



Perception sensorielle de la texture de gels en France et au Vietnam et prédiction des profils sensoriels par des mesures instrumentales

Guillaume Blancher

► To cite this version:

Guillaume Blancher. Perception sensorielle de la texture de gels en France et au Vietnam et prédiction des profils sensoriels par des mesures instrumentales. Sciences du Vivant [q-bio]. ENSIA (AgroParisTech), 2007. Français. NNT : 2007AGPT0087 . pastel-00004503

HAL Id: pastel-00004503

<https://pastel.hal.science/pastel-00004503>

Submitted on 13 Jan 2009

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.

Ecole Nationale des Industries Agricoles et Alimentaires

**Ecole doctorale ABIES
Département Sciences des Aliments**

THESE

Présentée pour obtenir le grade de Docteur
Spécialité : Sciences Alimentaires

Guillaume BLANCHER

Perception sensorielle de la texture de gels en France et au Vietnam et
prédiction des profils sensoriels par des mesures instrumentales.

*Thèse dirigée par Gérard Cuvelier
Co-directeur de thèse : Jean-Marc Sieffermann*

Présentée publiquement le 12 Février 2007, devant le jury composé de :

M. Jean-François MEULLENET	University of Arkansas, USA	Rapporteur
M. El Mostafa QANNARI	ENITIAA, Nantes	Rapporteur
M. Jean-Marie AUBRY	ENSC, Lille	Examineur
Mlle Catherine DACREMONT	ENSBANA, Dijon	Examineur
M. Régis KESTELOOT	ISA, Lille	Examineur
M. Jean-Marc SIEFFERMANN	ENSIA, Massy	Examineur

Remerciements

Je tiens à remercier les nombreuses personnes qui ont contribué à rendre ce travail de thèse possible :

Gérard Cuvelier pour avoir accepté de diriger mon travail de thèse,
Jean-Marc Sieffermann, Sylvie Chollet et Régis Kesteloot pour leurs nombreux conseils qui m'ont permis de m'interroger et de construire durant les trois années de thèse,
Jean-Marc Sieffermann et Sylvie Chollet (et de nombreux relecteurs anonymes qui se reconnaîtront) pour leur aide pendant la phase de rédaction,
Thomas Devillers et l'équipe du pôle agroalimentaire de l'Institut Supérieur d'Agriculture de Lille pour leur accueil, leur bonne humeur et leur aide pendant ma thèse,
Dominique Valentin pour ses précieux conseils avant et pendant mon séjour au Vietnam,
Dzung Nguyen Hoang de l'Institut Polytechnique de Hô Chi Minh Ville pour m'avoir très chaleureusement accueilli au sein de son équipe au Vietnam,
Uyen Phan pour son aide dans la préparation de ma venue au Vietnam et pour son aide active qui a permis le bon déroulement des expériences,
Do Thi Duoc pour le travail conséquent qu'elle a réalisé au cours de son stage de fin d'étude au Vietnam, sans lequel ce travail de thèse aurait été impossible,
Hervé Abdi et Sébastien Lê pour leurs conseils et leur aide en statistiques,
Philippe Lanier (Firmenich), Marc Desprairies (Degussa Texturant Systems), Jean-Marc Parry (Kalys) et les autres fournisseurs d'ingrédients (Rousselot, Kelco) pour leur écoute et leurs conseils lors du choix des texturants et des arômes,
Messieurs Jean-François Meullenet et El Mostafa Qannari pour avoir accepté d'être rapporteurs de ce travail de thèse, ainsi que Mademoiselle Catherine Dacremont et Messieurs Jean-Marie Aubry, Régis Kesteloot et Jean-Marc Sieffermann pour avoir accepté de participer au jury,

Les nombreux sujets (professeurs et étudiants) qui ont accepté de se prêter au jeu de l'analyse sensorielle, en France et au Vietnam,
Ma famille pour leur soutien,
Sylvie pour sa patience,

La région Nord-Pas de Calais et la Fondation Norbert Segard pour avoir co-financé ce travail de thèse.

Je remercie enfin toutes les personnes que j'aurais malencontreusement oubliées.

Liste des présentations liées au travail de thèse

Articles dans des périodiques à comité de lecture :

Blancher, G., Chollet, S., Kesteloot, R., Nguyen Hoang, D., Cuvelier, G., Sieffermann, J.-M. (2006). French and Vietnamese: how do they describe texture characteristics of the same food? A case study with jellies, *Food Quality and Preference* (sous presse).

G. Blancher, S. Lê, J.-M. Sieffermann, S. Chollet (2006). Comparison of sensory profiles in France and Vietnam and validation of attribute transfer between the two countries, Soumis à *Food Quality and Preference*.

Communication orale :

Blancher, G., Chollet, S., Lê, S. (2006). HMFA as a tool to compare French and Vietnamese sensory points of view. In: *8th Sensometrics Conference*, 2-4 Août 2006, As, Norvège.

Communications affichées :

Blancher G., Chollet S., Kesteloot R., Nguyen Hoang D., Cuvelier G., Sieffermann J.M. (2005). Influence of culture and verbalisation on the sensory characterisation of jellies. In: *the 6th Pangborn Sensory Science Symposium*, August 7-11, 2005, Harrogate, Royaume Uni.

Blancher, G., Kesteloot, R., Chollet, S., Sieffermann, J.-M., Cuvelier, G. (2006). Prédiction d'un profil sensoriel de texture par des mesures rhéologiques : influence de la température et de la lubrification. In : *Agro-Industrie et Méthodes Statistiques – 9èmes Journées Européennes*, Janvier 2006, Montpellier, France, pp 301-311.

Blancher, G., Chollet, S., Nguyen Hoang, D., Abdi, H. (2006). Accounting for participants' diversity in Free Sorting Task: application to the comparison of French and Vietnamese perceptive spaces. In: *A Sense of Diversity – Second European Conference on Sensory Science of Food and Beverages*, 26-29 Septembre, La Haye, Pays Bas.

Sommaire

Liste des tableaux.....	7
Liste des figures	8
Abréviations.....	11
Introduction générale	13
Partie 1 : Bibliographie	15
Chapitre 1 : L'analyse sensorielle de la texture.....	15
1. Définition de la texture	15
2. L'être humain : un instrument de mesure sensoriel	15
2.1. Du stimulus à la perception	15
2.2. De la perception sensorielle à la réponse sensorielle.....	17
2.3. Expériences sensorielles, concepts sensoriels et langage	18
3. L'analyse sensorielle descriptive	18
3.1. Le profil conventionnel	18
3.2. Méthodes alternatives au profil conventionnel	21
3.2.1. Le profil flash	21
3.2.2. Le tri libre	23
3.3. Comparaison de profils conventionnels et de méthodes alternatives.....	23
3.3.1. Profil conventionnel et profil flash	24
3.3.2. Profil conventionnel et tri libre.....	24
4. Conclusions.....	26
Chapitre 2 : Comparaison de profils sensoriels établis par des panels de cultures différentes	27
1. Problèmes de traduction de descripteurs sensoriels	28
2. Etudes où le choix des descripteurs est libre dans chaque culture	30
3. Etudes effectuant un transfert de descripteurs d'une culture à une autre	33
4. Etudes visant à la construction d'un langage commun entre plusieurs cultures.....	35
5. Typologie des critères utilisés pour comparer les profils sensoriels entre plusieurs panels.....	37
6. Conclusions.....	38
Chapitre 3 : Les gels : des produits modèles en analyse sensorielle et en rhéologie	40
1. Définition physico-chimique d'un gel.....	40
1.1. Les différentes structures microscopiques.....	41
1.2. Les propriétés mécaniques.....	43
2. Analyse sensorielle descriptive des gels	45
2.1. Grille de lecture comparative des articles rencontrés	45
2.2. Les descripteurs sensoriels rencontrés et leurs importances relatives	49
2.2.1. Cas des descripteurs visuels des gels.....	50
3. Corrélations entre mesures sensorielle et instrumentale de la texture des gels	51
4. Conclusions.....	56
Partie 2 : Problématique	57
Partie 3 : Matériels et méthodes	61
Chapitre 1 : Les produits	61
1. Les produits formulés.....	61
1.1. Composition des produits formulés	61
1.2. Protocoles de préparation des produits formulés	62
1.3. Répétabilité de la préparation des produits.....	63
2. Les produits vietnamiens	64
3. Conservation et utilisation des produits	65
Chapitre 2 : Les méthodes de caractérisation sensorielle	66
1. Sujets.....	66
2. Procédures.....	67
2.1. Tri libre.....	67
2.2. Profil flash	68
2.3. Profil conventionnel	68
2.3.1. Elaboration ou d'apprentissage des descripteurs	69
2.3.1.1. Panels généré_FR et généré_VN	69
2.3.1.2. Panels imposé_FR et imposé_VN	76
2.3.2. L'entraînement des sujets.....	80
2.3.3. L'évaluation finale des produits.....	81
Chapitre 3 : Les méthodes de caractérisation instrumentale.....	82

1.	Spectrocolorimétrie	82
1.1.	Matériel	82
1.2.	Protocole.....	82
2.	Synérèse	83
2.1.	Matériel	83
2.2.	Protocole.....	83
3.	Mesures rhéologiques	83
3.1.	Matériel	83
3.2.	Relaxation.....	84
3.2.1.	Réalisation de la mesure.....	84
3.2.2.	Variables calculées	84
3.3.	Back extrusion.....	85
3.3.1.	Réalisation de la mesure.....	85
3.3.2.	Variables calculées	86
3.4.	Pénétration.....	88
3.4.1.	Réalisation de la mesure.....	88
3.4.2.	Variables calculées	89
	Chapitre 4 : Outils statistiques.....	90
1.	Méthodes d'analyse des données	90
1.1.	Analyse en Composantes Principales (ACP).....	90
1.2.	Analyse Factorielle des Correspondances (AFC).....	92
1.3.	Analyse Factorielle Multiple (AFM).....	93
1.4.	Analyse Procrustéenne Généralisée (APG).....	94
1.5.	Le coefficient RV	94
1.6.	DISTATIS	95
1.7.	Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).....	96
2.	Analyse de la variance	96
3.	Régression Partial Least Squares (PLS).....	97
4.	Logiciel	98
	Partie 4 : Résultats : influence de la culture sur la perception sensorielle des produits	99
	Chapitre 1 : Comparaison des résultats du tri libre en France et au Vietnam.....	99
1.	Différences interindividuelles entre les sujets.....	99
2.	Dimensionnalité de l'espace produit.....	100
3.	Degré de similarité entre les configurations des produits	100
4.	Nombre de mots générés.....	101
5.	Caractérisation sémantique des produits	102
	Chapitre 2 : Comparaison des résultats du profil flash en France et au Vietnam	103
1.	Différences interindividuelles entre les sujets.....	104
2.	Dimensionnalité de l'espace produit.....	104
3.	Degré de similarité entre les configurations des produits	105
4.	Nombre de descripteurs générés	106
5.	Caractérisation sémantique des produits	106
	Chapitre 3 : Comparaison des résultats du profil conventionnel en France et au Vietnam	111
1.	Nombre de descripteurs générés	111
2.	Performances des panels	111
3.	Différences interindividuelles entre les sujets.....	112
4.	Dimensionnalité de l'espace produit.....	113
5.	Degré de similarité entre les configurations des produits	114
5.1.	Cartes des produits	114
5.2.	Cercle des corrélations	116
6.	Bilan des relations entre les profils des panels généré_FR et généré_VN	118
	Partie 5 : Résultats : transfert de descripteurs sensoriels d'une culture à une autre	120
	Chapitre 1 : Performances des panels.....	120
	Chapitre 2 : Différences interindividuelles.....	121
	Chapitre 3 : Dimensionnalité de l'espace produit.....	122
	Chapitre 4 : Degré de similarité entre les configurations des produits	123
	Chapitre 5 : Corrélations linéaires simples entre descripteurs homologues	126
	Chapitre 6 : Bilan	126
	Partie 6 : Résultats : présentation des données instrumentales et prédiction des profils sensoriels des panels généré_FR et généré_VN par les données instrumentales	128

