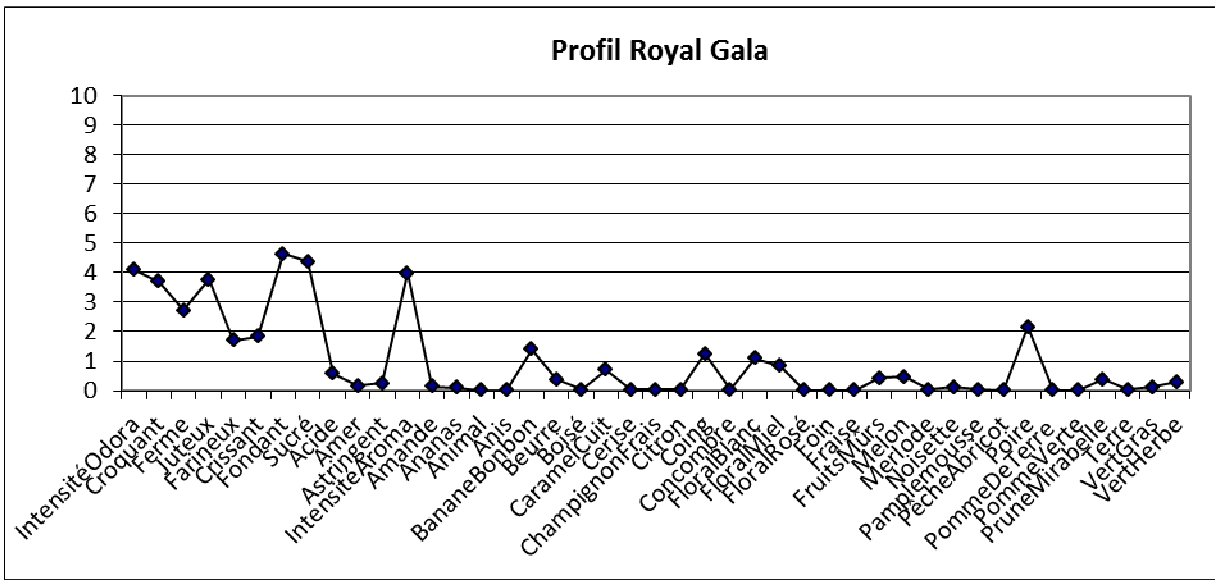

Profil Reinette de Brive
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
PamplemousseZeste
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

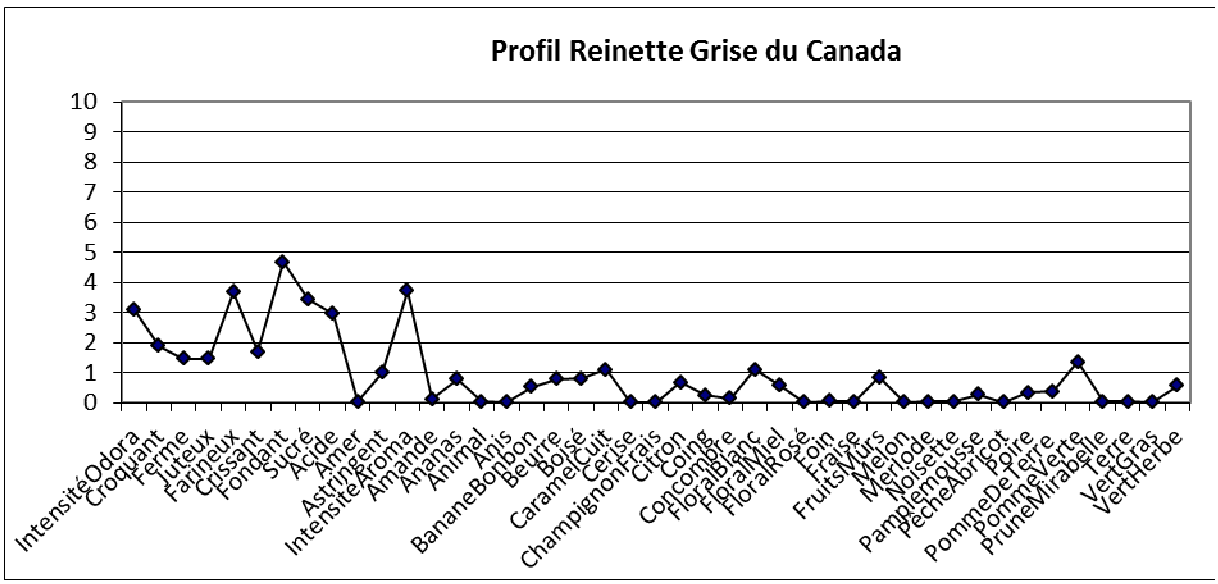

Profil Red Chief
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

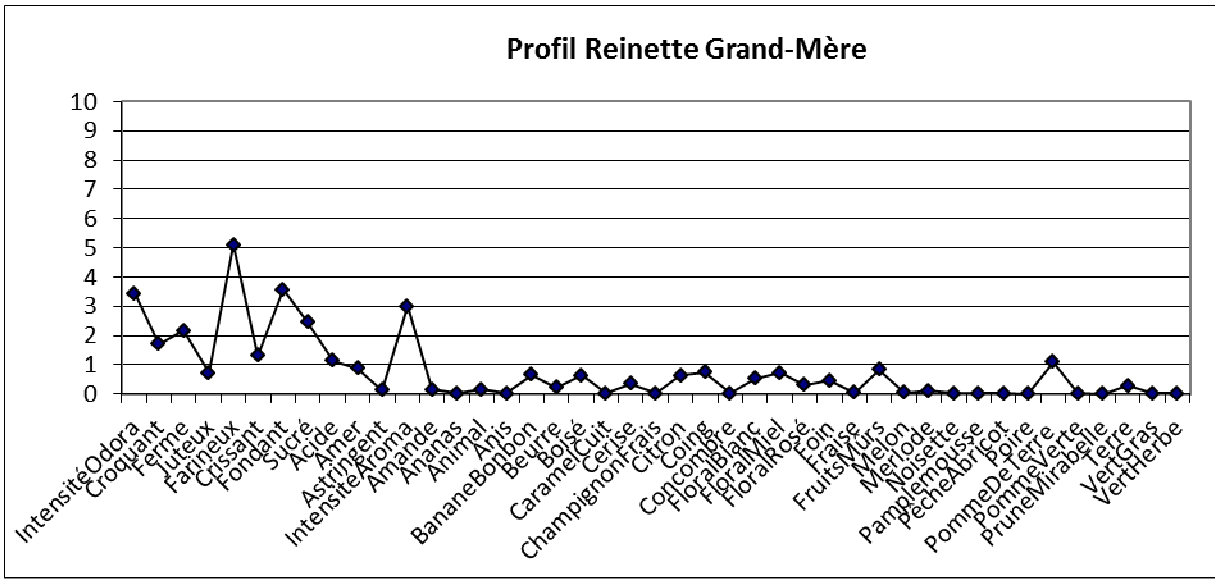

Profil Reinette Clochard
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

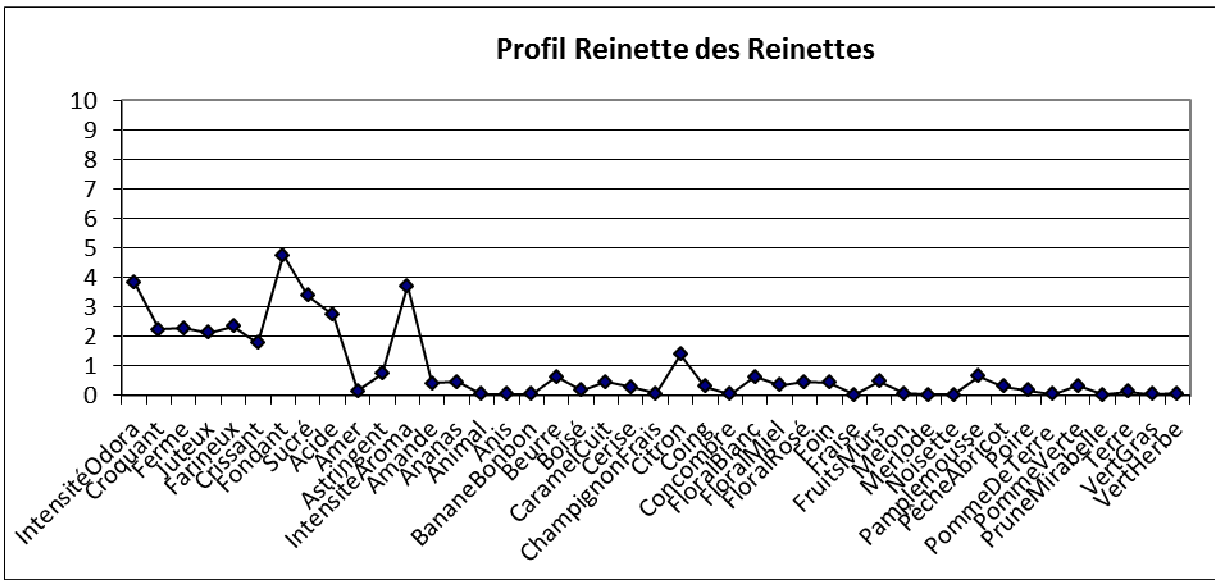

Profil Reinette Clochard 2
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

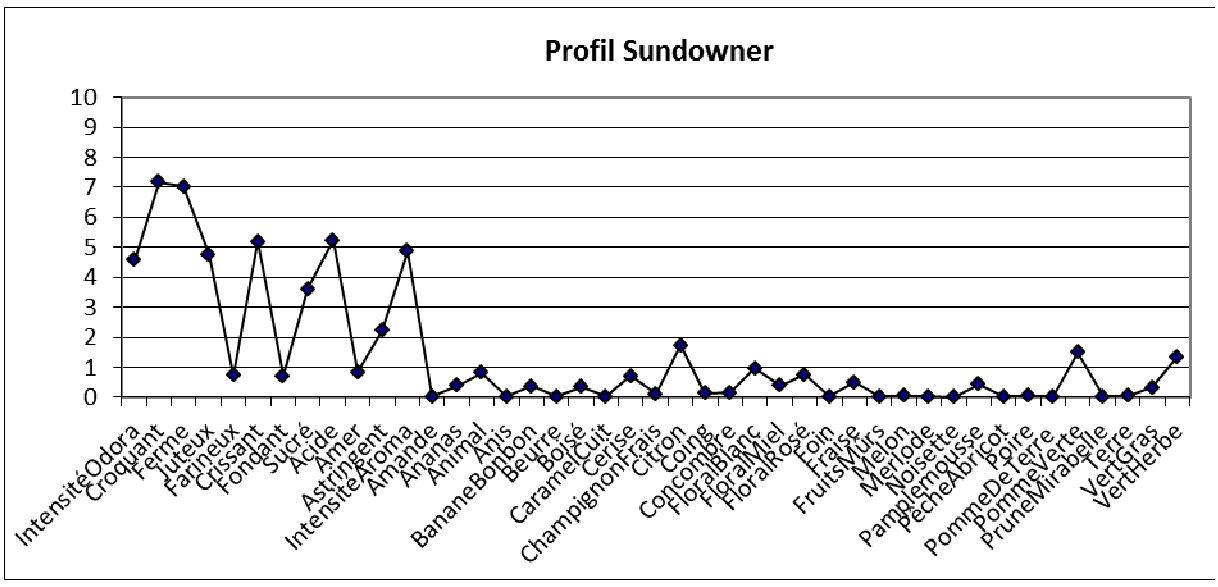

Profil Reinette Dorée de Corrèze
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Croissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMûrs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

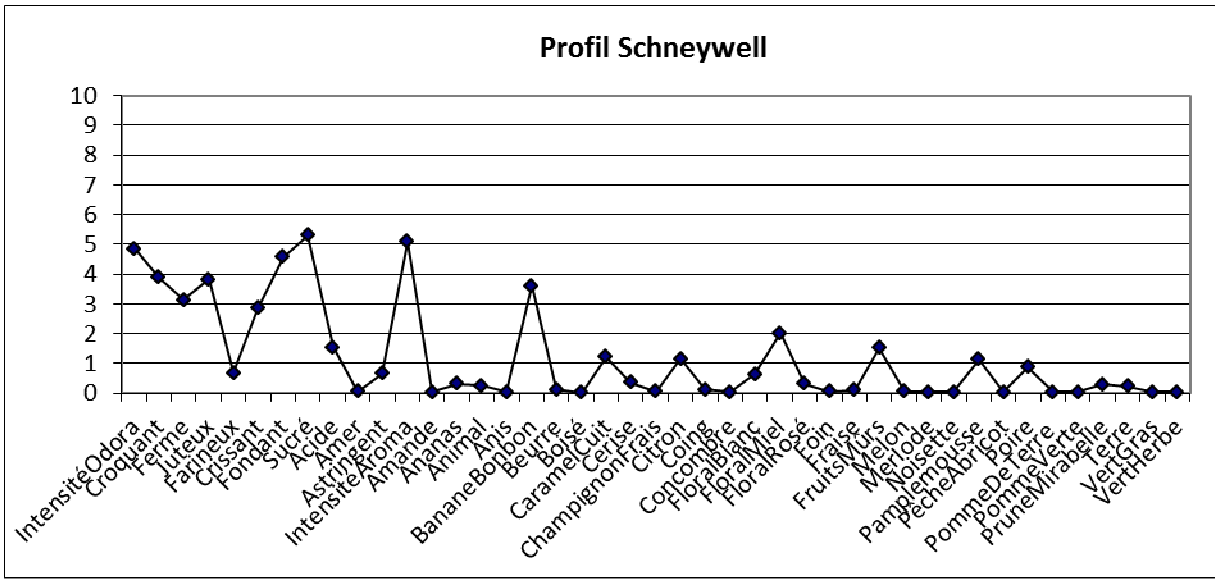

Profil Royal Gala
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Croissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMûrs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