Chapitre 1 : Présentation des données instrumentales	128
1. Mesures de spectrocromimétrie en mode transmission.....	128
2. Mesures de synérèse.....	130
3. Comportement rhéologique des produits	131
3.1. Mesures de relaxation.....	131
3.2. Mesures de back extrusion	131
3.2.1. Bilan des valeurs.....	132
3.2.2. Analyse globale des effets produit, température et lubrification	134
3.2.3. Création d'une nouvelle variable instrumentale traduisant l'influence de la température sur la texture des produits.....	139
3.2.3.1. Identification de la variable d'intérêt	139
3.2.3.2. Modélisation de l'effet de la température	140
3.2.4. Réduction du nombre de variables de back extrusion	140
3.3. Mesures de pénétration.....	143
3.3.1. Bilan des valeurs.....	144
3.3.2. Analyse globale des effets produit, température et lubrification	147
3.3.3. Création d'une nouvelle variable instrumentale traduisant l'effet de la température sur la texture des produits.....	150
3.3.4. Réduction du nombre de variables de pénétration.....	151
4. Sélection de variables instrumentales	154
4.1. Elimination des variables instrumentales insuffisamment corrélées avec les descripteurs sensoriels	155
4.2. Relations entre les variables instrumentales issues des différents tests instrumentaux	156
Chapitre 2 : Prédiction des données des profils sensoriels généré_FR et généré_VN par les données instrumentales.....	159
1. Prédiction du profil du panel généré_FR par les mesures instrumentales.....	159
1.1. Degré de similarité entre les données du panel généré_FR et les données instrumentales.....	159
1.2. Résultats du modèle prédictif généré_FR ~ instrumental.....	160
1.2.1. Qualité du modèle prédictif généré_FR ~ instrumental.....	160
1.2.2. Cartes des produits et relations entre les descripteurs sensoriels du panel généré_FR et les variables instrumentales.....	161
2. Prédiction du profil du panel généré_VN par les variables instrumentales.....	165
2.1. Degré de similarité entre les données du panel généré_VN et les données instrumentales.....	165
2.2. Résultats du modèle prédictif généré_VN ~ instrumental	166
2.2.1. Qualité du modèle prédictif généré_VN ~ instrumental	166
2.2.2. Cartes des produits et relations entre les descripteurs sensoriels du panel généré_VN et les variables instrumentales.....	167
3. Bilan des prédictions des profils sensoriels des panels généré_FR et généré_VN par les données instrumentales.....	170
Partie 7 : Discussion générale	173
1. Différences de caractérisation sensorielle entre les deux cultures	175
2. Qualité du transfert de descripteurs d'un pays à un autre	179
3. Qualité de la prédiction des profils sensoriels par des données instrumentales	181
4. Part relatives de la culture (France vs. Vietnam) et de la méthode de caractérisation choisie	183
Partie 8 : Conclusions générales et perspectives	187
Partie 9 : Références bibliographiques.....	191
Annexes.....	200

Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison des études portant sur l'évaluation sensorielle descriptive des gels.	48
Tableau 2 : Typologie des descripteurs rencontrés dans les études portant sur la caractérisation sensorielle des gels et total d'occurrences.	50
Tableau 3 : Comparaison des études portant sur les corrélations entre mesures sensorielles (profil conventionnel) et instrumentales de la texture des gels aromatisés sucrés (les descripteurs sensoriels mentionnés sont en italique).	54
Tableau 4 : Liste des 17 produits formulés et codes adoptés lors de l'étude. Les concentrations sont données en % P/P. Tous les produits contiennent 9% de saccharose, 0,004% d'arôme fraise (n° 504118A, Firmenich) et 0,1% de colorant ("colorant rouge Carmin", Sébalté). Les lettres indiquent les noms des fournisseurs : (a) Kalys; (b) Rousselot; (c) Degussa Texturant Systems; (d) Kelco.	61
Tableau 5 : Résultats du test triangulaire réalisé sur 4 produits maturés pendant 24h ou 48h.	66
Tableau 6 : Caractéristiques des sujets utilisés dans l'étude.	67
Tableau 7 : Liste des 83 termes retenus en France avec le panel généré_FR après la phase de réduction qualitative.	71
Tableau 8 : Liste des 52 termes retenus au Vietnam avec le panel généré_VN après la phase de réduction qualitative.	72
Tableau 9 : Définitions et protocoles des 24 descripteurs du panel généré_FR en France.	74
Tableau 10 : Définitions et protocoles des 22 descripteurs du panel généré_VN au Vietnam.	75
Tableau 11 : Produits de référence choisis pour illustrer les 24 descripteurs du panel généré_FR en France et les 22 descripteurs du panel généré_VN au Vietnam.	76
Tableau 12 : Définitions et protocoles des 22 descripteurs du panel imposé_FR en France.	78
Tableau 13 : Définitions et protocoles des 24 descripteurs du panel imposé_VN au Vietnam.	79
Tableau 14 : Produits présentés lors des 5 séances d'entraînement aux 4 panels.	80
Tableau 15 : Les 13 paramètres instrumentaux issus du test de back extrusion.	87
Tableau 16 : Les 17 paramètres instrumentaux issus du test de pénétration.	90
Tableau 17 : Répartition des sujets français et vietnamiens de profil flash en fonction de la dimensionnalité de l'espace-produit (1, 2 ou 3).	105
Tableau 18 : Répartition des sujets français et vietnamiens de profil conventionnel en fonction de la dimensionnalité de l'espace-produit (de 3 à 6).	113
Tableau 19 : Classification des sujets des profils conventionnels généré_FR et imposé_VN en fonction de la dimensionnalité de l'espace-produit (de 4 à 7).	122
Tableau 20 : Classification des sujets des profils conventionnels généré_VN et imposé_FR en fonction de la dimensionnalité de l'espace-produit (de 3 à 6).	123
Tableau 21 : Résultats de la MANOVA pour l'analyse globale des effets produit, température, lubrification et leurs interactions pour les mesures de back extrusion: test du lambda de Wilk.	135
Tableau 22 : Résultats des huit MANOVA réalisées pour chacun des couples de données température (4 niveaux) x lubrification (2 niveaux) pour les données de back extrusion : F de Fischer approximé du test du lambda de Wilk. Les F de Fischer sont tous très significatifs ($p < 2,2 \cdot 10^{-16}$).	138
Tableau 23 : Présentation des 5 variables de back extrusion retenues.	142
Tableau 24 : Résultats de la MANOVA pour l'analyse globale des effets produit, lubrification et de leur interaction pour les mesures de pénétration : test du lambda de Wilk.	148
Tableau 25 : Résultats de la MANOVA pour l'analyse globale des effets produit, température et de leur interaction pour les mesures de pénétration : test du lambda de Wilk.	149
Tableau 26 : Présentation des 6 variables de pénétration retenues.	153
Tableau 27 : Pourcentage de la variance expliquée, pourcentage de la variance utilisée pour la prédiction et PRESS pour les deux modèles de régression PLS2 généré_FR ~ instrumental et généré_FR ~ généré_VN.	161
Tableau 28 : Pourcentage de la variance expliquée, pourcentage de la variance utilisée pour la prédiction et PRESS pour les deux modèles de régression PLS2 généré_FR ~ instrumental et généré_VN ~ généré_FR.	167
Tableau 29 : Récapitulation des relations identifiées à l'aide des modèles PLS2 entre les descripteurs sensoriels des panels généré_FR et généré_VN d'une part, et les variables instrumentales d'autre part. Les descripteurs sensoriels en italique sont ceux qui n'ont pu être reliés ni à un descripteur de l'autre panel, ni à une variable instrumentale).	172