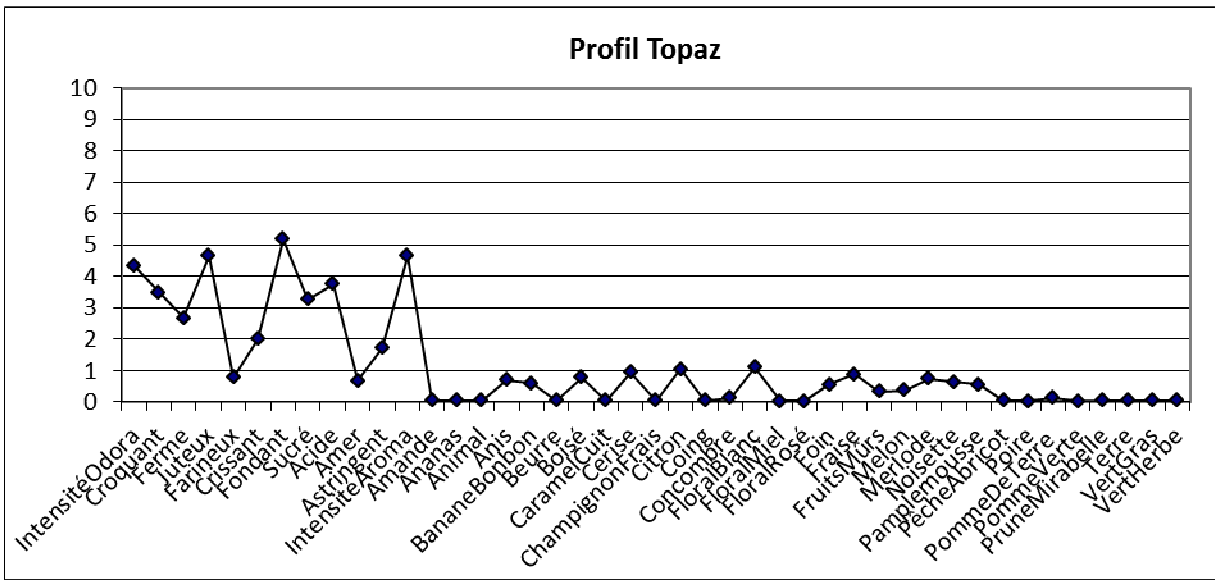

Profil Reinette Grise du Canada
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Croissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMûrs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

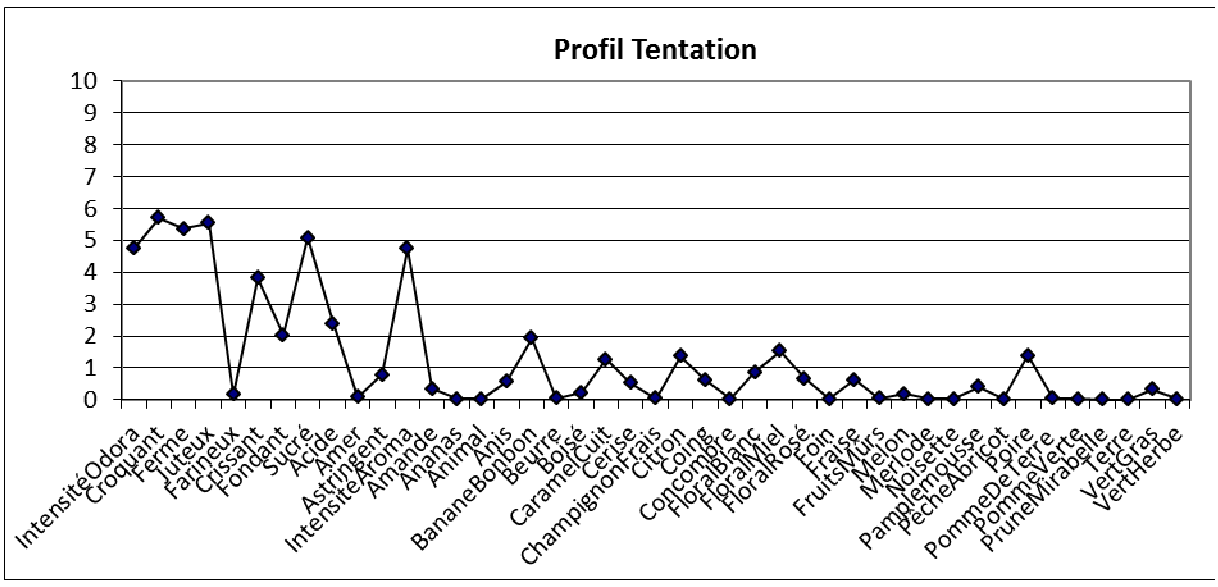

Profil Reinette Grand-Mère
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
 champignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe


Profil Reinette des Reinettes
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe


Profil Sundowner
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMurs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe


Profil Schneywell
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMûrs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe


Profil Topaz
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMûrs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe


Profil Tentation
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IntensitéOdora
Croquant
Ferme
Juteux
Farineux
Crissant
Fondant
Sucré
Acide
Amer
Astringent
IntensitéAroma
Amande
Ananas
Animal
Anis
BananeBonbon
Beurre
Boisé
CaramelCuit
Cerise
ChampignonFrais
Citron
Coing
Concombre
FloralBlanc
FloralMiel
FloralRosé
Foin
Fraise
FruitsMûrs
Melon
Merlode
Noisette
Pamplemousse
PêcheAbricot
Poire
PommeDeTerre
PommeVerte
PruneMirabelle
Terre
VertGras
VertHerbe

Annexe 3 : Moyennes et écart-types des 30 descripteurs pour les 48 variétés

Lots	Int.Odo.Gl.	Croquant	Ferme	Juteux	Farineux	Crissant	Fondant	Sucré	Acide	Astringent	Int.Arom.Gl.	Amande	Ananas	Anis	BananeBonbon	Boisé	CaramelCuit	ChampignonFrais	Citron	Coing	FloralBlanc	FloralMiel	FloralRosé	Foin	FruitsMûrs	Poire	PommeDeTerre	PommeVerte	Terre	VertHerbe
ANT	2,44 ±2,17	5,8 ±2,55	5,17 ±2,72	5,52 ±1,72	0,18 ±0,49	4,16 ±2,36	1,25 ±1,5	1,75 ±1,1	3,18 ±2,22	1,28 ±1,92	3,05 ±2,12	0,12 ±0,3	0,31 ±1,02	0,05 ±0,07	0,3 ±0,99	0,65 ±1,51	0,05 ±0,09	0,05 ±0,11	0,82 ±2,25	0,03 ±0,06	0,78 ±1,88	0,03 ±0,09	0,02 ±0,04	0,13 ±0,28	0,04 ±0,07	0,04 ±0,07	0,44 ±1,05	2,66 ±3,03	0,33 ±1,1	1,24 ±2,16
ARI	3,64 ±1,9	5,94 ±1,49	5,51 ±1,83	4,43 ±2,12	0,34 ±0,84	4,58 ±1,96	1,3 ±1,18	3,69 ±2,24	2,14 ±1,81	1,09 ±1,52	4,19 ±2,06	0,44 ±0,84	0,47 ±1,28	0,03 ±0,05	0,62 ±1,36	0,19 ±0,67	0,04 ±0,06	0,04 ±0,06	0,69 ±1,28	0,36 ±1,25	1,44 ±2,66	0,04 ±0,06	0,3 ±1,04	0,16 ±0,42	0,07 ±0,14	0,56 ±1,39	0,58 ±1,55	0,39 ±1,22	0,04 ±0,06	0,53 ±1,3
BC	5,13 ±1,90	4,05 ±1,78	3,71 ±1,89	2,55 ±1,32	1,80 ±2,22	1,69 ±1,42	4,50 ±1,69	4,78 ±1,73	1,48 ±1,48	0,79 ±1,61	5,14 ±1,72	0,02 ±0,06	0,05 ±0,11	0,21 ±0,63	3,42 ±2,78	0,09 ±0,25	0,64 ±1,25	0,09 ±0,22	0,87 ±1,51	0,57 ±1,22	0,72 ±1,64	0,85 ±1,8	0,80 ±1,75	0,04 ±0,05	0,05 ±0,07	0,43 ±1,35	0,04 ±0,07	0,04 ±0,07	0,03 ±0,08	0,10 ±0,22
BC2	4,49 ±2,29	2,57 ±2,10	2,41 ±1,8	3,45 ±1,93	1,55 ±1,44	1,49 ±1,7	5,24 ±2,31	5,67 ±2,44	1,31 ±1,31	0,18 ±0,43	5,96 ±1,49	0,47 ±1,65	1,25 ±2,18	0,67 ±1,78	1,71 ±2,55	0,24 ±0,74	0,25 ±0,91	0,04 ±0,05	0,41 ±1,49	0,77 ±1,93	0,56 ±1,31	2,11 ±2,71	0,65 ±1,53	0,02 ±0,04	0,58 ±1,72	0,72 ±1,77	0,02 ±0,06	0,04 ±0,05	0,04 ±0,05	0,04 ±0,08
BK	4,18 ±2,01	2,60 ±1,19	2,02 ±1,14	2,15 ±1,56	2,38 ±2,04	1,78 ±1,62	4,69 ±1,85	2,88 ±1,37	4,03 ±1,9	1,38 ±1,87	4,82 ±2,28	0,03 ±0,09	0,62 ±1,52	0,02 ±0,06	0,02 ±0,06	0,21 ±0,51	0,39 ±1,06	0,4 ±1,26	2,2 ±2,31	0,72 ±2,52	0,55 ±1,31	0,05 ±0,09	0,13 ±0,38	0,03 ±0,05	0,04 ±0,07	0,03 ±0,09	0,02 ±0,06	0,96 ±2,12	0,40 ±1,32	1,47 ±2,13
BR	4,75 ±1,96	5,33 ±2,13	4,25 ±2,4	5,63 ±1,94	0,56 ±1,11	3,15 ±2,68	3,26 ±2,31	4,22 ±1,67	3,58 ±1,79	0,44 ±0,69	4,52 ±1,89	0,04 ±0,08	0,63 ±1,81	0,05 ±0,08	1,48 ±2,42	0,03 ±0,05	0,02 ±0,04	0,02 ±0,04	1,35 ±1,45	0,55 ±1,79	0,68 ±1,28	0,61 ±1,95	0,45 ±1,49	0,03 ±0,06	0,46 ±1,6	0,95 ±1,87	0,03 ±0,05	0,98 ±2,00	0,03 ±0,05	0,32 ±1,02
CHA	3,94 ±1,98	1,38 ±0,94	1,08 ±0,79	1,05 ±1,04	3,85 ±2,57	0,65 ±1,04	5,38 ±2,82	4,09 ±2,13	2,32 ±2,09	0,91 ±0,99	3,78 ±2,00	0,12 ±0,3	0,3 ±0,91	0,02 ±0,06	0,33 ±1,07	0,91 ±1,63	0,98 ±1,84	1,14 ±2,16	0,28 ±0,71	1,15 ±2,55	0,05 ±0,07	0,76 ±1,91	0,14 ±0,38	0,16 ±0,47	0,6 ±1,34	0,04 ±0,05	0,03 ±0,06	0,86 ±2,03	0,43 ±1,13	0,58 ±1,73
CHO	4,62 ±1,61	5,58 ±1,61	5,13 ±2,27	3,22 ±1,53	0,91 ±1,02	3,11 ±2,41	2,28 ±1,81	4,84 ±1,79	1,16 ±1,26	0,76 ±1,11	4,95 ±1,72	0,04 ±0,06	0,51 ±1,67	0,03 ±0,06	1,59 ±1,79	0,34 ±1,14	0,15 ±0,45	0,06 ±0,11	0,19 ±0,56	0,35 ±1,11	0,31 ±1,04	0,29 ±1,04	0,30 ±0,98	0,04 ±0,08	0,80 ±1,76	1,21 ±2,46	0,03 ±0,06	0,53 ±1,83	0,03 ±0,06	0,52 ±1,16
CM	3,74 ±2,58	7,17 ±1,17	6,71 ±1,3	6,34 ±2,51	0,07 ±0,11	5,32 ±1,8	1,76 ±1,97	3,90 ±2,03	1,08 ±1,63	0,15 ±0,38	4,41 ±2,02	0,12 ±0,33	0,78 ±1,92	0,16 ±0,47	0,62 ±1,5	0,53 ±1,55	0,13 ±0,38	0,05 ±0,09	0,10 ±0,25	0,09 ±0,25	1,12 ±1,39	0,06 ±0,17	0,12 ±0,25	0,23 ±0,68	0,51 ±1,68	0,65 ±1,61	0,12 ±0,22	0,36 ±0,85	0,10 ±0,22	0,98 ±1,95
COX	4,18 ±2,38	3,63 ±2,27	3,42 ±2,36	2,08 ±1,21	1,80 ±1,73	2,79 ±1,96	3,31 ±2,31	3,36 ±1,67	4,14 ±1,97	1,65 ±1,55	4,98 ±1,68	0,02 ±0,04	1,52 ±2,47	0,23 ±0,71	1,42 ±2,34	0,16 ±0,41	0,11 ±0,3	0,02 ±0,04	2,24 ±2,45	0,86 ±2,39	0,39 ±1,36	0,04 ±0,07	0,62 ±1,46	0,03 ±0,05	0,5 ±1,68	0,36 ±1,18	0,02 ±0,06	0,39 ±1,35	0,02 ±0,04	0,42 ±0,98
CRI	4,38 ±1,92	6,28 ±1,5	5,98 ±1,77	4,19 ±2,05	0,18 ±0,31	4,38 ±1,97	1,65 ±1,28	3,48 ±2,22	4,08 ±1,79	0,96 ±1,19	5,02 ±2,05	0,12 ±0,28	0,62 ±1,47	0,04 ±0,09	1,41 ±2,4	0,02 ±0,04	0,05 ±0,09	0,02 ±0,04	1,57 ±2,16	0,04 ±0,07	1,45 ±2,25	0,46 ±1,55	0,85 ±1,97	0,04 ±0,07	0,02 ±0,04	1,12 ±1,84	0,15 ±0,33	0,2 ±0,45	0,04 ±0,07	0,05 ±0,07
DJU	3,89 ±1,84	2,46 ±1,13	2,24 ±1,25	3,36 ±1,87	1,58 ±1,47	1,74 ±1,08	5,43 ±1,81	4,73 ±2,15	1,30 ±1,38	0,53 ±1,11	4,57 ±2,2	0,34 ±1,14	0,04 ±0,06	1,09 ±2,1	0,24 ±0,77	0,34 ±1,14	0,64 ±1,94	0,09 ±0,21	0,53 ±1,34	0,03 ±0,05	0,58 ±1,18	0,57 ±1,42	0,14 ±0,4	0,05 ±0,08	1,01 ±2,03	0,53 ±1,43	0,04 ±0,06	0,02 ±0,04	0,11 ±0,29	0,1 ±0,14
DLC	3,16 ±1,78	6,46 ±1,3	5,7 ±2,08	5,81 ±1,97	0,45 ±0,75	5,57 ±1,59	1,84 ±1,94	3,61 ±2,33	2,21 ±1,63	1,22 ±1,42	3,91 ±1,76	0,27 ±0,69	0,46 ±1,62	0,04 ±0,06	0,28 ±0,93	0,16 ±0,31	0,04 ±0,09	0,04 ±0,09	1,23 ±1,73	0,04 ±0,05	1,14 ±1,82	0,16 ±0,39	0,51 ±1,52	0,08 ±0,14	0,04 ±0,05	1,19 ±2,4	0,49 ±1,2	1,04 ±2,13	0,03 ±0,05	0,69 ±1,87
DLS	4,48 ±2,29	6,72 ±2,42	6,11 ±2,4	5,94 ±1,75	0,49 ±0,61	5,16 ±2,31	1,78 ±2,19	4,09 ±2,4	1,83 ±1,54	1,26 ±1,47	3,81 ±2,13	0,03 ±0,05	0,16 ±0,48	0,01 ±0,05	0,01 ±0,04	1,42 ±2,06	0,33 ±1,12	0,29 ±0,93	0,35 ±0,92	0,34 ±0,79	0,93 ±1,69	0,26 ±0,79	0,04 ±0,05	0,04 ±0,06	0,13 ±0,4	0,61 ±1,55	0,09 ±0,24	1,31 ±2,23	0,02 ±0,06	0,81 ±1,31
DLT	4 ,00 ±1,69	6,28 ±1,58	5,8 ±1,5	6,54 ±1,42	0,11 ±0,18	5,08 ±2,23	1,22 ±1,32	2,69 ±1,82	3,56 ±2,84	1,16 ±1,78	3,76 ±1,71	0,04 ±0,11	0,05 ±0,09	0,04 ±0,09	0,27 ±0,6	0,58 ±1,14	0,05 ±0,09	0,18 ±0,55	0,66 ±1,05	0,27 ±0,88	1,25 ±2,33	0,05 ±0,09	0,05 ±0,08	0,66 ±1,82	0,04 ±0,07	0,04 ±0,07	0,3 ±0,96	1,21 ±1,93	0,43 ±1,46	1,93 ±2,68
ELS	4,97 ±2,08	3,10 ±1,63	2,84 ±1,73	3,03 ±1,71	0,78 ±1,2	2,08 ±1,91	5,53 ±1,7	4,87 ±1,94	2,53 ±1,92	0,38 ±0,65	5,18 ±1,86	0,03 ±0,06	0,88 ±1,58	0,18 ±0,49	1,86 ±2,6	0,03 ±0,06	0,62 ±1,9	0,04 ±0,11	0,93 ±1,68	1,01 ±2,18	0,41 ±0,97	1,48 ±2,41	0,48 ±1,46	0,03 ±0,06	0,62 ±1,9	0,66 ±1,68	0,03 ±0,05	0,03 ±0,07	0,03 ±0,06	0,03 ±0,09