Liste des figures

Figure 1 : Formation de la perception sensorielle (d'après MacLeod et al., 1998 et Meilgaard et al., 1999)	17
Figure 2 : Principales étapes du profil conventionnel (d'après ISO 13299, 2003).....	19
Figure 3 : Différentes traductions d'un même mot (ici « bread » en anglais) font en réalité référence à différents concepts sensoriels (reproduit d'après Zannoni, 1997).....	29
Figure 4 : Gels mixtes de type I (a) et gels mixtes de type II dits « couplés » (b), « avec séparation de phase » (c) et « avec réseau interpénétré » (d). Reproduit d'après Browsey et Morris (1988).....	42
Figure 5 : Protocole général de fabrication des produits formulés.....	62
Figure 6 : Schéma récapitulatif des entraînements et des évaluations des 4 panels	69
Figure 7 : Principe général du déroulement des séances de réduction du nombre de descripteurs, de définition des protocoles et d'apprentissage d'utilisation des échelles non structurées	73
Figure 8 : Géométrie et dimensions du piston utilisé pour le test de back extrusion	84
Figure 9 : Exemple de courbe obtenue avec le test de relaxation (produit 3).....	85
Figure 10 : Schéma du test de back extrusion	86
Figure 11 : Exemple de courbe obtenue avec le test de back extrusion (produit 3 à 4°C, sans lubrification).....	87
Figure 12 : Exemple de courbe obtenue avec le test de pénétration (produit 3 à 4°C, sans lubrification)	89
Figure 13 : Matrice X à analyser en ACP	91
Figure 14 : Matrice X, concaténation horizontale des k matrices X_i à analyser en AFM	93
Figure 15 : Matrice X, concaténation horizontale des k matrices X_i à analyser en AFM	95
Figure 16 : Matrice de distance D_i pour le juge J_i	95
Figure 17 : Matrice de distance à analyser en CAH	96
Figure 18 : Matrices Y à prédire et X prédictrice à analyser en PLS	97
Figure 19 : Carte des sujets français et vietnamiens pour le tri libre : ACP de la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujets, sujets français (□) et vietnamiens (♦) confondus, pour le tri libre.....	100
Figure 20 : Pourcentages de la variance expliqués par les différentes dimensions de l'analyse Distatis pour le tri libre (a) en France et (b) au Vietnam	100
Figure 21 : Résultats de Distatis comparant les points de vue des sujets français et vietnamiens pour le tri libre. Représentation superposée des 18 produits moyens (●) et des produits partiels vus par le panel français (□) et par le panel vietnamien (♦) dans les plans (a) 2x1 et (b) 3x4.....	101
Figure 22 : Résultats de l'AFC réalisée sur les mots donnés pour décrire les produits à l'issue de l'épreuve de tri par les sujets français (dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4) et vietnamiens (dans les plans (c) 1x2 et (d) 3x4) Les notions associées à chaque groupe de mots sont représentées en italique et en grisé.	103
Figure 23 : ACP de la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujets, sujets français (□) et vietnamiens (♦) confondus, pour le profil flash.....	104
Figure 24 : Pourcentages de la variance expliqués par les différentes dimensions de l'APG pour le profil flash (a) en France et (b) au Vietnam	105
Figure 25 : Résultats de l'AFM comparant les points de vue des sujets français et vietnamiens pour le profil flash. Représentation superposée des 18 produits moyens (●) et des produits partiels vus par le panel français (□) et par le panel vietnamien (♦) dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4.	106
Figure 26 : Résultats de l'APG pour le profil flash en France. Représentation des produits moyens dans les plans (a) 2x1 et (b) 3x4, et représentation des descripteurs sur les cercles des corrélations dans les plans (c) 2x1 et (d) 3x4. Sur les cercles des corrélations, les notions associées à chaque groupe de descripteur sont représentées en italique et en grisé. Les groupes de descripteurs ont été identifiés par CAH sur les coordonnées des descripteurs.	108
Figure 27 : Résultats de l'APG pour le profil flash au Vietnam. Représentation des produits moyens dans les plans (a) 2x1 et (b) 2x3, et représentation des descripteurs sur les cercles des corrélations dans les plans (c) 2x1 et (d) 2x3. Sur les cercles des corrélations, les notions associées à chaque groupe de descripteur sont représentées en italique et en grisé (en français). Les groupes de descripteurs ont été identifiés par CAH sur les coordonnées des descripteurs.	109
Figure 28 : ACP de la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujets, sujets français (□) et vietnamiens (♦) confondus, pour le profil conventionnel avec génération de descripteurs.....	113
Figure 29 : Résultats de l'AFM comparant les points de vue des panels français et vietnamiens ayant généré leurs descripteurs (général_FR et général_VN). Représentation superposée des 17 produits moyens (■) et des produits vus par le panel français et par le panel vietnamien dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4. Autour des produits partiels des français (—) et des vietnamiens (----) sont représentées des ellipses de confiance à 95% créées par ré-échantillonnage au sein de chaque panel.....	116

Figure 30 : Résultats de l'AFM comparant les points de vue des panels français et vietnamiens ayant généré leurs descripteurs (général_FR et général_VN). Représentation superposée des descripteurs du panel général_FR (en gras) et des descripteurs du panel général_VN dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4.....	118
Figure 31 : (a) ACP de la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujets du panel général_FR (□) et les sujets du panel imposé_VN (♦) confondus ; (b) ACP de la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujets du panel général_VN (♦) et les sujets du panel imposé_FR (□) confondus.	122
Figure 32 : Résultats de l'AFM comparant les points de vue des panels général_FR et imposé_VN). Représentation superposée des 17 produits moyens (■) et des produits vus par le panel français et par le panel vietnamien dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4. Autour des produits partiels des français (—) et des vietnamiens (---) sont représentées des ellipses de confiance à 95% créées par ré-échantillonnage au sein de chaque panel.	124
Figure 33 : Résultats de l'AFM comparant les points de vue des panels général_VN et imposé_FR). Représentation superposée des 17 produits moyens (■) et des produits vus par le panel français et par le panel vietnamien dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4. Autour des produits partiels des français (—) et des vietnamiens (---) sont représentées des ellipses de confiance à 95% créées par ré-échantillonnage au sein de chaque panel.	125
Figure 34 : Valeurs des 3 variables de spectrophotométrie L*, C*, h* pour les 17 produits. Pour une variable donnée, deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$).....	129
Figure 35 : Représentation des 17 produits dans le plan L* x h*. Les couleurs des produits sur la figure représentent de la manière la mieux approchée possible les couleurs réelles des produits telles qu'elles ont été mesurées en spectrophotométrie.	130
Figure 36 : Synérèse des 17 produits. Deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$).....	130
Figure 37 : Valeur des paramètres de relaxation k_1 et k_2 pour les 17 produits. Deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$)	131
Figure 38 : Valeurs des 13 variables de back extrusion pour les 17 produits, pour la condition 4°C sans lubrification. Pour une variable donnée, deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$).....	133
Figure 39 : Résultats de l'AFM comparant les configurations de l'espace produit aux 4 niveaux de températures avec les mesures de back extrusion, pour la condition « avec lubrification ». Représentation superposée des 17 produits moyens (●) et des produits à 4°C (●), 15°C (●), 25°C (●) et 35°C (●) dans le plan 1x2.....	136
Figure 40 : Influence de la température sur la variable de back extrusion D_rup pour les 17 produits, pour la condition « avec lubrification ». Les 4 niveaux de température sont : 4°C (—), 15°C (—), 25°C (—) et 35°C (—). Chaque point est la moyenne des deux répétitions.....	137
Figure 41 : Résultats de l'AFM comparant les configurations de l'espace produit avec ou sans lubrification avec les mesures de back extrusion, pour la condition « 4°C ». Représentation superposée des 17 produits moyens (●) et des produits avec lubrification (a) et sans lubrification (s) dans le plan 1x2.....	138
Figure 42 : Valeurs de la variable D_A2 de back extrusion pour les 17 produits, pour la condition "avec lubrification". Deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$).....	140
Figure 43 : Résultats de l'ACP sur les données de back extrusion. Représentation des produits dans les plans (a) 1x2 et (b) 1x3, et représentation des variables sur les cercles des corrélations dans les plans (c) 1x2 et (d) 1x3. Sur les cartes des produits, les répétitions (o) sont représentées en supplémentaire, et reliées aux produits moyens par un trait.	143
Figure 44 : Valeurs des 17 variables de back extrusion pour les 17 produits, pour la condition 4°C sans lubrification. Pour une variable donnée, deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$).....	146
Figure 45 : Résultats de l'AFM comparant les configurations de l'espace produit avec ou sans lubrification avec les mesures de pénétration, pour la condition « 4°C ». Représentation superposée des 17 produits moyens (●) et des produits avec lubrification (a) et sans lubrification (s) dans le plan 1x2.....	148
Figure 46 : Résultats de l'AFM comparant les configurations de l'espace produit aux 4 niveaux de températures avec les mesures de pénétration, pour la condition « sans lubrification ». Représentation superposée des 17 produits moyens (●) et des produits à 4°C (●), 15°C (●), 25°C (●) et 35°C (●) dans le plan 1x2.....	149
Figure 47 : Valeurs de la variable A_tot2 de pénétration pour les 17 produits, pour la condition "avec lubrification". Deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$).....	151
Figure 48 : Résultats de l'ACP sur les données de pénétration. Représentation des produits dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4, et représentation des variables sur les cercles des corrélations dans les plans (c) 1x2 et (d) 3x4.	154
Figure 49 : Représentation de la variable instrumentale de pénétration P_Atot2 rendant compte de l'influence de la température sur la textures des produits, en fonction du descripteur sensoriel fond (en bouche) du panel général_FR.	156

Figure 50 : Résultats de l'ACP sur les données instrumentales : représentation des produits dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4, et représentation des variables sur les cercles des corrélations dans les plans (c) 1x2 et (d) 3x4.	158
Figure 51 : ACP de la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujet du panel généré_FR (□) et les données instrumentales (♦).	160
Figure 52 : Résultats de la régression PLS2 selon le modèle Y (généré_FR) ~ X (instrumental). Représentation des produits dans les plans(a) 1x2 et (b) 3x4, et représentation des descripteurs sensoriels (en gras) et des variables instrumentales sur les cercles des corrélations dans les plans (c) 1x2 et (d) 3x4.	162
Figure 53 : ACP de la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujet du panel généré_VN (♦) et les données instrumentales (♦).	166
Figure 54 : Résultats de la régression PLS2 selon le modèle Y (généré_VN) ~ X (instrumental). Représentation des produits dans les plans(a) 1x2 et (b) 3x4, et représentation des descripteurs sensoriels (en gras) et des variables instrumentales sur les cercles des corrélations dans les plans (c) 1x2 et (d) 3x4.	170
Figure 55 : ACP de la matrice des coefficients RV entre les configurations du tri libre en France (▲), du tri libre au Vietnam (Δ), du profil flash en France (●), du profil flash au Vietnam (○), du profil conventionnel avec génération de descripteurs en France (■), du profil conventionnel avec génération de descripteurs au Vietnam (□), du profil conventionnel avec descripteurs vietnamiens traduits en français et utilisés en France (◇), du profil conventionnel avec descripteurs français traduits en vietnamiens et utilisés au Vietnam (◆) et des mesures instrumentales (*).	173
Figure 56 : Résultats de l'AFM comparant les configurations obtenues avec le tri libre en France (▲), le tri libre au Vietnam (Δ), le profil flash en France (●), le profil flash au Vietnam (○), le profil conventionnel avec génération de descripteurs en France (■), le profil conventionnel avec génération de descripteurs au Vietnam (□), le profil conventionnel avec descripteurs vietnamiens traduits en français et utilisés en France (◇), le profil conventionnel avec descripteurs français traduits en vietnamiens et utilisés au Vietnam (◆) et les mesures instrumentales (*). Les couleurs correspondent aux groupes identifiés par CAH.	174
Figure 57 : Résultats de la CAH réalisée sur les coordonnées des produits formulés (produits 1 à 17) et des produits vietnamiens (produits 18 à 20) pour (a) le panel généré_FR et (b) le panel généré_VN.	200

Abréviations

Méthodes statistiques

ACP : analyse en composantes principales
AFC : analyse factorielle des correspondances
AFM : analyse factorielle multiple
APG : analyse procrustéenne généralisée
ANOVA : analyse de la variance
CAH : classification ascendante hiérarchique
DISTATIS : analyse de matrices de distances multiples
MANOVA : analyse de la variance multiple
NRV : coefficient RV normalisé
PLS : régression partial least squares
RV : coefficient RV

Panels

généré_FR : panel français qui a généré ses propres descripteurs
généré_VN : panel vietnamien qui a généré ses propres descripteurs
imposé_FR : panel français auquel on a imposé les descripteurs du panel généré_VN préalablement traduits en français
imposé_VN : panel vietnamien auquel on a imposé les descripteurs du panel généré_VN préalablement traduits en vietnamien

Test de back extrusion

D_A : aire sous la courbe de back extrusion pendant la descente du piston (10^{-3} J)
D_A2 : influence de la température sur B_DA (sur la plage de température comprise entre 4°C et 35°C, pour la condition « avec lubrification ») (-)
D_Df : dimension fractale de la courbe de back extrusion pendant la descente du piston (-)
D_per : périmètre de la courbe de back extrusion pendant la descente du piston (-)
D_R : rapport entre D_per et D_A (-)
D_rup : force à la rupture pendant la descente du piston de back extrusion (N)
G_A : rapport entre D_A et U_A
G_per : rapport entre D_per et U_per
G_RDf : rapport entre D_Df et U_Df
G_RPer_A : rapport entre (D_per + U_per) et (D_A + U_A)
U_A : aire sous la courbe de back extrusion pendant la remontée du piston (-)
U_Df : dimension fractale de la courbe de back extrusion pendant la remontée du piston (-)
U_R : rapport entre U_per et U_A (-)
U_per : périmètre de la courbe de back extrusion pendant la remontée du piston (-)

Test de back pénétration

A_creux : aire sous la courbe jusqu'au creux (N.%)
A_rupt : aire sous la courbe jusqu'à la rupture (-)
A_tot : aire sous toute la courbe (N.%)
A_tot2 : influence de la température sur A_tot (sur la plage de température comprise entre 4°C et 35°C, pour la condition « sans lubrification ») (-)
D_creux : % d'enfoncement au creux (%)
D_Rup : % d'enfoncement à la rupture (%)
Delta_D : $(D_{rup} - D_{creux}) / D_{rup}$ (-)
Delta_F : $(F_{rup} - F_{creux}) / F_{rup}$ (-)
Per_tot : périmètre total de la courbe (-)
Per_rup : périmètre de la courbe après la rupture (-)
Per_rup_r : $Per_{rup} / (100 - D_{Rup})$ (-)
Per_rup_rr : Per_{rup_r} / F_{rup} (-)
F_creux : force au creux (N)
F_rup : force à la rupture (N)
R_creux : rapport entre F_creux et D_creux ($N.\%^{-1}$)
R_deltas : rapport entre delta F et delta D (-)
R_rup : rapport entre F_rup et D_Rup ($N.\%^{-1}$)

Young : module d'Young pour une déformation comprise entre 0 et 8 % d'enfoncement ($\text{N}\cdot\text{\%}^{-1}$)

Spectrocolorimétrie

C : saturation métrique C^* (-)
h : angle de teinte métrique h^* ($^\circ$)
L : clarté L^* (-)

Autres mesures instrumentales

k1 : constante de Peleg rendant compte du comportement du produit en début de relaxation (s)
k2 : constante de Peleg rendant compte du comportement du produit en fin de relaxation (-)
Syn : synérèse, ou pourcentage de perte de liquide d'un gel (%)

Introduction générale

Les propriétés de texture des aliments solides et semi-solides peuvent être caractérisées au moyen de l'analyse sensorielle descriptive quantifiée. Cette méthode met en œuvre un groupe de sujets entraînés à l'utilisation d'une liste consensuelle de descripteurs sensoriels dans le but de noter l'intensité de leurs sensations. Dans ce cadre, une question importante est de savoir quelles sont les similarités et les différences au niveau des descriptions sensorielles fournies par des sujets appartenant à des cultures différentes. Une autre question est de savoir s'il est possible de transférer des descripteurs sensoriels entre des groupes de sujets ayant des cultures et des langues différentes.

Les propriétés de texture des solides et semi-solides peuvent également être caractérisées au moyen de la rhéologie, une discipline qui étudie les relations entre les forces appliquées aux matériaux et les déformations qui en résultent. Les mesures rhéologiques aux grandes déformations permettent généralement de prédire certaines propriétés sensorielles de texture des aliments.

Dans le cadre de ce travail de thèse, nous choisissons d'étudier deux cultures très différentes de par leurs langues, leurs habitudes alimentaires et leurs modes de vie : les cultures françaises et vietnamiennes. Ces deux cultures ont déjà fait l'objet de travaux approfondis dans le cadre de la catégorisation des odeurs (Chr  a, 2005). Chr  a *et al.* (2004) ont montré que les cultures française et américaine présentaient davantage de similarités entre elles qu'avec la culture vietnamienne concernant la catégorisation d'odeurs de fruits et de fleurs. Dans notre cas, nous faisons l'hypothèse qu'il peut exister des différences importantes entre des profils sensoriels issus des cultures française et vietnamienne.

Les gels aromatisés sucrés sont les produits support de notre étude. Ils présentent l'avantage d'être facilement formulables de manière répétable dans le temps et en différents lieux. Cet espace-produit est également intéressant car il présente potentiellement une certaine diversité de textures.

La première partie de ce rapport de thèse est une synthèse bibliographique structurée en trois points. Le premier point est centré sur l'analyse sensorielle de la texture. Le second point vise à établir une synthèse d'études relatives à la comparaison de profils sensoriels dans un contexte cross-culturel. Le troisième point concerne la caractérisation sensorielle et les

corrélations sensoriel/instrumental sur la texture des gels.

La deuxième partie présente la problématique de ce travail, qui est triple. Tout d'abord, nous souhaitons décrire de manière fine les éventuelles différences de caractérisations sensorielles de l'apparence visuelle et de la texture des gels, en France et au Vietnam. Ensuite, nous souhaitons étudier dans quelles mesures il est possible de transférer des descripteurs sensoriels entre des panels appartenant aux deux cultures. Enfin, nous voulons étudier la possibilité de prédire la perception sensorielle de la texture des gels par des mesures instrumentales.

La troisième partie présente les matériels et les méthodes utilisés pour répondre aux questions posées dans la problématique. Nous présenterons tout d'abord les produits de notre étude, les gels, puis les méthodes d'évaluation sensorielle utilisées en France et au Vietnam : le tri libre, le profil flash et le profil conventionnel. Dans le cas du profil conventionnel, deux types de panels ont été utilisés dans chaque pays : d'une part des panels qui génèrent et utilisent leurs propres descripteurs, et d'autre part des panels qui reçoivent et apprennent les descripteurs traduits issus des panels ayant généré leurs propres descripteurs. Nous détaillerons ensuite les différents types de tests instrumentaux mis en œuvre pour caractériser la couleur et la texture des gels : des mesures de spectrocolorimétrie, de synérèse, et des mesures rhéologiques (relaxation, back extrusion et pénétration). Enfin, nous présenterons les outils statistiques utilisés pour analyser les résultats des mesures sensorielles et instrumentales, et pour mettre en relation différents jeux de données.

La quatrième partie présente les résultats du tri libre, du profil flash et du profil conventionnel avec génération de descripteurs, en France et au Vietnam.

La cinquième partie est consacrée aux résultats de la traduction et du transfert des descripteurs issus des panels de profil conventionnel avec génération de descripteurs vers deux nouveaux panels de profil conventionnel, en France et au Vietnam.

La sixième partie présente les résultats des mesures instrumentales et étudie la possibilité de les utiliser pour prédire les profils sensoriels fournis par les panels ayant généré leurs descripteurs, en France et au Vietnam.

Dans la discussion générale, nous mettons en perspective les résultats de notre travail par rapport aux travaux antérieurs.

Enfin, nous dégageons les conclusions générales de nos travaux, en relation avec la problématique de la thèse.

Partie 1 : Bibliographie

Chapitre 1 : L'analyse sensorielle de la texture

Lorsque nous consommons un aliment, nos cinq sens sont amenés à être stimulés (la vue, l'odorat, le toucher, le goût et l'ouïe). Parmi ces cinq sens, le toucher occupe une place importante dans la perception de la texture des aliments.

1. Définition de la texture

Pour Bourne (2002), les propriétés de texture des aliments sont un groupe de caractéristiques physiques résultant de la structure des aliments, perçues principalement par le sens du toucher lors de la déformation, de la désintégration ou de l'écoulement de l'aliment sous l'action d'une force. Selon la norme ISO 11036 (1994), les propriétés de texture sont perceptibles par les mécanorécepteurs, éventuellement visuels et auditifs. Les propriétés de texture peuvent être classées en trois groupes : mécaniques, géométriques et « de surface ». Les propriétés mécaniques peuvent être évaluées avant introduction en bouche ou en bouche. Elles comportent des propriétés dites primaires (dureté, cohésion, viscosité, élasticité, adhérence) et secondaires (fragilité, mâchement, nombre de mastications, broyabilité). Les propriétés géométriques sont plutôt évaluées en bouche. Elles comprennent la granulosité, la conformation (fibreuse, cellulaire, cristallisé, soufflé, aéré). Enfin, les « propriétés de surface » correspondent aux sensations produites par l'eau ou les matières grasses.

2. L'être humain : un instrument de mesure sensoriel

La perception de la texture, comme celle des autres propriétés sensorielles, passe tout d'abord par une forme d'interaction entre le corps humain et l'aliment, puis par des traitements complexes de l'information par le cerveau.

2.1. Du stimulus à la perception

Tout d'abord, l'interaction entre le stimulus et un récepteur sensoriel engendre un influx nerveux en direction du cerveau. La formation des sensations qui donneront lieu à la perception de la texture passe essentiellement par le toucher au sens large et par la sensibilité profonde. Ces sensations sont formées lors de la manipulation de l'aliment avec les mains, ou avec la bouche (langue, palais, muqueuses et dents). En bouche, la perception de la texture se produit lors de la mastication, une activité rythmique semi-automatique.

Le toucher au sens large comprend trois qualités : la sensibilité à la pression, le toucher léger et la sensibilité à la vibration (Richard et Orsal, 2001). Ces trois qualités correspondent à différents types de récepteurs dans la peau. La sensibilité à la pression a pour support des récepteurs à adaptation lente (corpuscules de Ruffini, disques de Merkel et disques tactiles).