Lots	Int.Odo.Gl.	Croquant	Ferme	Juteux	Farineux	Crissant	Fondant	Sucré	Acide	Astringent	Int.Arom.Gl.	Amande	Ananas	Anis	BananeBonbon	Boisé	CaramelCuit	ChampignonFrais	Citron	Coing	FloralBlanc	FloralMiel	FloralRosé	Foin	FruitsMûrs	Poire	PommeDeTerre	PommeVerte	Terre	VertHerbe
	3,58	6,26	5,65	6,14	0,2	5,21	0,97	3,72	1,17	0,32	3,89	0,15	0,25	0,12	1,11	0,48	0,15	0,05	0,03	0,02	0,35	0,44	0,42	0,25	0,04	0,66	0,38	0,42	0,03	0,26
FJ	±1,72	±1,72	±1,85	±1,79	±0,4	±1,89	±1,21	±2,1	±1,81	±0,49	±1,73	±0,44	±0,8	±0,27	±2,15	±1,31	±0,35	±0,05	±0,06	±0,04	±1,22	±1,46	±1,41	±0,74	±0,05	±1,6	±0,92	±1,38	±0,05	±0,74
	3,59	3,49	2,2	4,22	0,85	1,55	5,24	3,47	1,08	0,11	3,48	0,14	0,39	0,34	0,71	0,2	0,57	0,02	0,19	0,04	0,03	1,36	0,23	0,02	0,02	1,15	0,25	0,03	0,04	0,06
GD	±2,32	±1,88	±1,83	±1,70	±1,35	±2,02	±1,93	±2,19	±1,05	±0,19	±2,07	±0,39	±1,09	±0,93	±1,6	±0,57	±1,12	±0,04	±0,58	±0,07	±0,05	±2,11	±0,77	±0,04	±0,04	±2,34	±0,77	±0,05	±0,05	±0,09
	3,95	3,64	2,69	4,59	0,88	2,23	5,15	4,9	0,48	0,35	4,49	0,55	0,02	0,03	1,81	0,16	0,55	0,03	0,02	0,01	0,68	2,86	0,3	0,04	0,87	0,66	0,04	0,04	0,03	0,03
GL	±2,09	±1,94	±1,53	±1,94	±1,24	±1,59	±1,93	±2,3	±0,6	±0,64	±1,97	±1,43	±0,06	±0,05	±2,62	±0,45	±1,3	±0,05	±0,06	±0,03	±1,62	±2,74	±0,93	±0,05	±1,99	±1,71	±0,05	±0,05	±0,05	±0,05
	4,08	3,85	3,2	4,02	0,77	2,03	4,62	4,55	2,49	0,27	5,3	0,05	0,55	0,25	1,91	0,04	1,08	0,17	0,78	0,51	0,76	0,85	0,04	0,15	0,02	0,05	0,02	0,03	0,05	0,72
GO	±2,1	±1,56	±1,61	±1,94	±0,8	±1,97	±2,57	±1,73	±2,16	±0,59	±1,38	±0,09	±1,5	±0,74	±2,7	±0,09	±2,07	±0,49	±1,43	±1,71	±1,85	±1,96	±0,07	±0,44	±0,06	±0,09	±0,04	±0,05	±0,08	±1,37
	4,24	7,26	7,24	6,03	0,41	6,57	0,4	4,57	3,41	1,59	5,32	0,21	1,36	0,01	1,59	0,31	0,03	0,02	1,05	0,64	0,83	1,36	0,04	0,04	0,42	0,81	0,04	0,94	0,03	0,13
GR	±2,22	±1,39	±1,5	±2,1	±1,21	±1,98	±0,57	±1,64	±2,04	±1,96	±1,45	±0,63	±1,84	±0,04	±1,88	±1,06	±0,05	±0,04	±2,21	±1,58	±2,08	±2,68	±0,06	±0,08	±0,8	±1,83	±0,06	±2,12	±0,06	±0,31
	3,38	7,08	6,85	5,51	0,25	5,38	0,93	2,22	4,54	2,78	3,89	0,21	0,28	0,04	0,04	0,95	0,02	0,74	1,49	0,04	0,28	0,04	0,35	0,04	0,05	0,05	0,04	1,8	0,56	2,49
GS	±2,6	±1,54	±1,75	±2,46	±0,35	±2,02	±1,11	±1,26	±2,18	±3	±1,89	±0,63	±0,97	±0,11	±0,09	±2,06	±0,06	±1,83	±2,14	±0,07	±0,88	±0,07	±1,16	±0,05	±0,07	±0,11	±0,09	±2,62	±1,79	±2,96
	4,59	4,3	3,71	3,56	1,21	2,34	4,3	5,1	1,14	0,33	4,82	0,03	0,14	0,02	0,56	0,09	1,61	0,03	0,1	0,81	0,79	1,64	0,11	0,04	0,84	1,12	0,04	0,03	0,19	0,35
GSA	±1,83	±2,65	±2,91	±2,40	±1,30	±2,28	±2,44	±1,78	±1,03	±0,81	±1,73	±0,08	±0,4	±0,06	±0,9	±0,21	±2,69	±0,05	±0,29	±1,69	±2,16	±2,69	±0,32	±0,09	±2,11	±2,18	±0,06	±0,06	±0,61	±0,96
	5,42	7,18	6,26	7,05	0,09	6,56	0,86	2,98	0,98	0,28	4,72	0,04	0,31	0,02	0,96	0,03	0,35	0,26	0,12	0,05	0,56	0,69	0,12	0,95	0,03	0,25	0,07	1,64	0,37	0,62
HC	±1,9	±1,42	±2,36	±1,85	±0,10	±1,31	±1,24	±1,58	±1,18	±0,47	±2,26	±0,07	±0,72	±0,04	±1,81	±0,05	±0,92	±0,8	±0,25	±0,11	±1,32	±2,06	±0,27	±2,29	±0,06	±0,58	±0,22	±2,56	±1,21	±1,9
	4,88	7,38	7,22	6,79	0,38	6,87	1,24	5,71	2,21	0,8	5,81	0,36	1,86	0,03	3,62	0,31	0,14	0,05	0,29	0,02	0,84	0,96	0,76	0,61	0,04	0,64	0,04	0,69	0,01	0,52
JAZ	±2,67	±1,57	±1,32	±2,26	±0,95	±1,43	±1,7	±1,63	±1,94	±1,2	±2,37	±0,88	±2,62	±0,05	±3,79	±0,86	±0,4	±0,09	±0,72	±0,04	±2,14	±1,68	±1,88	±1,84	±0,06	±1,74	±0,06	±1,88	±0,03	±1,81
	3,96	4,09	3,05	5,99	0,79	2,82	4,04	3,23	1,62	1,21	3,19	0,26	0,18	0,03	0,78	0,02	0,02	0,19	0,04	0,04	0,42	0,04	0,04	0,23	0,27	0,57	1,16	0,26	0,06	0,44
JON	±2,38	±2,11	±1,95	±2,21	±1,51	±1,94	±2,61	±2,51	±1,62	±1,29	±1,98	±0,85	±0,5	±0,05	±1,58	±0,04	±0,04	±0,64	±0,05	±0,06	±1,04	±0,06	±0,06	±0,77	±0,93	±1,44	±1,78	±0,93	±0,07	±1,38
	4,06	7,24	7,21	5,23	0,28	5,85	0,53	3,72	0,79	0,43	3,88	0,21	0,27	0,19	0,48	0,41	0,04	0,05	0,04	0,04	0,34	0,01	1,04	0,24	0,03	0,13	0,86	0,85	0,03	0,99
JUL	±1,85	±1,41	±1,63	±1,81	±0,46	±2,19	±0,73	±2,15	±1,1	±1,14	±1,98	±0,63	±0,9	±0,5	±1,65	±1,08	±0,06	±0,07	±0,06	±0,06	±0,84	±0,04	±2,32	±0,77	±0,06	±0,31	±2,13	±1,69	±0,05	±2,24
	3,58	2,36	2,22	3,38	0,93	1,82	5,29	3,95	1,14	0,58	4,15	0,45	0,41	0,04	1,31	0,12	0,05	0,04	0,41	0,02	0,92	0,81	0,88	0,02	0,18	1,23	0,02	0,02	0,13	0,22
MEL	±2,49	±1,89	±1,75	±1,58	±0,94	±1,84	±1,99	±1,97	±1,25	±0,99	±2,24	±1,46	±1,35	±0,05	±1,93	±0,3	±0,07	±0,07	±0,85	±0,04	±2,33	±1,48	±1,89	±0,04	±0,39	±2,29	±0,04	±0,04	±0,38	±0,66
	3,37	2,91	2,04	3,3	1,19	1,58	5,27	5,19	1,00	0,54	4,96	0,89	0,54	0,06	1,46	0,41	0,81	0,06	0,08	1,01	0,19	1,48	0,81	0,04	0,15	0,69	0,04	0,04	0,06	0,48
PG	±1,62	±1,16	±0,9	±1,61	±1,22	±1,16	±1,49	±1,85	±1,34	±1,24	±1,86	±1,84	±1,92	±0,1	±1,78	±1,32	±2,07	±0,1	±0,11	±2,12	±0,47	±2,22	±1,91	±0,09	±0,37	±1,92	±0,11	±0,11	±0,11	±1,59
	3,59	7,93	7,58	6,23	0,38	5,35	0,96	5,04	2,81	1,07	5,39	0,03	0,83	0,04	1,35	0,04	0,04	0,04	1,46	0,65	1,16	0,34	0,45	0,04	0,14	0,77	0,15	0,67	0,04	0,54
PIL	±2,1	±1,21	±1,41	±1,74	±0,77	±2,03	±1,02	±1,96	±2,58	±2	±1,91	±0,06	±1,16	±0,08	±1,73	±0,06	±0,06	±0,08	±2,24	±1,63	±2,09	±1,17	±1,54	±0,06	±0,34	±1,56	±0,37	±1,59	±0,05	±1,4
	4,69	6,55	6,02	5,67	0,08	5,14	1,38	2,82	2,12	0,56	4,64	0,03	0,27	0,4	1,03	0,04	0,04	0,02	0,19	0,04	1,36	0,56	0,76	0,04	0,04	1,62	0,08	1,38	0,03	1,32
PIN	±2,76	±1,75	±1,81	±1,97	±0,11	±2,06	±2,01	±2,08	±2,53	±1,57	±2,47	±0,05	±0,85	±1,29	±2,2	±0,07	±0,07	±0,04	±0,58	±0,07	±2,15	±1,55	±1,67	±0,05	±0,07	±3,00	±0,25	±2,12	±0,05	±2,66
	4,92	7,49	7,24	4,94	0,79	5,08	0,97	4,09	2,77	0,87	5,46	0,64	0,81	0,01	1,89	0,04	0,14	0,03	0,49	0,02	0,57	0,96	1,81	0,03	0,42	0,04	0,01	0,85	0,04	1,02
PL	±2,25	±1,67	±1,96	±1,57	±0,96	±2,56	±1,17	±1,64	±2,07	±1,52	±1,36	±1,91	±1,83	±0,04	±2,79	±0,06	±0,4	±0,05	±0,97	±0,06	±1,41	±1,65	±2,71	±0,06	±1,14	±0,06	±0,04	±2,1	±0,09	±2,23