Le toucher léger permet la détection de glissements légers à la surface de la peau. Il a essentiellement pour support les corpuscules de Meissner et les récepteurs des follicules pileux. La sensibilité aux vibrations est permise par les corpuscules de Pacini, situés dans le tissu sous-cutané.

La sensibilité profonde (ou proprioception) nous permet de connaître la position et les mouvements de nos membres dans l'espace, et de connaître les forces mises en jeu lors de la contraction des muscles. Les fuseaux neuro-tendineux de Golgi (situés dans les tendons) permettent de détecter les variations de la force contractile. Enfin, de nombreux récepteurs sont situés dans les articulations, et participent à la perception de la position et du mouvement.

L'information est véhiculée depuis les récepteurs vers le système nerveux central puis vers le cerveau par le nerf trigéminal. L'information est codée en intensité (masse globale d'activité nerveuse induite par la stimulation) et en qualité (répartition spatiale de cette même activité).

La perception commence au moment où les influx nerveux atteignent les aires sensorielles primaires. Sur le cortex somesthésique primaire, à tout point de la surface cutanée correspond un point précis de l'aire corticale (somatotopie). L'étendue des aires corticales dépend de la précision de la sensibilité associée à chaque région du corps, et non de la surface réelle des régions du corps (Richard et Orsal, 2001). La bouche, la langue et les mains sont des régions du corps particulièrement sensibles par rapport aux autres parties du corps (Imbert, 2006).

La naissance de la perception résulte de l'intégration des influx sensoriels au niveau central, où mémoire et conscience entrent simultanément en jeu. Cette intégration dépend du degré du degré d'attention, de l'état émotionnel, de la motivation et du niveau d'apprentissage (Meilgaard *et al.*, 1999). La perception sensorielle correspond donc à une interprétation des sensations, en référence à ce que nous avons pu apprendre (Richard et Orsal, 2001 ; MacLeod *et al.*, 1998). Elle correspond à la prise de conscience des événements externes. La perception de la texture d'une manière générale, et plus particulièrement la perception de la texture en bouche, est un processus dynamique dont nous détaillerons les spécificités plus loin.

En résumé, la formation de la perception sensorielle en réaction à un stimulus passe par une série de mécanismes : la chaîne de la perception (Figure 1). Ce n'est qu'à l'étape d'intégration que la mémoire apporte une connotation hédonique, en plus de l'information sur

la qualité et l'intensité de la perception sensorielle.

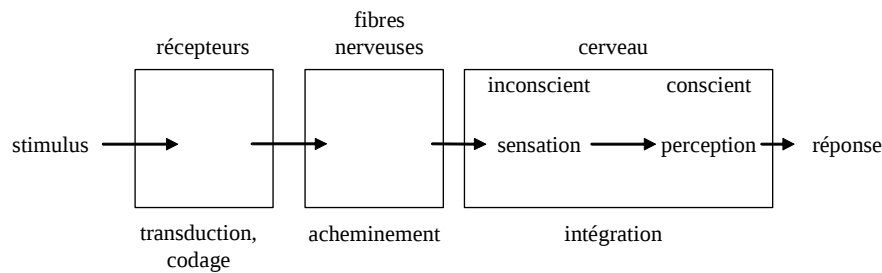


Figure 1 : Formation de la perception sensorielle (d'après Mac Leod et al., 1998 et Meilgaard et al., 1999)

La formation de la sensation peut être influencée par la génétique. Un exemple extrême avec l'olfaction est celui des personnes qui ne sont pas sensibles à certaines substances (Bartoshuk, 2000).

2.2. De la perception sensorielle à la réponse sensorielle

Afin d'accéder à l'information contenue dans la perception sensorielle des sujets (non accessible de manière directe), l'analyste sensoriel a recours à diverses méthodes visant à analyser les réponses sensorielles des sujets. On dissocie habituellement l'évaluation de la réponse hédonique (que nous ne détaillerons pas ici) de la réponse descriptive (qui caractérise les propriétés sensorielles du produit), et on suppose que les sujets sont capables de dissocier ces deux composantes.

L'analyse sensorielle peut être considérée comme un ensemble de méthodes. A chaque méthode correspond un objectif précis, et en fonction des objectifs fixés par l'analyste sensoriel, une méthode précise sera appliquée. Les méthodes utilisées en analyse sensorielle sont classiquement classées en épreuves hédoniques, épreuves discriminatives (qui visent à déterminer l'existence de différences entre deux produits), épreuves d'estimation de l'intensité d'une grandeur sensorielle simple (qui visent à obtenir un positionnement des échantillons sur une échelle d'intensité pour une grandeur sensorielle donnée), épreuves descriptives de type profil (qui visent à établir une description quantifiée des propriétés sensorielles des produits) et épreuves non verbales (qui visent à étudier le degré de similitude entre les produits de manière non verbale) (Mac Leod et al., 1998). Ces méthodes ont toutes en commun d'être conduites dans des conditions contrôlées : présence d'un animateur, de sujets physiquement isolés les uns des autres et ne communiquant pas entre eux, et anonymat des produits.

La réponse sensorielle peut varier entre les sujets : tous les sujets n'ont pas forcément exactement les mêmes sensations, en fonction de leur bagage génétique (Bartoshuk, 2000), et la réponse peut varier en fonction des expériences sensorielles passées qui sont propres à

chaque individu (Muñoz et Civille, 1998). La réponse sensorielle peut également varier, pour un même sujet, selon un certain nombre de facteurs physiologiques (adaptation, interactions de type synergie entre stimuli) ou psychologiques (biais lié à la connaissance de l'identité des produits, habituation et dérive dans le temps, associations logiques de descripteurs, effet halo, ordre de présentation des produits, influence des autres panélistes, manque de motivation) (Meilgaard et al., 1999).

2.3. Expériences sensorielles, concepts sensoriels et langage

La formation d'un concept sensoriel tel que « couleur rouge » se forme en deux temps : l'abstraction puis la généralisation (Miller et Johnson-Laird, 1976 ; Ishii et O'Mahony, 1987). Dans un premier temps, le concept sensoriel est formé par abstraction des stimuli rouges et non-rouges. Dans un second temps, ce concept est généralisé ou étendu au-delà des sensations utilisées lors du procédé d'extraction. Par la suite, de nouveaux stimuli n'ayant jamais été vus auparavant et présentant le caractère rouge seront catégorisés comme « rouges ». Le sujet met alors l'étiquette « rouge » sur ce concept sensoriel afin de permettre la communication entre les personnes qui partagent ce concept.

Muñoz et Civille (1998) ont défini le cadre de référence qualitatif comme l'ensemble des points de référence et des informations mémorisées que les juges utilisent mentalement quand ils choisissent des mots pour décrire leurs perceptions. Lorsque les sujets ne sont pas entraînés, leurs cadres de référence ne sont pas identiques parce que chaque personne est exposée à des expériences sensorielles différentes tout au long de sa vie. Selon Muñoz et Civille (1998), la culture, l'environnement ou encore l'histoire d'un individu sont des facteurs qui ont une grande influence sur la structure de son cadre de référence.

3. L'analyse sensorielle descriptive

3.1. Le profil conventionnel

Le but de la méthode de profil conventionnel (ISO 13299, 2003) est d'établir une description complète des propriétés sensorielles d'un ensemble de produits sur le plan qualitatif (identification de l'ensemble des descripteurs sensoriels permettant de décrire un espace produit) et quantitatif (notation de l'intensité de chaque descripteur sensoriel pour chaque produit). L'aboutissement de la méthode du profil conventionnel est le profil sensoriel des produits (ou « profil »), c'est à dire la description quantifiée des propriétés sensorielles d'un ensemble de produits. Le plus souvent, le profil sensoriel des produits est représenté sous forme de graphique(s). Le profil peut être partiel, c'est-à-dire restreint à une ou plusieurs modalités sensorielles (par exemple, la texture).

La réalisation du profil sensoriel de produits comprend plusieurs étapes (Figure 2) : la constitution du panel, la constitution d'une liste de descripteurs peu corrélés entre eux permettant de mettre en évidence des différences entre les produits, l'entraînement du panel à l'utilisation des descripteurs de manière répétable, consensuelle et discriminante, et enfin l'évaluation finale durant laquelle les produits sont présentés en « monadique séquentiel » c'est à dire les uns après les autres, et un seul à la fois.

Tout le travail effectué par les sujets avant la phase d'entraînement et pendant la phase d'entraînement des sujets permet l'alignement des concepts sensoriels entre les sujets.

Le choix de l'espace produits en début de profil est primordial : de lui dépendent les descripteurs générés par les sujets. Durant les séances, le rôle de l'animateur est censé être aussi neutre que possible : il ne doit pas imposer son point de vue de manière arbitraire, mais chercher le consensus entre les sujets.

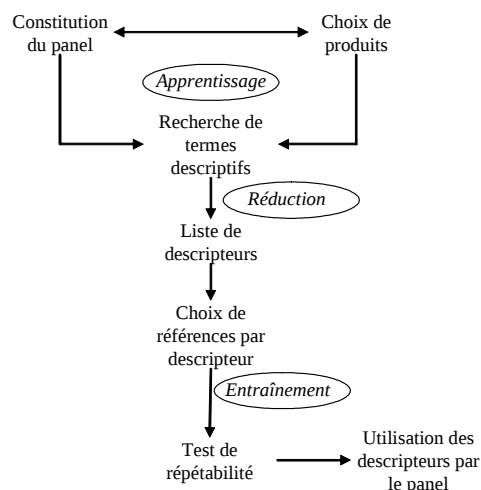


Figure 2 : Principales étapes du profil conventionnel (d'après ISO 13299, 2003)

La définition d'un descripteur est nécessaire à sa bonne compréhension, mais elle ne suffit pourtant pas à évoquer certains concepts sensoriels avec précision. Dans ce cas, l'utilisation de références physiques pour chaque descripteur peut aider à l'évocation de concepts sensoriels, en complément des informations apportées par le descripteur lui-même et par sa définition (Stampanoni, 1994). Le rôle joué par les références physiques peut être primordial. Un exemple extrême est donné par O'Mahony et al. (1990) : on ne peut pas décrire une couleur à une personne aveugle. On ne peut communiquer le concept sensoriel associé à une couleur qu'en montrant des objets de la même couleur, et en lui donnant un nom. Cette idée peut s'appliquer à d'autres sens (odorat, olfaction et toucher).

L'entraînement des sujets avec des références physiques semble être le système le plus efficace pour obtenir l'utilisation consensuelle de descripteurs par plusieurs panels (Zannoni, 1997 ; Stampanoni, 1994). Une référence physique peut-être un produit chimique, un épice ou un extrait, un ingrédient ou un produit fini et sont utilisées pour définir une caractéristique précise d'un aliment. Les références doivent être simples, reproductibles et spécifiques, c'est-à-dire illustrer seulement un concept sensoriel (Stampanoni, 1994). Souvent, l'utilisation d'une seule référence physique par descripteur est insuffisante pour l'alignement des concepts sensoriels entre les sujets et alors plusieurs références physiques par descripteur sont nécessaires (Ishii et O'Mahony, 1987). Pour Stampanoni (1994), l'important n'est pas tellement le nom donné à une sensation ou à un concept sensoriel. En revanche, il est important que les sujets soient à l'aise avec ce descripteur, qu'ils soient d'accord sur le type de sensation associée à ce descripteur et qu'ils conceptualisent ces sensations de la même manière.

Le profil conventionnel est analogue au Quantitative Descriptive Analysis QDA® (Stone et al., 1974). Le profil conventionnel, également appelé « profil conventionnel générique » Murray et al. (2001) combine différentes approches de l'analyse sensorielle descriptive (dont le QDA®) et peut présenter certaines variantes ou adaptations en fonction d'objectifs spécifiques aux études entreprises.

Le profil de texture (Brandt et al., 1963) présente beaucoup de similitudes avec le profil conventionnel, mais aussi certaines particularités : les sujets reçoivent une formation leur expliquant les principes de base sur la structure et la texture des produits, et les sujets utilisent une *liste de termes préétablis* (comprenant des définitions, des modes opératoires précis et des étalons de références), (ISO 11036, 1994). Cette liste de termes est issue de la classification des termes de textures entreprise par Szczesniak (1963). Pour chaque descripteur, des références sont utilisées comme des jalons sur l'échelle d'intensité et aident les sujets à noter de manière répétable et consensuelle. L'animateur a un rôle important lors de l'évaluation finale des produits : il récapitule les résultats individuels et mène une discussion entre les sujets pour obtenir un consensus au niveau de la notation. L'avantage du profil de texture est d'unifier le vocabulaire de la texture. Cependant, il repose sur une hypothèse forte qui est celle de l'*universalité* de la manière de décrire la texture, qui n'est pas forcément valide. Par ailleurs, le rôle joué par l'animateur peut également être critiqué : la recherche d'un consensus au niveau de la notation des sujets ne correspond pas forcément à la réalité des différences physiologiques interindividuelles.

3.2. Méthodes alternatives au profil conventionnel

Le développement de méthodes alternatives au profil conventionnel peut voir son origine dans deux types de motivations. La première motivation est d'ordre pratique : la mise en œuvre du profil conventionnel est contraignante. En effet, les sujets doivent se réunir ensemble au moins une fois par semaine (en particulier durant les phases de définition des descripteurs et de leurs protocoles et durant les phases d'entraînement), ce qui n'est pas toujours possible dans la pratique. De plus, la mise en œuvre du profil conventionnel est également longue, car jusqu'à 120h peuvent être nécessaires pour l'entraînement dans le cas de produits alimentaires complexes (Meilgaard et al., 1999), et coûteuse car les sujets sont souvent rémunérés pour leur participation aux séances. La seconde motivation pour l'utilisation de méthodes alternatives au profil conventionnel concerne certains fondements théoriques. Pour certains auteurs en effet, les méthodes mettant en œuvre des sujets non entraînés qui utilisent leur propre vocabulaire (contrairement au profil conventionnel où les sujets sont entraînés à l'utilisation d'un vocabulaire consensuel), seraient plus représentatif des caractéristiques sensorielles des produits telles qu'elles sont perçues par les consommateurs (Andani et al., 2001 ; Faye et al., 2004). Par ailleurs, la nécessité même de recherche de consensus entre les sujets telle qu'elle est définie dans le profil conventionnel peut être remise en cause par l'observation que bien souvent, un désaccord demeure entre les sujets, même après un entraînement important (Bárcenas et al., 2003).

Il existe plusieurs types de méthodes alternatives au profil conventionnel. Elles ne nécessitent pas la mise en place d'un vocabulaire consensuel. On peut distinguer deux familles de méthodes : les méthodes verbales comme le free choice profiling (Williams et Langron, 1984) ou le profil flash (Sieffermann, 2000), et les méthodes non verbales comme le tri libre. Nous détaillerons ici plus particulièrement le profil flash et le tri libre, ces deux techniques ayant été utilisées dans le travail de thèse.

3.2.1. Le profil flash

Le profil flash est une méthode dérivée du free choice profiling, dont le but est de fournir rapidement un positionnement sensoriel relatif des produits les uns par rapport aux autres (Dairou et Sieffermann, 2002).

Les sujets ont préférentiellement une expertise préalable en description sensorielle (mais pas nécessairement sur les produits étudiés). La méthodologie de profil flash comprend généralement plusieurs séances. Durant une première séance, chaque sujet est confronté individuellement à la totalité de l'espace produit. Les sujets choisissent alors des descripteurs

qui sont suffisamment discriminants pour permettre un classement comparatif des produits. A la fin de cette première séance, l'expérimentateur rassemble les descripteurs des sujets. Au début de la deuxième séance, l'expérimentateur demande aux sujets de prendre un moment pour lire la liste commune de descripteurs. Les sujets sont alors libres d'ajouter à leur liste des descripteurs venant d'autres sujets. Les sujets procèdent alors à l'évaluation elle-même : les produits sont présentés simultanément aux sujets, qui classent les produits les uns par rapport aux autres (avec possibilité d'ex-aequo) selon chacun de leurs descripteurs. Les répétitions de produits sont effectuées soit à l'intérieur d'une même séance en présentant des produits identiques, soit lors de séances d'évaluation successives (Sieffermann, 2003).

Le traitement des données est effectué en partant de l'hypothèse qu'il est possible d'identifier un consensus entre les sujets quant au positionnement relatif des produits. Plusieurs méthodes d'analyse des données sont possibles pour traiter les données de profil flash : l'analyse procrustéenne généralisée (Gower, 1975), l'analyse factorielle multiple (Escoufier et Pagès, 1998) ou encore STATIS (Escoufier, 1980), la plus fréquemment utilisée étant l'analyse procrustéenne généralisée.

Le profil flash présente certaines similarités avec le profil conventionnel : les sujets utilisent des descripteurs pour décrire leurs perceptions sensorielles de manière quantifiée, et après traitement des données par analyse multivariée on obtient dans les deux cas une cartographie des produits (cartes sensorielles) rendant compte des similarités et des différences entre les produits.

Le profil flash présente certaines différences par rapport au profil conventionnel :

- 1- les sujets ne sont pas entraînés sur les produits évalués ;
- 2- les sujets utilisent chacun leurs propres descripteurs au lieu d'utiliser un vocabulaire consensuel ;
- 3- les produits sont présentés simultanément au lieu d'être présentés en monadique séquentiel ;
- 4- pour chaque descripteur sensoriel, les sujets font un classement comparatif des produits au lieu de mettre une note absolue à chaque produit sur une échelle d'intensité ;
- 5- l'interprétation des propriétés sensorielles des produits sur les cartes sensorielles n'est pas prioritaire avec le profil flash, étant donné que le vocabulaire n'est pas consensuel et peu défini, contrairement au profil conventionnel.

3.2.2. Le tri libre

Contrairement aux autres méthodes présentées jusqu'alors, le tri libre ne présuppose pas la nécessité d'avoir recours à des descripteurs sensoriels pour avoir accès à une réponse sensorielle. Ici, la réponse sensorielle est fondamentalement non-verbale. Le tri libre a beaucoup été utilisé en psychologie cognitive : le tri libre repose sur l'activité de catégorisation, une activité essentielle de l'être humain. Selon Chr  a (2005), la catégorisation est une activité mentale primordiale et naturelle chez l'homme : elle lui permet d'interagir efficacement avec son environnement sans être surchargé par sa complexité, d'organiser ses connaissances et de les stocker en mémoire sous forme de représentations. Ainsi, l'homme catégorise aussi bien des objets réels du monde qui l'entoure, que des objets abstraits tels que des   v  nements, des émotions, des sons ou des saveurs (Chr  a, 2005).

Le tri libre permet d'accéder rapidement à la connaissance des similarités et des différences existant entre les produits (Schiffman et al., 1981). Cette méthode permet de répondre à la question : « quels sont, parmi les produits, ceux qui se ressemblent et ceux qui différent ? » (Issanchou, 1998), sans forcément savoir pourquoi. Dans le tri libre, tous les produits sont présentés en même temps aux sujets, et les sujets travaillent de manière indépendante. Il est demandé aux sujets de trier les produits en un nombre non fixé de groupes selon leur similitude.

Le tri libre présente certaines similarité avec le profil flash : les sujets ne sont pas entraînés et travaillent de manière indépendante les uns des autres et les produits sont présentés simultanément aux sujets.

Il existe une autre méthode non-verbale similaire au tri libre utilisée en analyse sensorielle, la mesure de similitude par paire (Schiffman et al., 1981) : dans cette procédure, les produits à évaluer sont présentés 2 à 2 et il est demandé aux sujets d'évaluer leur degré de similitude. Cette méthode présente l'inconvénient d'être très longue quand le nombre de produits est important.

3.3. Comparaison de profils conventionnels et de méthodes alternatives

Il existe de nombreuses études comparant le free choice profiling et le profil conventionnel (e.g. Williams et Arnold, 1985). Il en existe moins qui comparent le profil flash, plus récent, ou le tri libre au profil conventionnel. Nous nous intéresserons plus particulièrement aux méthodes mises en œuvre dans notre travail, le profil flash et le tri libre.

3.3.1. Profil conventionnel et profil flash

Dairou et Sieffermann (2002) ont comparé les profils sensoriels de 14 confitures de fruits rouges établis avec un panel de profil conventionnel et avec un panel de profil flash. Pour le panel de profil flash, les sujets n'étaient pas entraînés, mais avaient une expérience préalable en analyse sensorielle. Les auteurs ont montré que les deux méthodes apportaient des informations très similaires du point de vue des similarités et des différences entre les produits, et que le profil flash permettait un gain de temps très conséquent par rapport au profil conventionnel. Concernant les performances des deux panels, le panel de profil conventionnel était plus répétable et discriminant que le panel de profil flash. Suite aux analyses multivariées, les pourcentages d'information apportés par les cinq premières composantes principales étaient très similaires entre les deux méthodes.