Lots	Int.Odo.Gl.	Croquant	Ferme	Juteux	Farineux	Crissant	Fondant	Sucré	Acide	Astringent	Int.Arom.Gl.	Amande	Ananas	Anis	BananeBonbon	Boisé	CaramelCuit	ChampignonFrais	Citron	Coing	FloralBlanc	FloralMiel	FloralRosé	Foin	FruitsMûrs	Poire	PommeDeTerre	PommeVerte	Terre	VertHerbe
	4,01	4,07	3,86	2,11	3,16	2,09	2,70	3,33	4,04	1,92	4,46	0,42	0,32	0,03	1,04	0,03	0,04	0,06	1,40	0,04	0,31	0,01	0,34	0,32	0,38	0,07	0,34	0,56	1,4	0,64
RA	±2,56	±2,19	±2,77	±1,74	±2,48	±2,10	±2,26	±1,82	±2,20	±1,79	±2,13	±1,38	±0,76	±0,06	±1,9	±0,05	±0,05	±0,09	±2,12	±0,06	±1,09	±0,04	±1,20	±1,03	±1,33	±0,06	±0,81	±1,6	±2,37	±2,26
	4,11	2,68	2,34	4,22	0,80	1,55	4,85	5,03	2,15	0,38	5,62	0,04	0,88	0,05	3,27	0,02	0,04	0,05	1,73	0,03	0,23	1,37	0,03	0,03	0,75	0,55	0,02	0,02	0,02	0,53
RB	±2,16	±1,78	±1,29	±1,54	±1,58	±1,29	±2,36	±1,90	±2,50	±0,87	±1,59	±0,09	±1,64	±0,07	±2,76	±0,04	±0,07	±0,07	±2,22	±0,05	±0,68	±2,15	±0,05	±0,06	±1,84	±1,94	±0,06	±0,04	±0,06	±1,62
	3,94	2,31	1,48	1,95	4,60	1,70	6,05	4,59	1,94	0,63	4,34	0,48	0,11	0,05	0,65	0,75	0,11	0,18	0,32	0,67	0,48	0,54	0,02	0,72	1,15	0,32	0,51	0,03	0,03	0,06
RBE	±3,01	±1,53	±1,17	±1,56	±2,75	±1,44	±2,64	±2,45	±1,48	±0,92	±2,38	±1,57	±0,3	±0,09	±1,48	±1,57	±0,25	±0,58	±0,54	±1,54	±1,66	±1,49	±0,04	±1,71	±2,17	±1,05	±1,68	±0,06	±0,08	±0,1
	3,87	6,23	5,91	4,74	0,57	4,63	2,11	4,03	3,43	1,29	5,05	0,06	0,63	0,23	0,06	0,48	0,50	0,03	1,00	1,13	0,45	0,40	0,05	0,06	0,04	0,98	0,24	1,28	0,04	0,17
RBR	±2,35	±1,82	±2,05	±1,93	±0,83	±2,27	±2,31	±2,01	±1,59	±1,93	±1,75	±0,09	±1,46	±0,63	±0,08	±1,49	±1,54	±0,05	±1,13	±2,69	±1,13	±1,26	±0,07	±0,08	±0,07	±2,28	±0,65	±2,11	±0,07	±0,42
	4,64	4,61	3,46	3,99	1,52	2,89	4,64	4,21	0,79	0,32	4,59	0,05	0,24	0,04	0,65	1,15	0,76	0,45	0,04	0,04	0,71	0,24	0,60	0,04	0,58	0,37	0,04	0,03	0,40	0,32
RC	±2,07	±2,96	±2,8	±2,63	±2,14	±2,25	±2,77	±2,09	±1,38	±0,61	±1,93	±0,05	±0,53	±0,08	±1,93	±2,30	±1,82	±1,46	±0,08	±0,06	±1,36	±0,77	±2,10	±0,05	±1,41	±1,25	±0,09	±0,06	±1,38	±0,71
	4,04	1,74	1,66	1,19	3,49	1,59	4,35	3,88	1,25	0,2	3,76	0,88	0,54	0,06	0,24	0,89	0,04	0,04	0,78	0,73	0,43	0,79	0,03	0,64	0,90	0,88	0,27	0,05	0,60	0,04
RCLO	±2,26	±1,70	±1,75	±1,15	±1,77	±1,87	±2,19	±2,44	±1,51	±0,29	±2,54	±2,11	±1,27	±0,09	±0,62	±2,07	±0,07	±0,07	±1,85	±1,91	±1,03	±1,68	±0,07	±1,12	±1,86	±1,50	±0,80	±0,07	±1,92	±0,07
	3,24	3,28	3,18	1,82	3,72	1,59	3,74	3,14	1,72	1,37	3,73	0,04	0,33	0,03	0,62	0,57	0,81	0,63	0,63	0,57	0,38	0,55	0,03	0,48	0,66	0,20	0,35	0,03	0,29	0,36
RCLO2	±2,25	±2,68	±2,72	±1,97	±1,38	±1,81	±2,59	±1,84	±1,25	±1,4	±1,82	±0,07	±0,7	±0,06	±1,3	±1,39	±1,80	±1,56	±1,60	±1,07	±0,91	±1,23	±0,05	±0,92	±1,5	±0,57	±1,03	±0,05	±0,92	±1,08
	3,87	6,23	5,91	4,74	0,57	4,63	2,11	4,03	3,43	1,29	5,05	0,06	0,63	0,23	0,06	0,48	0,50	0,03	1,00	1,13	0,45	0,40	0,05	0,06	0,04	0,98	0,24	1,28	0,04	0,17
RBR	±2,35	±1,82	±2,05	±1,93	±0,83	±2,27	±2,31	±2,01	±1,59	±1,93	±1,75	±0,09	±1,46	±0,63	±0,08	±1,49	±1,54	±0,05	±1,13	±2,69	±1,13	±1,26	±0,07	±0,08	±0,07	±2,28	±0,65	±2,11	±0,07	±0,42
	4,18	2,43	2,42	2,05	2,98	1,70	3,97	2,84	3,31	2,02	4,68	0,19	0,17	0,14	0,66	0,05	0,28	0,04	0,93	0,49	0,32	0,41	1,12	0,16	0,03	0,05	0,03	0,54	0,04	1,38
RDC	±2,33	±1,94	±2,44	±1,81	±2,11	±1,78	±2,17	±1,69	±1,65	±2,61	±1,84	±0,54	±0,45	±0,31	±1,54	±0,05	±0,80	±0,05	±1,86	±1,52	±1,00	±1,26	±2,56	±0,43	±0,05	±0,07	±0,05	±1,75	±0,07	±2,21
	4,10	3,69	2,73	3,78	1,70	1,83	4,63	4,37	0,58	0,25	3,98	0,14	0,09	0,01	1,40	0,03	0,72	0,04	0,04	1,26	1,10	0,85	0,02	0,02	0,42	2,17	0,02	0,02	0,05	0,3
RG	±2,26	±1,9	±1,56	±1,72	±1,74	±2,04	±2,36	±2,34	±1,06	±0,50	±2,24	±0,35	±0,25	±0,03	±1,95	±0,05	±1,62	±0,05	±0,07	±2,13	±2,60	±1,83	±0,04	±0,04	±1,41	±2,83	±0,04	±0,04	±0,05	±0,96
	3,08	1,89	1,46	1,47	3,68	1,70	4,68	3,45	2,96	1,00	3,72	0,13	0,78	0,03	0,54	0,81	1,12	0,03	0,68	0,26	1,12	0,58	0,03	0,05	0,85	0,35	0,38	1,35	0,05	0,57
RGC	±2,10	±1,62	±1,35	±1,56	±2,78	±1,83	±2,7	±2,03	±1,56	±1,55	±2,18	±0,36	±1,80	±0,09	±1,1	±1,99	±2,16	±0,06	±1,23	±0,88	±1,84	±1,42	±0,06	±0,09	±1,39	±1,07	±1,27	±2,37	±0,07	±1,1
	3,43	1,70	2,18	0,72	5,09	1,31	3,56	2,46	1,14	0,12	3,01	0,16	0,02	0,03	0,65	0,64	0,02	0,03	0,62	0,74	0,52	0,72	0,32	0,45	0,83	0,01	1,10	0,02	0,29	0,03
RGM	±2,08	±1,47	±1,71	±0,59	±2,76	±1,82	±2,89	±2,01	±1,46	±0,22	±2,01	±0,5	±0,04	±0,05	±1,73	±1,18	±0,04	±0,05	±1,55	±1,77	±1,23	±1,34	±1,08	±0,99	±2,06	±0,03	±2,06	±0,04	±0,67	±0,05
	3,82	2,23	2,28	2,12	2,34	1,79	4,75	3,39	2,74	0,74	3,72	0,42	0,45	0,05	0,04	0,18	0,45	0,06	1,39	0,32	0,64	0,35	0,45	0,43	0,48	0,17	0,05	0,34	0,14	0,06
RR	±2,47	±1,66	±1,78	±1,34	±2,32	±1,91	±2,18	±2,15	±2,07	±1,2	±2,2	±0,72	±1,55	±0,07	±0,05	±0,55	±1,43	±0,10	±1,64	±1,02	±1,56	±1,13	±1,46	±0,97	±1,57	±0,58	±0,07	±0,81	±0,41	±0,14
	4,58	7,19	7,02	4,76	0,73	5,20	0,71	3,61	5,24	2,24	4,86	0,03	0,39	0,04	0,38	0,36	0,04	0,11	1,74	0,13	0,96	0,39	0,76	0,03	0,04	0,04	0,04	1,51	0,04	1,35
SD	±2,15	±1,46	±1,83	±2,09	±1,19	±2,31	±0,86	±1,96	±2,35	±2,33	±1,6	±0,06	±0,95	±0,06	±1,27	±1,25	±0,06	±0,32	±1,90	±0,34	±1,56	±1,27	±1,94	±0,08	±0,08	±0,06	±0,06	±2,35	±0,06	±2,34
	4,85	3,89	3,14	3,82	0,68	2,85	4,58	5,31	1,54	0,67	5,08	0,03	0,31	0,04	3,62	0,02	1,22	0,05	1,16	0,13	0,64	2,02	0,32	0,05	1,52	0,87	0,05	0,05	0,22	0,04
SW	±1,53	±1,31	±1,50	±2,18	±1,01	±2,27	±2,68	±1,85	±1,64	±1,28	±1,79	±0,05	±1,02	±0,09	±2,9	±0,04	±1,95	±0,09	±2,54	±0,24	±1,48	±2,64	±0,81	±0,07	±2,40	±2,10	±0,07	±0,09	±0,63	±0,07
	4,33	3,48	2,68	4,66	0,78	2,01	5,19	3,27	3,77	1,73	4,66	0,04	0,04	0,69	0,59	0,79	0,05	0,04	1,04	0,04	1,12	0,03	0,03	0,56	0,33	0,03	0,13	0,03	0,04	0,05
TP	±2,63	±2,19	±2,14	±2,12	±0,84	±2,28	±1,53	±1,94	±2,02	±1,96	±2,08	±0,05	±0,05	±1,70	±1,39	±1,49	±0,09	±0,07	±1,98	±0,05	±2,19	±0,05	±0,05	±1,47	±0,97	±0,07	±0,31	±0,07	±0,07	±0,07
	4,77	5,70	5,37	5,53	0,18	3,81	2,03	5,08	2,39	0,78	4,73	0,35	0,03	0,57	1,93	0,22	1,28	0,04	1,37	0,63	0,87	1,53	0,67	0,03	0,05	1,39	0,05	0,03	0,01	0,03
TT	±2,22	±1,74	±1,83	±2,35	±0,26	±1,81	±2,11	±2,26	±1,9	±1,23	±1,98	±1,12	±0,07	±1,78	±2,48	±0,57	±2,46	±0,09	±2,19	±1,55	±2,08	±2,17	±1,8	±0,05	±0,07	±2,65	±0,05	±0,05	±0,03	±0,06

Annexe 4 : Moyennes des mesures physico-chimiques (Indice Réfractométrique, Fermeté, Acidité Malique et Jutosité) des 48 lots de pommes

	Indice réfractométrique (° Brix)	**Fermeté** (kg/cm²)	**Acidité** (g.L-1)	**Jutosité** (% poids)
ANT	10,62 ±1,65	5,51 ±1,46	6,0	12,4
ARI	12,24 ±0,72	7,40 ±0,50	6,2	10,7
BC	17,24 ±1,29	5,87 ±0,69	6,6	9,7
BC2	14,60 ±0,97	5,37 ±0,58	6,8	7,3
BK	15,46 ±0,66	5,53 ±0,57	5,9	13,1
BR	12,77 ±0,31	7,08 ±0,90	5,9	13,1
CHA	14,97 ±1,72	5,35 ±1,01	5,4	7,7
CHO	14,03 ±0,74	8,13 ±0,66	5,6	10,2
CM	13,70 ±0,60	6,66 ±0,75	4,3	15
COX	17,43 ±1,33	6,27 ±0,92	5,9	13,1
CRI	12,55 ±0,42	7,80 ±0,74	7,6	11,0
DJU	13,07 ±0,91	4,47 ±0,46	4,5	9,0
DLC	11,44 ±1,21	6,12 ±0,69	5,8	12,9
DLS	14,16 ±0,78	8,48 ±1,03	6,4	15,0
DLT	12,25 ±0,57	7,09 ±0,54	6,0	10,9
ELS	14,47 ±0,56	4,74 ±0,56	6,8	8,1
FJ	14,23 ±0,93	6,39 ±0,45	4,2	15,8
GD	12,73 ±1,23	5,20 ±0,73	4,3	13,1
GL	14,47 ±0,69	5,16 ±0,59	3,6	9,4
GO	14,14 ±1,28	5,44 ±0,77	6,6	9,5
GR	15,96 ±0,95	8,50 ±0,61	9,6	11,9
GS	10,71 ±0,48	7,14 ±0,52	7,4	18,3
GSA	16,39 ±0,73	5,35 ±0,60	4,7	8,2