Cette étude comparant le profil flash et le profil conventionnel a été suivie par celle de Delarue et Sieffermann (2004), qui ont utilisé deux espaces produits : des yaourts brassés à la fraise et des fromages frais à l'abricot. Au sein de chaque espace produit, les produits ont été choisis de manière à présenter des différences sensorielles faibles. Concernant les similarités entre les configurations des espaces produits avec les deux méthodes, les auteurs ont montré qu'il y avait une bonne correspondance entre les cartes sensorielles des produits obtenues avec le profil flash et le profil conventionnel pour l'espace-produit « yaourts à la fraise ». Par contre, une moins bonne correspondance a été obtenue entre les deux méthodes pour l'espace produit « fromages frais à l'abricot ». Concernant la description sensorielle des produits, des conclusions similaires ont été tirées avec le profil flash et le profil conventionnel pour les yaourts à la fraise, même si certains types de descripteurs n'ont été générés que par un des deux panels (par exemple, 'fraise sauvage' pour le profil conventionnel ou 'céréales' pour le profil flash). Par contre, pour les fromages frais à l'abricot, les descriptions sensorielles faites par les panels de profil flash et de profil conventionnel étaient davantage différentes. Enfin, pour les deux espaces produits, le profil flash s'est avéré plus discriminant que le profil conventionnel. Les auteurs ont conclu que le profil flash ne saurait être considéré comme un substitut au profil conventionnel, mais plutôt comme un outil permettant d'obtenir les cartes sensorielles de manière rapide, en préliminaire à des études sensorielles plus approfondies. Cette approche a été adoptée par Taréa (2006), entre autres pour bâtir une liste de descripteurs sensoriels pour l'établissement d'un profil conventionnel.

3.3.2. Profil conventionnel et tri libre

Faye et al. (2004) ont comparé le tri libre et le profil conventionnel sur la caractérisation

de l'apparence visuelle de 26 pièces en plastique, créées selon un plan d'expérience. Les auteurs ont considéré que le nombre de produits était trop important pour le profil conventionnel, donc seuls 8 produits parmi les 26 du tri libre ont été évalués par les sujets du profil conventionnel. Un nombre important de sujets naïfs (cent cinquante) ont participé à la tâche de tri libre, et le panel de profil conventionnel comprenait douze sujets entraînés. Immédiatement après la tâche de tri libre, il était demandé aux sujets de décrire les groupes qu'ils avaient formés. Les conclusions tirées des deux approches sensorielles étaient très similaires, tant sur le plan des similarités/différences entre les produits que sur le plan de l'interprétation sémantique de ces similarités/différences. De plus, dans les deux approches, les dimensions sensorielles sous-jacentes ont été reliées avec succès avec les facteurs du plan d'expérience utilisé pour fabriquer les produits.

Comme il pouvait être attendu, ces auteurs ont observé davantage de différences entre les deux méthodes concernant la diversité des termes utilisés par les sujets. Une grande diversité de termes a été créée avec la tâche de tri libre (60 termes différents, dont 45 ont été utilisés pour décrire les différences entre les produits), alors que les produits ont été décrits avec seulement 8 descripteurs pour le panel de profil conventionnel. Il est cependant important de remarquer que les deux panels n'avaient pas la même taille, et que les termes issus du tri libre étaient moins faciles à comprendre que les descripteurs du profil conventionnel, car moins bien définis. Pour ces auteurs, ces termes présenteraient néanmoins l'avantage d'être plus proches des perceptions des consommateurs et de la manière dont ils s'expriment. De plus, beaucoup de nuances de couleurs ont été exprimées par les consommateurs, alors que pour le profil conventionnel, un seul descripteur a été utilisé pour décrire la couleur. Cette a montré qu'il était possible d'obtenir des cartes sensorielles similaires à celles du profil conventionnel avec le tri libre, et qu'il était également possible d'obtenir une description sensorielle pertinente des produits, en utilisant la tâche de tri libre complétée par une phase de verbalisation différée.

Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Saint-Eve et al. (2004) qui ont utilisé le tri libre et le profil conventionnel pour étudier les interactions entre la texture et la flaveur dans des yaourts brassés. Dans cette étude, les mêmes sujets ont été utilisés pour les deux méthodes. Les auteurs ont trouvé de grandes similarités entre les deux méthodes, tant au plan des similarités / différences entre les produits qu'au plan des descriptions des propriétés sensorielles des produits.

Généralement, les sujets utilisés pour réaliser la tâche de tri libre ne sont pas entraînés, ou sont même des sujets naïfs. Il semblerait donc intéressant de disposer d'une étude découplant les effets liés à la méthode (tri/profil conventionnel) et au niveau d'entraînement des sujets. Cette approche a été adaptée par Cartier et al. (2006). Dans leur étude, un premier panel P1 de QDA® était formé de 12 sujets entraînés pendant 12 séances. Un second panel P2 de tri libre était composé de 12 autres sujets entraînés (ils étaient habitués à l'évaluation sensorielle des céréales pour petit déjeuner et certains avaient déjà fait partie d'un panel de profil QDA® sur des céréales pour petit déjeuner). Un troisième panel P3 de tri libre était composé de 24 sujets non entraînés, mais consommateurs réguliers de céréales pour petits déjeuners. Les panels P1 et P2 ont caractérisé les 13 mêmes produits. Le panel P3 a caractérisé les 13 mêmes produits, plus un produit supplémentaire. Pour le panel P2 de tri libre, les sujets ont d'abord réalisé la partie non-verbale du tri libre à proprement parler, puis dans un second temps ils ont individuellement décrit les groupes de produits qu'ils avaient formé. Ils avaient à leur disposition la liste de descripteurs du panel P1, mais ils étaient libres de s'inspirer cette liste s'ils le souhaitaient, ou d'utiliser leurs propres termes. Pour le panel P3 au contraire, les sujets n'avaient à leur disposition aucune indication concernant le vocabulaire à utiliser, et étaient totalement libres d'utiliser les termes qu'ils souhaitaient.

Les auteurs ont tout d'abord comparé les similarités des cartes sensorielles du panel P1 à celles du panel P2 et ont montré que les mêmes groupes de produits pouvaient être formés à partir des deux méthodes. Par ailleurs, les groupes de produits ont été décrits de la même manière grâce aux deux méthodes. Cependant, certaines différences notables au niveau des associations de descripteurs ont été notées. Ainsi, le descripteur 'sucré' a été associé par le panel P1 aux descripteurs 'biscuit', 'beurré' et 'vanille', alors que ce descripteur a été associé par le panel P2 au descripteur 'épice' et non au descripteur 'biscuit'.

Par ailleurs, les auteurs ont ensuite montré que la reproductibilité des résultats du panel P3 de tri libre composé de sujets non entraînés était très satisfaisante, sur 5 jours consécutifs. En effet, les cartes sensorielles des produits étaient très similaires, ainsi que les descriptions des produits par les sujets. Les auteurs ont donc conclu que sur le type de produits qu'ils avaient étudié, il n'était pas nécessaire de faire de répétition, même lorsque les sujets n'étaient pas entraînés.

4. Conclusions

La perception sensorielle de la texture résulte de l'intégration de nombreux stimuli

fournissant des informations relatives aux propriétés mécaniques, géométriques ou de surface des aliments. En bouche, la texture des aliments solides et semi-solides est perçue lors de la mastication, une activité rythmique semi-automatique.

L'analyse sensorielle descriptive permet d'obtenir une description de la perception sensorielle de la texture. Le profil conventionnel est la méthode de référence pour obtenir une description quantifiée des caractéristiques sensorielles d'un aliment. Des méthodes alternatives au profil conventionnel permettent d'obtenir des informations similaires quant au positionnement relatif des produits sur les cartes sensorielles, tout en permettant un gain de temps important car elles ne nécessitent pas la mise en place d'un vocabulaire consensuel. Parmi ces méthodes, on compte le profil flash, où chaque sujet est libre d'utiliser ses propres descripteurs, et le tri libre où les sujets classent les produits en groupes suivant leurs similarités. Alors qu'un certain nombre d'études ont été menées pour comparer le profil flash au profil conventionnel et le tri libre au profil conventionnel, il n'existe aucune étude comparant les trois méthodes sur le même espace produit. Une étude comparant le tri libre, le free choice profiling et le profil conventionnel sur l'évaluation d'essences de pommes a montré qu'il existait de grandes similarités entre ces trois méthodes au niveau des positions relatives des produits sur les cartes sensorielles (Gilbert et Heymann, 1995). Ceci laisse supposer des résultats similaires pour la comparaison du tri libre, du profil flash et du profil conventionnel.

Chapitre 2 : Comparaison de profils sensoriels établis par des panels de cultures différentes

L'aboutissement du travail d'un panel de profil conventionnel est un profil sensoriel, qui constitue une véritable carte d'identité des produits. Beaucoup d'auteurs ont montré que les profils sensoriels établis par des panels différents mais appartenant à une même culture sont très similaires du point de vue du positionnement relatif des produits sur les cartes sensorielles, que les panels aient utilisé une même liste de descripteurs (Martin et al., 2000 ; Drake et al., 2002) ou des listes de descripteurs établies de manière indépendante (Heymann, 1994 ; Lotong et al., 2002 ; Baty-Julien et al., 2003). Ceci suggère qu'un panel d'une culture donnée, travaillant sur un espace produit donné, peut comprendre les résultats d'un profil conventionnel réalisé par un panel de la même culture que la sienne et travaillant sur le même espace produit.

Néanmoins, la communication de résultats de profils conventionnels entre des panels

ayant des cultures différentes, des langues différentes et des expériences produits différentes pose certains problèmes méthodologiques spécifiques. Dans ce chapitre, nous aborderons tout d'abord la question essentielle de la traduction des descripteurs sensoriels. Nous présenterons ensuite les résultats de trois types d'approches rencontrées dans la littérature pour la gestion de l'utilisation des descripteurs sensoriels par des panels de cultures différentes. La première approche consiste à laisser chaque panel libre d'utiliser ses propres descripteurs. La deuxième approche consiste à tenter de traduire puis de transférer les descripteurs d'un panel à un autre. Enfin, la troisième approche consiste à construire un langage commun aux différents panels amenés à travailler ensemble.

1. Problèmes de traduction de descripteurs sensoriels

Souvent, la simple traduction d'un descripteur sensoriel d'une langue à une autre ne suffit pas à communiquer le sens porté par ce descripteur et à assurer que des sujets de différentes cultures les comprendront ou les utiliseront de la même manière. Afin de dépasser les questions purement liées aux problèmes de traduction, il est nécessaire de replacer le processus de traduction dans un schéma plus global incluant les sujets, les stimuli, les sensations de sujets, les concepts sensoriels formés et les étiquettes (mots) éventuellement associées à ces concepts.