	Indice réfractométrique (° Brix)	**Fermeté** (kg/cm²)	**Acidité** (g.L-1)	**Jutosité** (% poids)
HC	11,04 ±0,60	6,21 ±0,46	4,2	16,9
JAZ	13,68 ±0,82	8,22 ±0,64	5,8	14,5
JON	9,95 ±1,09	5,32 ±0,87	5,2	20,9
JUL	11,37 ±0,63	8,17 ±0,52	3,8	11,3
MEL	13,54 ±0,60	5,11 ±0,54	4,7	12,9
PG	15,56 ±0,90	5,58 ±0,64	4,6	10,3
PIL	14,48 ±0,43	8,03 ±0,88	7,2	11,5
PIN	10,61 ±0,77	6,61 ±0,57	4,3	15
PL	16,38 ±0,59	10,34 ±2,66	9,8	8,6
RA	17,57 ±1,82	7,50 ±0,67	8,8	11,6
RB	16,37 ±0,99	4,83 ±0,54	5,9	13,1
RBE	14,05 ±1,01	4,63 ±0,53	7,0	10,6
RBR	15,05 ±0,59	7,12 ±1,25	8,0	12,4
RC	13,13 ±0,87	5,88 ±0,44	3,6	14,9
RCLO	14,83 ±1,79	5,41 ±0,95	5,2	7,0
RCLO2	16,70 ±1,22	6,00 ±1,53	6,6	9,1
RDC	14,51 ±1,40	5,35 ±0,95	7,7	5,2
RG	13,05 ±0,61	5,93 ±0,52	3,1	10,1
RGC	14,88 ±0,43	5,66 ±1,06	8,4	5,7
RGM	15,63 ±0,91	6,14 ±1,45	5,9	13,1
RR	12,79 ±1,07	4,73 ±0,46	7,0	9,0
SD	14,85 ±0,46	9,03 ±0,61	9,6	10,8
SW	15,27 ±0,82	5,27 ±0,68	6,2	9,7
TP	11,68 ±0,61	5,41 ±0,48	7,0	11,7
TT	15,83 ±0,85	6,97 ±0,75	6,6	10,5

Annexe 5: Description des groupes de pommes pour les descripteurs de texture, de saveur et d'arôme

Groupe T1

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
Farineux	6,09E+00	3,53E+00	1,30E+00	8,32E-01	1,29E+00	1,12E-09
Fondant	2,31E+00	4,39E+00	3,23E+00	9,05E-01	1,76E+00	2,10E-02
Crissant	-3,42E+00	1,59E+00	3,28E+00	3,64E-01	1,73E+00	6,19E-04
Ferme	-3,60E+00	2,16E+00	4,16E+00	8,00E-01	1,95E+00	3,23E-04
Croquant	-4,07E+00	2,36E+00	4,61E+00	7,65E-01	1,94E+00	4,65E-05
Juteux	-5,09E+00	1,66E+00	4,10E+00	4,93E-01	1,69E+00	3,65E-07

Groupe T2

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
Fondant	4,51E+00	4,73E+00	3,23E+00	6,50E-01	1,76E+00	6,52E-06
Croquant	-2,87E+00	3,56E+00	4,61E+00	7,66E-01	1,94E+00	4,08E-03
Ferme	-3,40E+00	2,91E+00	4,16E+00	6,10E-01	1,95E+00	6,65E-04
Crissant	-3,50E+00	2,14E+00	3,28E+00	5,29E-01	1,73E+00	4,68E-04

Groupe T3

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
Ferme	6,30E+00	6,28E+00	4,16E+00	7,62E-01	1,95E+00	2,90E-10
Crissant	6,26E+00	5,15E+00	3,28E+00	8,91E-01	1,73E+00	3,97E-10
Croquant	6,18E+00	6,69E+00	4,61E+00	6,53E-01	1,94E+00	6,60E-10
Juteux	4,91E+00	5,53E+00	4,10E+00	9,21E-01	1,69E+00	9,05E-07
Farineux	-4,28E+00	3,54E-01	1,30E+00	2,38E-01	1,29E+00	1,88E-05
Fondant	-6,33E+00	1,31E+00	3,23E+00	5,21E-01	1,76E+00	2,46E-10

Groupe S1

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
Sucré	5,43E+00	5,03E+00	3,96E+00	3,30E-01	9,11E-01	5,64E-08
Acide	-2,10E+00	1,73E+00	2,26E+00	6,58E-01	1,18E+00	3,56E-02
Astringent	-2,36E+00	5,64E-01	8,73E-01	2,40E-01	6,04E-01	1,82E-02

Groupe S2

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
Astringent	-3,53E+00	3,02E-01	8,73E-01	1,56E-01	6,04E-01	4,11E-04
Acide	-3,69E+00	1,10E+00	2,26E+00	3,75E-01	1,18E+00	2,24E-04

Groupe S3

NULL	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value

Groupe S4

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
Astringent	5,03E+00	1,80E+00	8,73E-01	4,83E-01	6,04E-01	4,86E-07
Acide	4,80E+00	3,98E+00	2,26E+00	6,00E-01	1,18E+00	1,60E-06
Sucré	-3,88E+00	2,88E+00	3,96E+00	5,65E-01	9,11E-01	1,04E-04

Groupe A1

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
VertHerbe	4,84E+00	1,39E+00	5,40E-01	5,80E-01	5,39E-01	1,31E-06
PommeVerte	4,06E+00	1,36E+00	5,54E-01	6,59E-01	6,09E-01	4,94E-05
Terre	3,72E+00	4,46E-01	1,56E-01	3,99E-01	2,40E-01	2,02E-04
Citron	2,15E+00	1,17E+00	7,51E-01	6,21E-01	5,98E-01	3,18E-02
BananeBonbon	-2,12E+00	4,59E-01	1,09E+00	3,65E-01	9,20E-01	3,42E-02
FloralMiel	-2,32E+00	2,09E-01	6,88E-01	2,39E-01	6,32E-01	2,03E-02
FruitsMûrs	-2,46E+00	8,13E-02	3,77E-01	1,13E-01	3,68E-01	1,39E-02
Poire	-3,23E+00	7,13E-02	5,84E-01	6,85E-02	4,86E-01	1,22E-03

Groupe A2

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
Boisé	4,33E+00	9,72E-01	3,45E-01	2,91E-01	3,39E-01	1,50E-05
ChampignonFrais	4,16E+00	5,08E-01	1,30E-01	3,72E-01	2,12E-01	3,13E-05
CaramelCuit	2,48E+00	8,00E-01	3,67E-01	2,67E-01	4,09E-01	1,32E-02

Groupe A3

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
PommeDeTerre	4,07E+00	4,55E-01	1,94E-01	3,67E-01	2,69E-01	4,65E-05
BananeBonbon	-2,15E+00	6,22E-01	1,09E+00	3,24E-01	9,20E-01	3,18E-02
CaramelCuit	-2,41E+00	1,32E-01	3,67E-01	1,68E-01	4,09E-01	1,61E-02
Int.Odo.Gl.	-2,42E+00	3,76E+00	4,10E+00	2,97E-01	5,90E-01	1,55E-02
Int.Arom.Gl.	-3,52E+00	3,89E+00	4,49E+00	4,56E-01	7,08E-01	4,30E-04

Groupe A4

	v.test	Mean	in	category	Overall	mean
Ananas	4,01E+00	8,73E-01	4,68E-01	4,49E-01	4,00E-01	6,18E-05
Int.Arom.Gl.	3,82E+00	5,17E+00	4,49E+00	3,66E-01	7,08E-01	1,32E-04
BananeBonbon	2,68E+00	1,72E+00	1,09E+00	9,00E-01	9,20E-01	7,29E-03
Terre	-2,05E+00	3,17E-02	1,56E-01	1,07E-02	2,40E-01	4,07E-02
Boisé	-2,24E+00	1,53E-01	3,45E-01	1,56E-01	3,39E-01	2,48E-02

Groupe A5

	v.test	Mean	in	category	Overall	mean
FloralMiel	4,74E+00	1,54E+00	6,88E-01	6,49E-01	6,32E-01	2,18E-06
CaramelCuit	4,02E+00	8,34E-01	3,67E-01	3,88E-01	4,09E-01	5,78E-05
BananeBonbon	2,70E+00	1,80E+00	1,09E+00	1,01E+00	9,20E-01	6,93E-03
Anis	2,48E+00	2,88E-01	1,37E-01	3,49E-01	2,14E-01	1,32E-02
Poire	2,46E+00	9,24E-01	5,84E-01	4,95E-01	4,86E-01	1,39E-02
FruitsMûrs	2,24E+00	6,11E-01	3,77E-01	4,45E-01	3,68E-01	2,53E-02
Int.Arom.Gl.	2,00E+00	4,89E+00	4,49E+00	4,95E-01	7,08E-01	4,53E-02
PommeDeTerre	-2,05E+00	3,70E-02	1,94E-01	1,00E-02	2,69E-01	4,04E-02
VertHerbe	-2,55E+00	1,50E-01	5,40E-01	1,56E-01	5,39E-01	1,08E-02
PommeVerte	-3,01E+00	3,40E-02	5,54E-01	9,17E-03	6,09E-01	2,65E-03

Annexe 6 : Description simplifiée des pommes et appartenance aux différents groupes de texture (T), saveur/sensation (S) et odeur/arôme (A)

Variétés	farineux	fondant	crissant	Ferme	croquant	juteux	**gr-texture**	sucre	acide	astringent	**gr-saveur**	Int.Odo.Gl.	Int.arom.Gl.	ananas	anis	banane bonbon	boisé	caramel cuit	champignon frais	citron	coing	floral blanc	floral miel	floral rosé	foin	fruit mûr	poire	pomme de terre	pomme verte	terre	vert gras	vert herbe	**gr-arôme**
RBE	+	+	-	-	-	-	1	+	-	-	1	-	-			-		-										+					3
RGM	+	+	-	-	-	-	1		-	-	2	-	-			-		-										+					3
RCLO	+	+	-	-	-	-	1		-	-	2	-	-			-		-										+					3
RGC	+	+	-	-	-	-	1				3						+	+	+														2
CHA	+	+	-	-	-	-	1				3						+	+	+														2
RCLO2	+	+	-	-	-	-	1				3						+	+	+														2
RR	+	+	-	-	-	-	1				3	-	-			-		-										+					3
BK	+	+	-	-	-	-	1	-	+	+	4					-				+		-				-	-		+	+		+	1
RDC	+	+	-	-	-	-	1	-	+	+	4					-				+		-				-	-		+	+		+	1
RA	+	+	-	-	-	-	1	-	+	+	4					-				+		-				-	-		+	+		+	1
RB		+	-	-	-		2	+	-	-	1		+	+		+	-													-			4
GO		+	-	-	-		2	+	-	-	1		+	+		+	-													-			4
DJU		+	-	-	-		2	+	-	-	1		+		+	+		+					+			+	+	-	-			-	5
BC2		+	-	-	-		2	+	-	-	1		+		+	+		+					+			+	+	-	-			-	5
PG		+	-	-	-		2	+	-	-	1		+		+	+		+					+			+	+	-	-			-	5
ELS		+	-	-	-		2	+	-	-	1		+		+	+		+					+			+	+	-	-			-	5
BC		+	-	-	-		2	+	-	-	1		+		+	+		+					+			+	+	-	-			-	5
GL		+	-	-	-		2	+	-	-	1		+		+	+		+					+			+	+	-	-			-	5
GSA		+	-	-	-		2	+	-	-	1		+		+	+		+					+			+	+	-	-			-	5
SW		+	-	-	-		2	+	-	-	1		+		+	+		+					+			+	+	-	-			-	5
RC		+	-	-	-		2		-	-	2						+	+	+														2
GD		+	-	-	-		2		-	-	2	-	-			-		-										+					3
MEL		+	-	-	-		2		-	-	2	-	-			-		-										+					3
RG		+	-	-	-		2		-	-	2		+		+	+		+					+			+	+	-	-			-	5
JON		+	-	-	-		2				3	-	-			-		-										+					3
BR		+	-	-	-		2				3		+	+		+	-													-			4
TP		+	-	-	-		2	-	+	+	4	-	-			-		-										+					3
COX		+	-	-	-		2	-	+	+	4		+	+		+	-													-			4
CHO	-	-	+	+	+	+	3	+	-	-	1		+	+		+	-													-			4
JAZ	-	-	+	+	+	+	3	+	-	-	1		+	+		+	-													-			4
PIL	-	-	+	+	+	+	3	+	-	-	1		+	+		+	-													-			4
TT	-	-	+	+	+	+	3	+	-	-	1		+		+	+		+					+			+	+	-	-			-	5
HC	-	-	+	+	+	+	3		-	-	2					-				+		-				-	-		+	+		+	1
FJ	-	-	+	+	+	+	3		-	-	2	-	-			-		-										+					3
CM	-	-	+	+	+	+	3		-	-	2	-	-			-		-										+					3
JUL	-	-	+	+	+	+	3		-	-	2	-	-			-		-										+					3
PIN	-	-	+	+	+	+	3		-	-	2		+	+		+	-													-			4
DLS	-	-	+	+	+	+	3				3						+	+	+														2
ARI	-	-	+	+	+	+	3				3	-	-			-		-										+					3
DLC	-	-	+	+	+	+	3				3	-	-			-		-										+					3
CRI	-	-	+	+	+	+	3				3		+	+		+	-													-			4
RBR	-	-	+	+	+	+	3				3		+	+		+	-													-			4
GR	-	-	+	+	+	+	3				3		+	+		+	-													-			4
PL	-	-	+	+	+	+	3				3		+	+		+	-													-			4
DLT	-	-	+	+	+	+	3	-	+	+	4					-				+		-				-	-		+	+		+	1
SD	-	-	+	+	+	+	3	-	+	+	4					-				+		-				-	-		+	+		+	1
ANT	-	-	+	+	+	+	3	-	+	+	4					-				+		-				-	-		+	+		+	1
GS	-	-	+	+	+	+	3	-	+	+	4					-				+		-				-	-		+	+		+	1

+ : descripteur significativement plus intense pour le groupe auquel il appartient ($p<0,05$) ; - : descripteur significativement moins intense pour le groupe auquel il appartient ($p<0,05$) ; aucune valeur : le groupe auquel appartient la pomme possède une note correspondant à la moyenne générale de ce descripteur

Annexe 7 : Questionnaire sociodémographique et d'usages/attitudes

1. A quelle fréquence consommez-vous des fruits frais?

Tous les jours ou presque	1 ou 2 fois par semaine	2 ou 3 fois par mois	1 fois par mois	Moins souvent	Jamais

2. Quels types de fruits consommez-vous?

	Tous les jours ou presque	1 ou 2 fois par semaine	2 ou 3 fois par mois	1 fois par mois	Moins souvent	Jamais
Poire						
Pêche et Nectarine						
Abricot						
Prune						
Cerise						
Fraise						
Raisin						
Banane						
Kiwi						
Ananas						
Litchi						
Orange						
Pamplemousse						
Clémentine						
Citron						

3. A quelle fréquence suivant les saisons consommez-vous des pommes ?

	Tous les jours ou presque	1 ou 2 fois par semaine	2 ou 3 fois par mois	1 fois par mois	Moins souvent	Jamais
printemps						
été						
automne						
hiver						

4. Quelles sont les variétés de pommes que vous connaissez ne serait-ce que de nom ?

Ariane	
Antares	
Belchard/Chanteclerc	
Belle de Boskoop	
Braeburn	
Elstar	
Fuji	
Gala/Royal Gala	
Golden Delicious	
Granny Smith	
Idared	
Jonagold	
Melrose	
Pink Lady	
Reinette Clochard	
Reinette grise du Canada	
Tentation	
Ensemble des pommes rouges (Red Delicious, Red Chief, Top Red)	

5. A quelle fréquence, en saison (automne/hiver), consommez-vous les variétés suivantes ?

	Tous les jours ou presque	1 ou 2 fois par semaine	2 ou 3 fois par mois	1 fois par mois	Moins souvent	Jamais	Ne sait pas
Antares							
Ariane							
Belchard/Chanteclerc							
Belle de Boskoop							
Braeburn							
Elstar							
Fuji							
Gala/Royal Gala							
Golden							
Granny Smith							
Idared							
Jonagold							
Melrose							
Pink Lady							
Reinette Clochard							
Reinette grise du Canada							
Tentation							
Ensemble des pommes rouges (Red Delicious, Red Chief, Top Red)							
Autre (préciser):……							
Autre (préciser):……							
Autre (préciser):……							

6. Parmi les variétés de pommes que vous consommez, quelles sont celles que vous préférez ? (3 maximum par ordre de préférence; une seule réponse par colonne)

	ma première préférée	ma deuxième préférée	ma troisième préférée
Ariane			
Antares			
Belchard/Chanteclerc			
Belle de Boskoop			
Braeburn			
Elstar			
Fuji			
Gala/Royal Gala			
Golden Delicious			
Granny Smith			
Idared			
Jonagold			
Melrose			
Pink Lady			
Reinette Clochard			
Reinette grise du Canada			
Tentation			
Ensemble des pommes rouges (Red Delicious, Red Chief, Top Red)			

7. Parmi ces caractéristiques de la pomme, quelles sont les deux plus importantes pour vous ? (une seule réponse par colonne)

-

	la première plus importante	la deuxième plus importante
sucrée		
croquante		
parfumée		
juteuse		
acidulée		
aucune/ne sait pas		

8. En général, pelez-vous les pommes avant de les manger crues ? Diriez-vous…

…toujours	
…uniquement aux repas	
…chaque fois que c'est possible	
…rarement	
…jamais	

Si oui au 3 premier items de la question 8
8a. Pour quelles raisons les pelez-vous ? (3 réponses maximum ; une réponse par colonne)

	en premier	en deuxième	en troisième
La peau, c'est mauvais pour la santé			
La peau contient des produits chimiques			
La peau a mauvais goût			
Par habitude			
La peau est dure à avaler			
C'est plus facile à digérer			
Par hygiène (pour éviter les microbes, si sales…)			
Problème de la dentition / des dents			
Dépend de la variété			
Suivant la qualité de la peau			
Autres raisons			
Ne sait pas			

9. Comment consommez-vous en général les pommes ?

☐ Entière ☐ En quartier

10. Consommez-vous des pommes…

- Lors des repas : ☐ Oui ☐ Non

si oui : ☐ Au domicile ☐ Hors domicile

- Hors repas : ☐ Oui ☐ Non

si oui : ☐ Au domicile ☐ Hors domicile

11. A votre domicile, à quelle fréquence environ, consommez-vous des pommes au moment des repas…

	Tous les jours ou presque	1 ou 2 fois par semaine	2 ou 3 fois par semaine	1 fois par mois	Moins souvent	Jamais
comme un fruit, tel quel au dessert						
en accompagnement d'un plat principal (ex: boudin au pommes)						
en hors d'œuvre ou en salade						
en dessert cuisinés(tartes, compotes, …)						
comme fruit, tel quel à la place d'un plat principal						

12. Quand vous achetez des pommes, quels sont parmi ces différents critères de choix, les trois qui sont les plus importants pour vous ? (une seule réponse par colonne)

	le premier plus important	le deuxième plus important	le troisième plus important
Le bel aspect			
Le conditionnement (sachet, vrac…)			
La fraîcheur			
Le parfum			
La couleur			
La variété			
L'origine quelle qu'elle soit			
L'origine France			
Le prix			
Les labels (AOC/IGP, Agriculture biologique…)			

13. Où vous procurez-vous des pommes : (une seule réponse par colonne)

	en premier	en deuxième	en troisième
En hyper/supermarché			
Chez un primeur			
Au marché			
Directement chez un producteur			
Ventes Collectives (AMAP)			
Dans un jardin privé			

14. Vous êtes :

☐ Un homme ☐ Une femme

15. Vous avez :

☐ 18-25 ans ☐ 26-40 ans ☐ 41-55 ans ☐ 56 et +

16. Vous êtes :

1. Agriculteur exploitants		7. Femme, homme au foyer	
2. Artisan, commerçant, chef d'entreprise		8. Retraité	
3. Cadre et professions intellectuelles supérieures (y compris professions libérales)		9. Etudiant, élève	
4. Professions intermédiaires, technicien, agent de maîtrise		10. Sans emploi	
5. Employé		11. Autres (y compris militaires, VRP…). Précisez : ……..	
6. Ouvrier			

*La réponse sera recodée en **ACTIF** ou **NON ACTIF** (Codes NON ACTIFS = 7, 8, 9, 10)*

Annexe 8 : Coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour chacun des segments de consommateurs pour la partition en quatre segments de CLV, analyse avec 31 lots de pommes

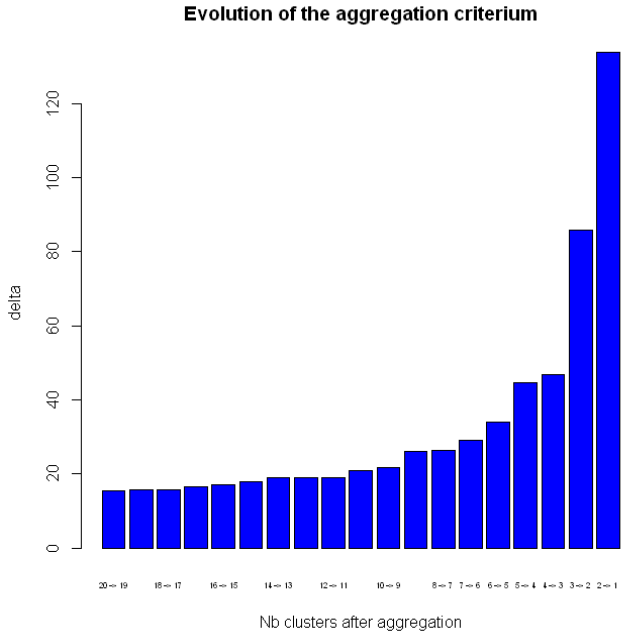
	1	2	3	4
Croquant	**0,37**	**-0,25**	0,09	**0,25**
Juteux	**0,38**	-0,11	0,10	0,14
Fondant	**-0,28**	**0,32**	-0,01	-0,24
Sucré	**0,28**	**0,25**	**0,41**	**0,29**
Acide	-0,06	**-0,30**	-0,09	0,23
Int.Odo.Gl.	0,22	0,01	0,20	0,10
Int.Arom.Gl.	0,26	0,03	**0,31**	**0,32**
AnanasBanane	**0,29**	0,05	**0,34**	**0,40**
FloralSucré	**0,28**	**0,27**	**0,38**	0,22
SousBois	-0,19	-0,11	**-0,28**	-0,24
Rustique	-0,22	0,08	-0,21	**-0,34**
Citron	-0,08	-0,23	-0,05	0,24
Floral.blanc	0,10	-0,10	-0,05	-0,05
Fruits.mûrs	-0,03	0,24	0,18	-0,01
Vert	-0,09	**-0,35**	**-0,29**	-0,09

	1	2	3	4
Croquant_sq	-0,13	-0,09	-0,08	-0,12
Juteux_sq	-0,15	-0,05	-0,06	-0,11
Fondant_sq	-0,11	-0,01	-0,08	-0,20
Sucré_sq	0,05	-0,15	-0,06	0,00
Acide_sq	-0,12	**-0,25**	-0,13	0,03
Int.Odo.Gl._sq	0,02	-0,21	-0,07	0,02
Int.Arom.Gl._sq	0,09	0,03	0,06	0,00
AnanasBanane_sq	0,17	-0,18	0,13	0,24
FloralSucré_sq	0,09	0,09	0,16	0,11
SousBois_sq	-0,06	-0,05	-0,11	-0,08
Rustique_sq	-0,01	0,09	0,00	-0,12
Citron_sq	-0,21	-0,21	-0,16	-0,03
Floral.blanc_sq	0,08	-0,06	-0,01	-0,02
Fruits.mûrs_sq	0,01	0,16	0,05	-0,11
Vert_sq	-0,07	**-0,26**	-0,17	-0,02

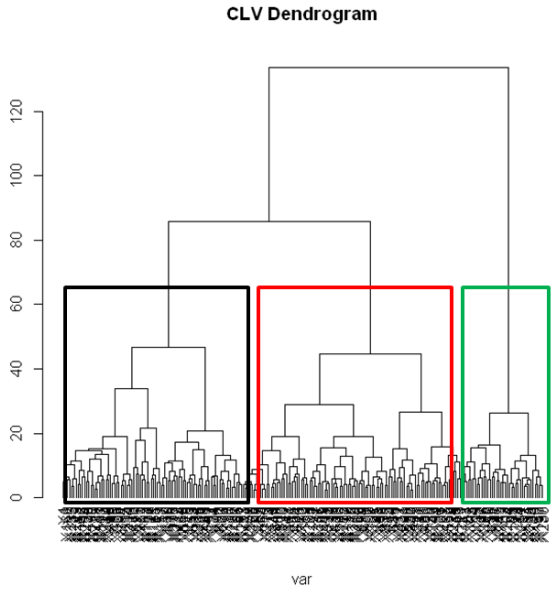
Les nombres en gras correspondent aux descripteurs pour lesquels coeff>0,25

Annexe 9 : Diagramme d'évolution du critère d'agrégation, Dendrogramme et Graphique des composantes latentes partielles construites à partir des coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour la partition de L-CLV en trois segments avec les 31 lots de pommes

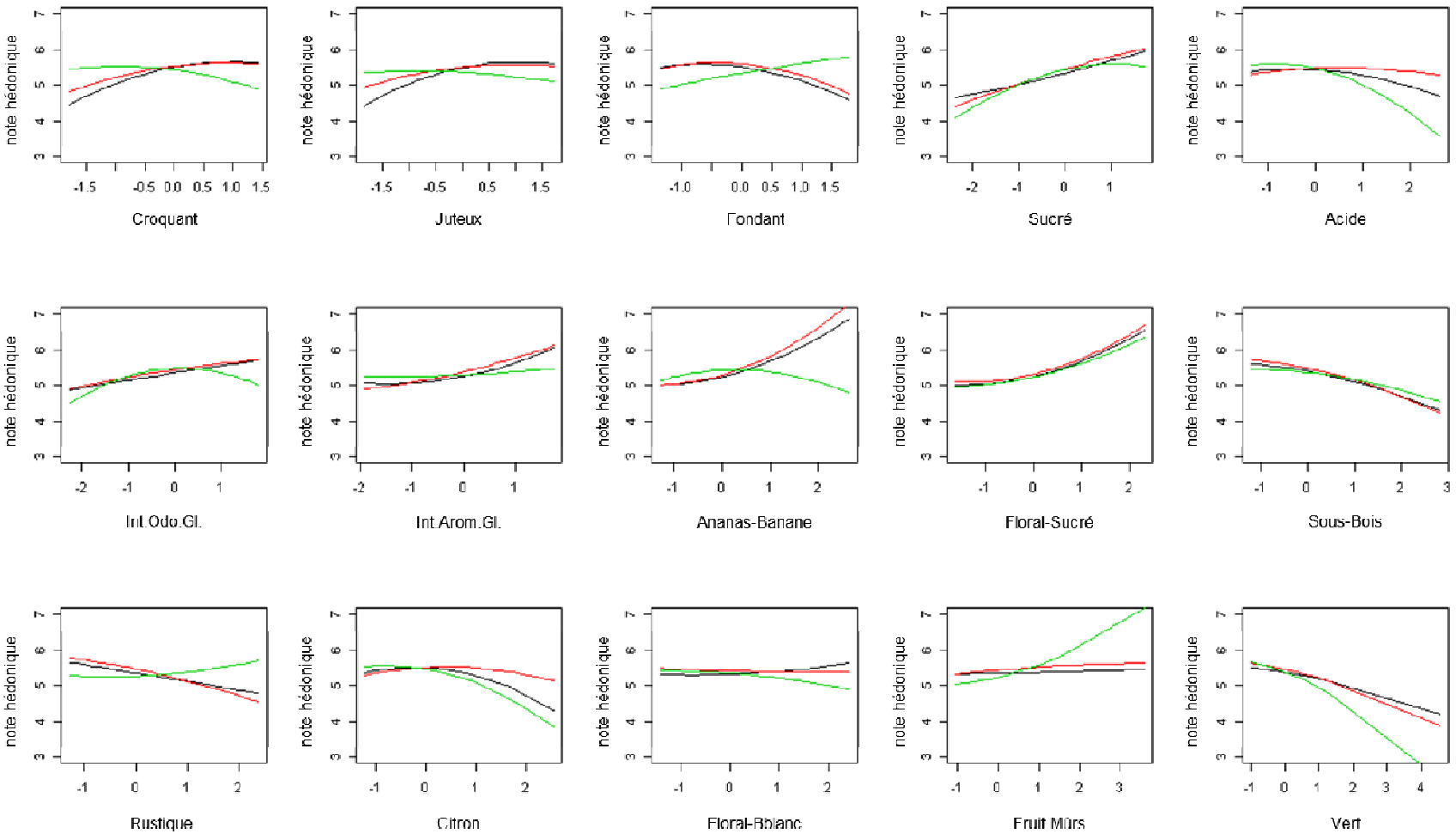
Evolution du critère d'agrégation de CLV avec données externes sur 31 lots de pommes



Dendrogramme issu de l'analyse CLV



Légende : Groupe 1, Groupe 2, Groupe 3

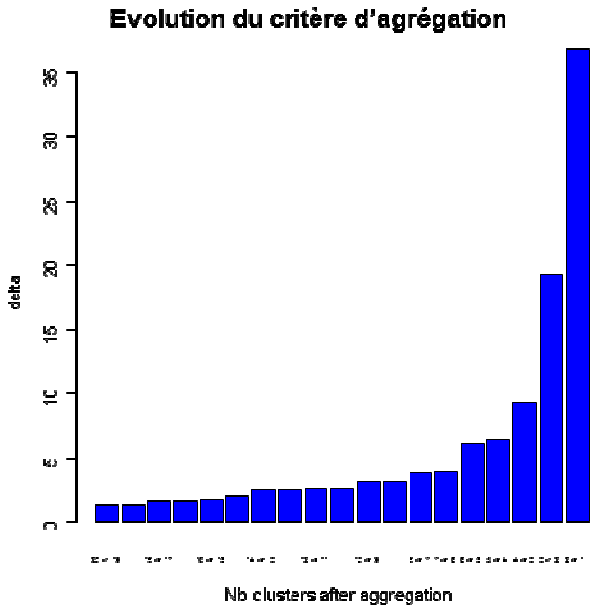


Légende : Groupe 1, Groupe 2, Groupe 3

Composantes latentes partielles construites à partir des coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour la partition de L-CLV en trois segments avec les 31 lots de pommes

Annexe 10 : Dendrogrammes et coefficients associés aux descripteurs sensoriels pour chacun des segments de consommateurs, analyses avec les trois sélections de produits variable, ayant une acidité et croquant perçu de manière similaire

Diagramme d'évolution du critère d'agrégation issu de CLV avec données externes avec la sélection de produits variables

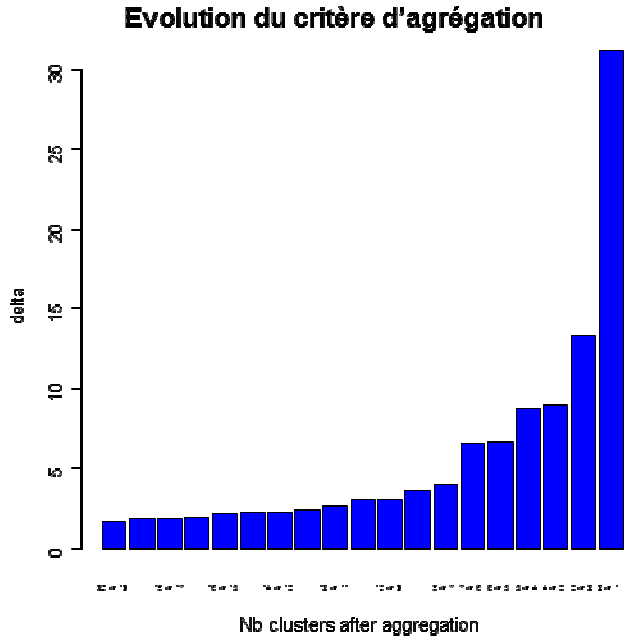


Coefficients associés aux descripteurs sensoriels issus de CLV pour chacun des segments avec la sélection de produits variables

	V-1	V-2	V-3		V-1	V-2	V-3
Croquant	0,08	**-0,27**	0,20	Croquant_sq	-0,1	0,10	-0,24
Juteux	0,15	-0,17	**0,25**	Juteux_sq	-0,03	0,12	-0,14
Fondant	-0,03	**0,32**	-0,18	Fondant_sq	-0,11	0,03	**-0,27**
Sucré	**0,33**	**0,26**	0,17	Sucré_sq	-0,12	**-0,26**	0,14
Acide	-0,17	-0,17	0,13	Acide_sq	-0,18	-0,23	0,07
Int.Odo. Gl	**0,26**	0,1	0,05	Int.Odo.Gl_sq	-0,13	-0,24	0,16
Int.Arom. Gl.	**0,29**	0,13	**0,28**	Int.Arom.Gl._sq	0,01	-0,02	-0,07
AnanasBanane	**0,28**	0,12	**0,27**	AnanasBanane_sq	0,02	-0,21	0,18
FloralSucré	**0,3**	**0,26**	0,09	FloralSucré_sq	-0,02	0,02	0,03
SousBois	**-0,26**	-0,14	**-0,28**	SousBois_sq	-0,11	0,00	-0,23
Rustique	-0,17	0,05	**-0,32**	Rustique_sq	0,01	0,07	-0,11
Citron	-0,15	-0,06	0,09	Citron_sq	**-0,28**	-0,15	-0,24
Floral.blanc	0,03	0,06	0,03	Floral.blanc_sq	0,23	0,02	**0,30**
Fruits.mûrs	0,22	**0,29**	0,02	Fruits.mûrs_sq	-0,14	-0,21	-0,03
Vert	-0,24	**-0,29**	0,05	Vert_sq	-0,19	**-0,25**	0,11

Les nombres en gras correspondent aux descripteurs pour lesquels coeff>0,25

Diagramme d'évolution du critère d'agrégation issu de CLV avec données externes avec la sélection de produits ayant une acidité perçue comme similaire



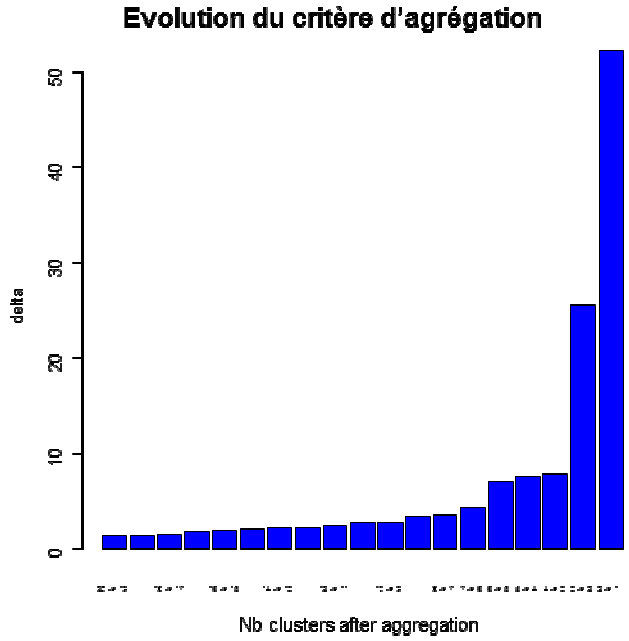
Coefficients associés aux descripteurs sensoriels issus de CLV pour chacun des segments avec la sélection de produits ayant une acidité perçue comme similaire

	A-1	A-2	A-3
Croquant	**0,33**	-0,23	0,04
Juteux	**0,26**	0,07	0,05
Fondant	**-0,28**	**0,32**	0,01
Sucré	0,22	0,16	**0,36**
Acide	-0,15	-0,14	-0,05
Int.Odo.Gl.	**0,25**	0,11	**0,25**
Int.Arom.Gl.	0,24	0,16	**0,34**
AnanasBanane	**0,28**	-0,02	**0,31**
FloralSucré	0,23	0,24	**0,35**
SousBois	-0,23	-0,07	**-0,31**
Rustique	**-0,31**	-0,06	**-0,28**
Citron	-0,09	-0,08	0,12
Floral.blanc	-0,14	0,07	-0,19
Fruits.mûrs	0,05	**0,28**	0,24
Vert	-0,13	-0,20	**-0,32**

	A-1	A-2	A-3
Croquant_sq	0,04	**-0,39**	-0,08
Juteux_sq	-0,21	0,12	0,05
Fondant_sq	0,10	**-0,40**	-0,11
Sucré_sq	0,17	-0,06	-0,04
Acide_sq	-0,15	0,07	-0,11
Int.Odo.Gl._sq	-0,11	0,09	0,00
Int.Arom.Gl._sq	0,00	-0,07	-0,06
AnanasBanane_sq	0,25	**-0,30**	0,11
FloralSucré_sq	0,01	0,15	0,08
SousBois_sq	0,11	0,09	0,00
Rustique_sq	0,00	-0,10	-0,04
Citron_sq	0,01	-0,16	0,09
Floral.blanc_sq	-0,04	-0,09	0,06
Fruits.mûrs_sq	0,01	0,18	0,00
Vert_sq	0,18	-0,12	-0,12

Les nombres en gras correspondent aux descripteurs pour lesquels coeff>0,25

Diagramme d'évolution du critère d'agrégation issu de CLV avec données externes avec la sélection de produits ayant un croquant perçu comme similaire



Coefficients associés avec les descripteurs sensoriels issus de CLV pour chacun des segments avec la sélection de produits ayant un croquant perçu de manière similaire

	C-1	C-2	C-3		C-1	C-2	C-3
Croquant	-0,19	**0,28**	0,14	Croquant_sq	0,14	**-0,29**	-0,19
Juteux	-0,12	**0,30**	0,17	Juteux_sq	0,09	**-0,26**	-0,21
Fondant	0,20	-0,16	-0,07	Fondant_sq	-0,02	**-0,29**	**-0,28**
Sucré	**0,26**	0,13	**0,31**	Sucré_sq	0,05	-0,06	0,07
Acide	**0,27**	**-0,26**	-0,04	Acide_sq	0,22	**-0,32**	-0,12
Int.Odo.Gl.	-0,02	0,08	0,11	Int.Odo.Gl._sq	-0,01	0,10	0,00
Int.Arom.Gl.	0,26	0,05	**0,25**	Int.Arom.Gl._sq	-0,05	0,01	0,05
AnanasBanane	**0,29**	0,06	**0,30**	AnanasBanane_sq	0,15	-0,04	0,17
FloralSucré	0,23	0,11	**0,29**	FloralSucré_sq	**0,28**	-0,02	0,22
SousBois	-0,10	-0,24	**-0,28**	SousBois_sq	0,17	-0,24	-0,09
Rustique	**-0,32**	-0,08	**-0,28**	Rustique_sq	-0,08	-0,02	0,02
Citron	**0,29**	**-0,25**	-0,06	Citron_sq	0,09	**-0,32**	-0,23
Floral.blanc	-0,23	0,20	-0,01	Floral.blanc_sq	0,10	-0,10	-0,01
Fruits.mûrs	0,17	0,01	0,18	Fruits.mûrs_sq	0,03	0,12	0,17
Vert	-0,22	-0,02	-0,20	Vert_sq	0,05	0,02	0,13

Les nombres en gras correspondent aux descripteurs pour lesquels coeff>0,25

Annexe 11 : Communications par poster

Charles, M., Symoneaux, R., Maitre, I., Vigneau, E., Prost, C., Mehinagic, E. Do the size and nature of product-space influence the hierarchy of preference key drivers? An application on apples. 9th Pangborn Sensory Science Symposium, 4-8 Septembre 2011, Toronto, Canada.

Charles, M., Maitre, I., Symoneaux, R., Vigneau, E., Prost, C., Mehinagic, E. Unraveling apple consumer segmentation by the identification of associated sensory preference keydrivers. II International Symposium on Horticulture in Europe – SHE 2012, 1-5 Juillet 2012, Angers, France.

Charles, M., Maitre, I., Symoneaux, R., Vigneau, E., Prost, C., Mehinagic, E. Impact of the product-space choice when using preference mapping. 5th European Conference on Sensory and Consumer Research, 9-12 Septembre 2012, Bern, Suisse.

Do the size and nature of product-space influence the hierarchy of preference key drivers? An application on apples

M. Charles[1,2], R. Symoneaux[1], I. Maitre[1], E. Vigneau[3], C. Prost[2], E. Mehinagic[1]

[1] *L'UNAM University, Groupe ESA, GRAPPE (Research Group of Agro-Food Products and Process), France*

[2] *L'UNAM University, ONIRIS, Flavour Research Group, UMR CNRS 6144, France*

[3] *L'UNAM University, ONIRIS, Sensometrics and Chemometrics Laboratory, France*

Contact: m.charles@groupe-esa.com

Introduction

Understanding consumer acceptance is one of the challenges of sensory analysis due to the difficulties in identifying consumer segments, preference key drivers and their hierarchy. Consumer acceptance of a product is strongly related to its sensory descriptors and can be investigated using external preference mapping techniques. To date, no work has been published on the impact of the size and nature of product-space on the hierarchy of preference key drivers. The objectives of the study were to investigate the importance and the nature of this impact and also to study the relative contribution of texture, taste and aroma on overall product acceptance.

Material & Methods

A conventional sensory profile was carried out at the beginning of the study in order to select two product-spaces.

Product Selection

- 31 apple cultivars locally produced (Loire Valley, France);
- 13 trained panellists using conventional profiling with 28 descriptors (texture, basic tastes, aroma).

→ Two spaces of 9 products: a first one covering the apple sensory diversity (A) and a second one composed of apples with similar crunchiness (B) (Fig. 1.).

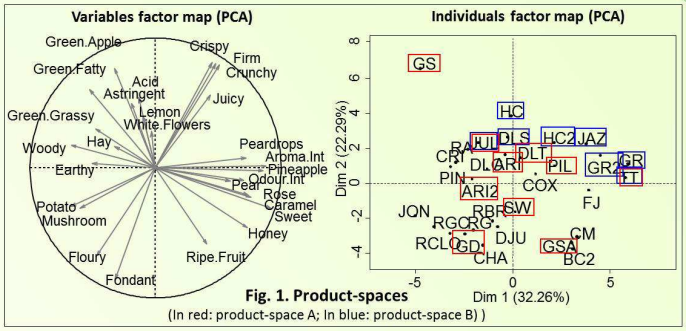


Fig. 1. Product-spaces
(In red: product-space A; In blue: product-space B))

Procedure for the two product-spaces

Sensory Procedure

- **Sensory Measurements:**
  - 15 trained panellists using conventional profiling;
  - 2 replicates.
- **Hedonic Measurements:**
  - 224 regular apple consumers;
  - Acceptance score on a 9-point scale from « extremely unpleasant » to « extremely pleasant ».

Data Analysis

- Partial Least Square Regression related intensities of sensory descriptors to the hedonic values for each consumer;
- Clustering of consumers based on the 'Variable Importance in Projection' (VIP) coefficients of PLS regression, an alternative to the method set up by Carbonell et al. (2008).

Results

Product-space A

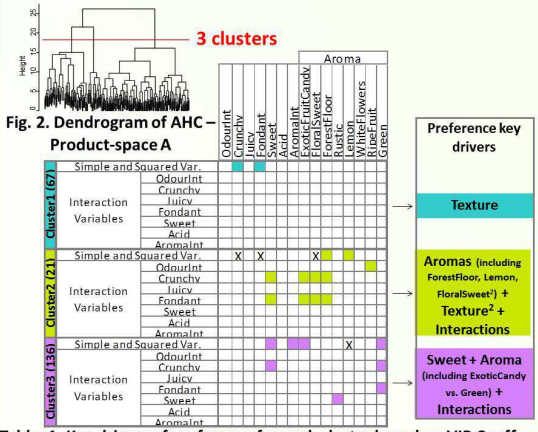


Fig. 2. Dendrogram of AHC – Product-space A

Table. 1. Key drivers of preference for each cluster based on VIP Coeff.

Product-space B

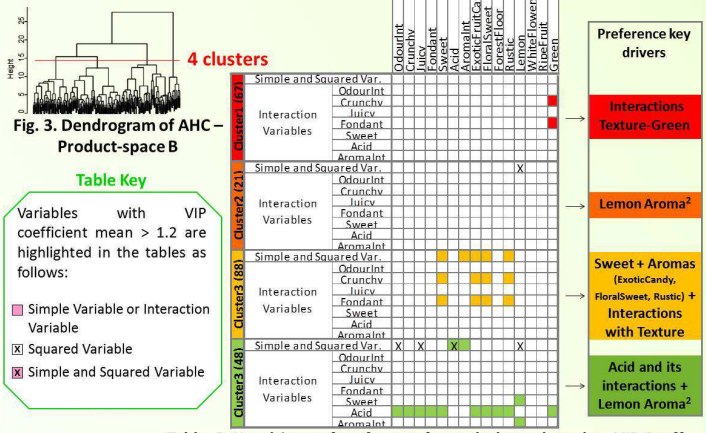


Fig. 3. Dendrogram of AHC – Product-space B

Table Key

Variables with VIP coefficient mean > 1.2 are highlighted in the tables as follows:

- Simple Variable or Interaction Variable
- [X] Squared Variable
- [X] Simple and Squared Variable

Table. 2. Key drivers of preference for each cluster based on VIP Coeff.

Product-spaces A and B show different consumer segmentations (Fig. 1 and 2) with a different number of clusters. Product-space B, focusing on apples with similar crunchiness, permits a finer segmentation. Otherwise, there is no correspondence between the clusters of consumers for spaces A and B.

Relevant preference key drivers are identified thanks to the mean of VIP coefficients by cluster. The comparison of the two product-spaces highlights differences in the preference key drivers themselves (Tables 1 and 2).

Numerous sensory interactions are pointed out. They play a role in the hedonic response and underline the complexity of the understanding of preferences.

Conclusion and Perspectives

This work shows how the choice of product-space, by its size and nature, influences preferences. Furthermore, it modifies key drivers of liking and their hierarchy. The importance of Texture-Taste-Aromas interactions in preference measurement has been illustrated. The study of interactions will thus be the subject of future work.

References: Carbonell, L., Izquierdo, L., Carbonell, I., Costell, E. (2008). Segmentation of food consumers according to their correlations with sensory attributes projected on preference spaces. *Food Quality and Preference, Volume 19, Issue 1*, 71-78.

Aknowledgement: The authors thank the panellists who did the descriptive sensory analysis. This work was supported by the 'Conseil Régional des Pays de la Loire'.

9th Pangborn Sensory Science Symposium
4-8 September 2011
The Sheraton Centre Toronto Hotel, Toronto, Canada

Unravelling apple consumer segmentation by the identification of associated sensory preference keydrivers

*M. Charles *[1,2], I. Maitre [1], R. Symoneaux [1], E. Vigneau [3], C. Prost [2], E. Mehinagic [1]*

[1] L'UNAM University, Groupe ESA, UPSP GRAPPE, France
[2] L'UNAM University, ONIRIS, Flavour Research Group, UMR CNRS 6144, France
[3] L'UNAM University, ONIRIS, Sensometrics and Chemometrics Laboratory, France
Contact: m.charles@groupe-esa.com

Introduction

Apple is the most produced and consumed fruit in France and in Europe. The importance of fruit texture and flavour for consumers was shown in different studies [1] [2]. However, a fine segmentation of apple consumers on a large selection of cultivars has not been carried out until now. The objective of the study was to finely analyse the segmentation of apple consumers and their associated preference keydrivers taking all sensory variety into account. The importance of aroma in preferences was evaluated as well. To reach this goal, a large study was set out with 31 cultivars.

Material and Methods

Products
31 apple cultivars locally produced (Loire Valley, France)

Sensory descriptive analysis
-15 trained panellists using conventional profiling with 30 descriptors (odour (1), texture (6), basic tastes (3), aromas (20))
- 2 replicates

Hedonic test
- 224 regular apple consumers
- Acceptance score on a 9-point scale from « extremely unpleasant » to « extremely pleasant »

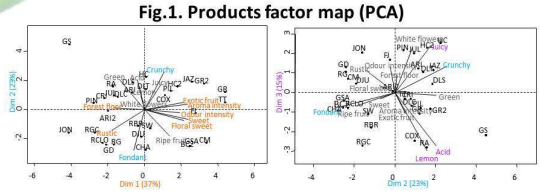
Data Analysis
Classification of consumers and preference modelling were carried out thanks to the integrated approach of Classification around Latent Variables (CLV) with sensory external data [3].

Results

Sensory descriptive analysis

The 31 products were selected to be representative of apples. They present various sensory characteristics in texture, taste and aroma. They are well described using the first three principal components of the PCA taking into account 75% of the variance. The first dimension (37%) well represents aroma descriptors and sweet taste; the second one (23%) is related to texture attributes and the third one (15%) to *Juicy*, *Lemon* and *Acid* descriptors (Fig.1.).

Fig.1. Products factor map (PCA)



Consumer segmentation and preference modelling

Four different groups of consumers are resulting from CLV analysis with simple and squared descriptors as external data (Fig.2.). The four groups represent respectively 32, 18, 20 and 30% of the panel.

Fig.2. CLV dendrogram

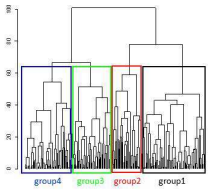
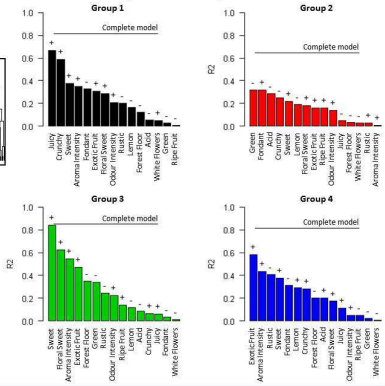


Fig.3. Potential explanation proportion of each descriptor in the preference model



The potential importance of each descriptor in the preference model is given in Fig.3 for each group. The preference of the first group are mainly driven by texture descriptors. On the contrary, texture attributes explain very few of preferences for the group 3. These consumers like *Sweet* and aromatic apples. Group 2 has preferences which are not very clearly explained. It is the only group which do not reject *Fondant* apples. Consumers' preferences of group 4 are driven by likes and dislikes of aroma notes.

Conclusion and perspectives

Apples consumers are segmented in four distinct groups. Depending on the group, texture, taste and aroma are more or less important. Sweet is always a main preference keydriver. A characterisation of the groups on social and economic levels would be interesting to better understand consumers and answer to their expectations. This is the follow-up of the work.

References

[1] Daillant-Spinnler, B., MacFie, H. J. H., Beyts, P. K., & Hedderley, D. (1996). Relationships between perceived sensory properties and major preference directions of 12 varieties of apples from the southern hemisphere. *Food Quality and Preference, 7*(2), 113-126.
[2] Jaeger, S. R., Andani, Z., Wakeling, I. N., & MacFie, H. J. H. (1998). Consumer preferences for fresh and aged apples: a cross-cultural comparison. *Food Quality and Preference, 9*(5), 355-366.
[3] Vigneau, E., & Qannari, E. M. (2002). Segmentation of consumers taking account of external data. A clustering of variables approach. *Food Quality and Preference, 13*(7-8), 515-521.

Acknowledgement

The authors thank Catherine Ouvrard for her help and the panellists who did the descriptive sensory analysis. This research was funded by the Conseil Régional des Pays de Loire.

The impact of the product-space on preference key-drivers: An application on apples

*M. Charles *[1,2], E. Vigneau [3], I. Maitre [1], R. Symoneaux [1], C. Prost [2], E. Mehinagic [1]*

[1] L'UNAM University, Groupe ESA, UPSP GRAPPE, France;
[2] L'UNAM University, ONIRIS, Flavour Research Group, UMR CNRS 6144, France;
[3] L'UNAM University, ONIRIS, Sensometrics and Chemometrics Laboratory, France
Contact: m.charles@groupe-esa.com

Introduction

Sensory consumer science is a precious tool to lead product development. Preference mapping reaches this objective as it identifies sensory key-drivers of preference and gives a clear sensory target. Nevertheless, the impact of the product-space on preference key-drivers has not been studied although it is a major point.

Objective

The goal of this study was to investigate the importance of product-space choice in external preference studies by the use of CLV and CCSWA methods. The relative contribution of texture, taste and aroma on overall liking has been examined as well.

Material and Methods

3 product-spaces

each composed of 9 different apple cultivars:
- with large sensory variability (V)
- with similar acidity scores (A)
- with similar crunchiness scores (C)

Sensory descriptive analysis

15 trained panellists using conventional profiling with 30 descriptors (odour (1), texture (6), basic tastes (3), aromas (20))

Hedonic test

224 regular apple consumers rated their acceptance on a 9-point scale from « extremely unpleasant » to « extremely pleasant »

Data Analysis

- Segmentation of consumers and preference modelling were carried out with the Classification around Latent Variables (CLV) approach with sensory external data [1].
- A Common Components and Specific Weights Analysis (CCSWA) [2] is then applied on CLV loadings of the 3 product-spaces. It highlights simultaneously similarities and specificities of the sensory drivers in the different product-spaces.

Results

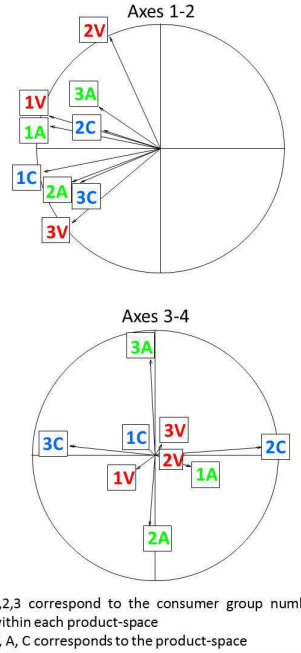
- A segmentation in 3 groups of consumers was chosen for each product-space.
- The 3 partitions are different.
- Whatever the product-space a common information is retrieved in the 1st CCSWA dimension (Table 1).
- Specific information for each space is also observed in the subsequent dimensions.

Table.1. Specific weights of CLV loadings tables for the 3 product-spaces

Product-space	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4
V	0,4929	0,4055	0,0092	0,0070
A	0,5146	0,0714	0,0287	0,3039
C	0,5159	0,0432	0,3930	0,0040

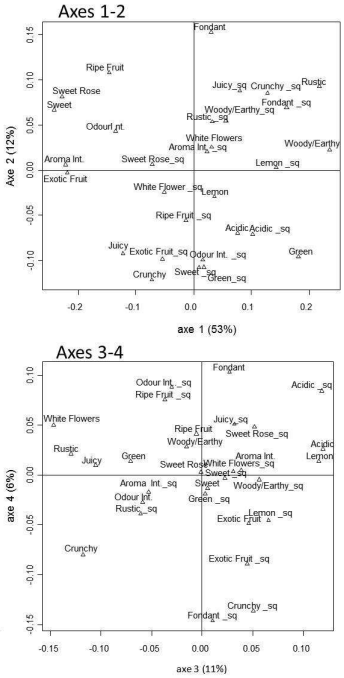
- A main similar preference direction is found for one group in all spaces (Fig.1). It is driven by Sweet, Odour and Aroma Intensities and Exotic Fruit (Fig.2).
- When proposing only crunchy apples, different preference patterns are revealed: related to Acid and Lemon (2C) and Rustic, White Flowers, Juicy (3C)
- In the case of similar acidic apples, preferences of groups 2A and 3A are driven respectively by Crunchy and Fondant & Ripe Fruit.

Fig.1. Correlation coefficients of different patterns of sensory attributes loadings with commun axes of CCSWA



1,2,3 correspond to the consumer group number within each product-space
V, A, C corresponds to the product-space

Fig.2. Descriptor weights in common axes of CCSWA



Conclusion

Except a common pattern of preference driven by Sweet, Odour and Aroma intensities and Exotic Fruit aroma, different other patterns of preference result from the choice of the product-space. According to the product-space used , some sensory drivers of preference may be modified. Thus, it confirms that it is essential to select correctly the product-space depending on the goal of the study.

References

[1] Vigneau, E., & Qannari, E. M. (2002). Segmentation of consumers taking account of external data. A clustering of variables approach. *Food Quality and Preference, 13*(7-8), 515-521.
[2] Qannari, E. M., Wakeling, I., Courcoux, P.& MacFie, H. J. H. (2000). Defining the underlying sensory dimensions. *Food Quality and Preference, 11*(1-2), 151-154.

Acknowledgement

The authors thank Catherine Ouvrard for her help and the panellists who did the descriptive sensory analysis. This research is part of COSIVEG project and was funded by the Conseil Régional des Pays de Loire.

Annexe 12 : Article publié

Charles, M., Poinot, P., Texier, F., Arvisenet, G., Vigneau, E., Mehinagic, E., Prost, C. (2013). The “Mouth to Nose Merging System”: a novel approach to study the impact of odour on other sensory perception. *Food Quality and Preferences*, 28(1), *264-270.*