Selon Zannoni (1997), la traduction est un contact entre deux cultures. Pour être en mesure de traduire de manière efficace un texte dans une autre langue, une connaissance approfondie de la culture de la langue de départ et de la langue d'arrivée est nécessaire. Par ailleurs, chaque langue correspond à une perception différente de la réalité. En effet, il est connu que beaucoup de concepts sensoriels, et par conséquent de mots, sont difficiles à traduire parce qu'il n'existent pas dans d'autres langues. Par exemple, le mot français « bois » peut être traduit par plusieurs mots dans d'autres langues : « wood » et « timber » en anglais et « bosco », « legno » et « legname » en italien.

Parfois, la richesse des mots sensoriels d'un langage spécifique peut être inférieure au nombre de concepts sensoriels. Ainsi le sujet reconnaît un concept sensoriel mais ne trouve pas de mots appropriés pour l'exprimer. Ces problèmes d'absence d'équivalence de mots entre différentes langues ont été rencontrés par différents auteurs dans le cadre d'études cross culturelles de profil sensoriel. Ainsi, « flaveur » n'existe ni en allemand, ni en suédois, ni en espagnol, ni en italien (Lundgren et al., 1986 ; Zannoni, 1997), ce qui peut compliquer l'explication de ce descripteur aux sujets. À l'inverse, certaines cultures ont plusieurs mots pour exprimer une perception sensorielle là où d'autres n'en ont qu'un. Par exemple, les

Malais ou trois mots pour décrire la saveur amère (O'Mahony & Carmen Manzano Alba, 1980), là où les Français n'ont qu'un mot (amer). Souvent, on fait l'hypothèse que plus une culture est en contact fréquent avec le stimulus, plus elle a de mots pour décrire ce stimulus. On cite fréquemment l'exemple des Japonais qui ont un vocabulaire beaucoup plus varié que les Européens pour décrire la texture, en raison d'une plus grande diversité de textures dans leur alimentation (Muñoz et Civille, 1998). D'autre part, certains mots dans certaines cultures sont employés pour décrire plusieurs sensations à la fois. Ainsi, le mot tahitien « ávaáva » signifie à la fois acide et amer. De plus, il y a souvent amalgame entre une sensation et une valeur hédonique : en Ouganda, « kuwoma » signifie sucré mais également salé et plaisant, et dans les Fidji, « kami-kamidha » signifie à la fois sucré et succulent (Stampanoni, 1994).

Parfois, alors qu'il est apparemment facile de traduire un descripteur dans une autre langue, les mots dans les différentes langues peuvent renvoyer à des concepts sensoriels différents. Ainsi, « pain » peut être traduit par « bread » en anglais, « Brot » en allemand ou « pane » en italien, et pourtant les concepts sensoriels reliés à ces mots sont très différents pour des sujets français, anglais, allemands et italiens (Figure 3).

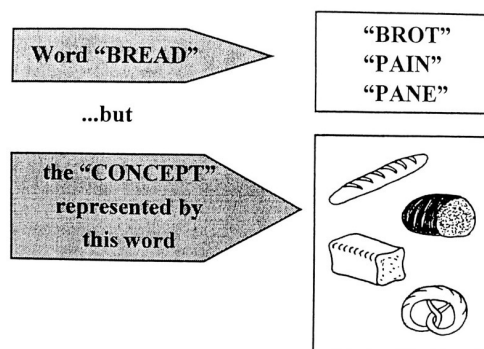


Figure 3 : Différentes traductions d'un même mot (ici « bread » en anglais) font en réalité référence à différents concepts sensoriels (reproduit d'après Zannoni, 1997)

Nous avons déjà mentionné l'existence de listes structurées de descripteurs sensoriels de texture en langue anglaise (e.g. Brandt et al., 1963 ; Szczesniak, 1963). Ces listes représentent un progrès dans l'approche scientifique de la description sensorielle de la texture. Deletre et Roudot (2003) ont proposé une traduction de ces termes en français. Ces auteurs ont identifié certains problèmes récurrents lors de la traduction :

1- la polysémie : certains termes peuvent avoir plusieurs sens différents. Par exemple, le mot français « élasticité » peut être traduit en anglais par « elasticity », « springiness » ou « rubberiness » ;

2- la synonymie ou la parasynonymie : certains termes peuvent avoir des champs

conceptuels partiellement communs, comme les termes anglais toughness, hardness et firmness ;

3- les différences d'intensité : pour traduire les termes anglais hardness, firmness et softness, il est nécessaire de recourir à une terminologie annexe d'intensité comme par exemple « forte résistance », « résistance modérée » ou « faible résistance ».

Dans les études mettant en œuvre le profil conventionnel dans un contexte cross-culturel, la traduction peut intervenir dans un stade plus ou moins tardif. Lorsque les panels de chaque culture sont laissés libres de choisir leurs propres descripteurs, la traduction des descripteurs intervient dans une phase tardive de la communication des résultats entre panels (une fois que les profils sensoriels des produits sont établis). Dans le cas du deuxième groupe d'études, où les descripteurs sont traduits et transférés d'une culture à une autre, la traduction intervient à un stade précoce (avant l'entraînement des sujets). Enfin, dans le cas du troisième groupe d'études, un travail important est réalisé pour mettre en place un vocabulaire consensuel, le plus souvent en anglais, qui représente une sorte de compromis entre les différents concepts sensoriels rencontrés dans les différents pays. Ce vocabulaire consensuel est ensuite traduit dans les langues des différents panels. Nous allons maintenant considérer le cas où chaque panel dans chaque culture est libre de choisir ses propres descripteurs.

2. Etudes où le choix des descripteurs est libre dans chaque culture

Dans un premier groupe d'études, les panels étaient de nationalités différentes, mais parlaient la même langue. Dans ce cas, il n'y avait a priori pas de problème de traduction. Nous présentons cependant deux études car elles fournissent des renseignements intéressants. Dans l'étude de Drake *et al.* (2005), trois lexiques d'analyse sensorielle descriptive de la flaveur du Cheddar développés de manière indépendante par trois panels de trois pays (Irlande, Nouvelle-Zélande et États-Unis) ont été comparés. Les panels ont établi les profils sensoriels de 12 fromages (trois types de Cheddar provenant des trois pays étudiés et présentant chacun quatre niveaux d'affinage). Les trois panels étaient libres d'utiliser la méthode sensorielle descriptive qu'ils désiraient ainsi que leurs propres descripteurs. Ainsi, la méthode QDA® a été appliquée en Irlande, le profil conventionnel générique a été appliqué en Nouvelle-Zélande, et la méthode Spectrum™ a été appliquée aux États-Unis. Les cartes sensorielles des produits ont permis de tirer les mêmes conclusions quant aux similarités et différences entre les produits, et ces cartes sensorielles présentaient des degrés de similarité élevés. En particulier, les trois panels ont confirmé l'existence de différences notables entre

les trois origines de fromages (Irlande, Nouvelle-Zélande et États-Unis).

Cependant, les caractéristiques de flaveur des produits ont parfois été décrites de manières différentes. Par exemple, le panel irlandais a utilisé davantage de descripteurs pour décrire la diversité de ces fromages d'origine irlandaise que les deux autres panels. Pour les auteurs, ceci serait dû au fait que le panel irlandais était plus familier avec ces produits. D'autres particularités sont aussi apparues en comparant les descripteurs des trois panels. Dans certains cas, les descripteurs et leurs définitions se ressemblaient sur le plan sémantique (ou étaient identiques) et les trois panels les ont utilisées de la même manière. Ceci était le cas pour les descripteurs 'sucré', 'amer' ou 'salé'. Dans d'autres cas, les descripteurs étaient présents dans deux pays, avec des définitions identiques mais leur utilisation était différente (par exemple, pour le descripteur 'écurie'). Parfois un même descripteur (par exemple 'cuit') se ramène en réalité à différents concepts sensoriels dans chaque pays. Ceci a été mis en évidence par le fait que les produits de références pour ce même descripteur n'étaient pas les mêmes suivant le pays. Enfin, les auteurs ont identifié dans le langage descriptif de chacun des trois panels certains descripteurs très généraux ou ambigus, difficiles à définir d'un point de vue sémantique.

Malgré ces différences au niveau de quelques descripteurs sensoriels, les auteurs concluent que même si des différences cross culturelles peuvent potentiellement exister au niveau du langage et de la perception sensorielle, les profils sensoriels dérivés dans les trois pays étaient globalement très comparables, dans leur cas. Cette étude est intéressante car elle montre que même pour des panels parlant la même langue, l'anglais, des différences assez importantes peuvent être constatées entre les descripteurs générés par les différents panels.

Une autre étude récente comparant des panels de différents pays mais parlant la même langue est celle présentée par Follet *et al.* (2006) : des profils sensoriels ont été établis de manière indépendante par trois panels sur 14 rhums, au Royaume Uni et aux États-Unis. Deux panels au Royaume Uni et un panel aux États-Unis ont travaillé de manière indépendante. Chaque panel a utilisé sa propre méthodologie pour la génération de descripteurs, pour l'entraînement des sujets et pour l'évaluation. La comparaison des configurations des produits a montré une forte structure commune entre les cartes sensorielles au Royaume-Uni et aux États-Unis. De manière plus détaillée, les résultats ont également montré que les variations entre panels au sein d'une même culture (les deux panels anglais) étaient du même ordre de grandeur que les différences entre les deux cultures (américaine et anglaise). Ceci peut amener à relativiser l'importance des différences cross-culturelles au niveau de la perception

sensorielle. Néanmoins, on peut avancer l'hypothèse que la différence entre les deux cultures étudiées (américaine en anglaise) est peut-être moins importante qu'entre d'autres cultures.

L'étude de Mojet et de Jong (1994), présente une comparaison des profils sensoriels de 16 huiles d'olives fournis par 6 panels de cinq nationalités (un panel grec, deux panels italiens, un panel néerlandais, un panel espagnol et un panel anglais) en utilisant soit le QDA®, soit la technique du COI (International Olive Oil Council). Les huiles d'olives provenaient de différentes origines, avaient été élaborées selon différents procédés de fabrication et présentaient des degrés différents de maturité. Le but sous-jacent des auteurs était d'identifier les paramètres sensoriels reliés à la qualité des huiles d'olives extra vierges. La méthode du COI n'a pas donné des résultats très reproductibles entre les panels. Pour les auteurs, cela peut être dû au fait que selon les panels, les critères permettant d'identifier une huile d'olive de bonne qualité ne sont pas les mêmes. On peut se demander si les panels utilisant la méthode du COI n'ont pas évalué les produits sur des composantes hédoniques, par définition peu reproductibles. En regroupant les descripteurs issus des différents panels, les auteurs ont proposé une « roue sensorielle » pour caractériser les huiles d'olives. Dans cette roue sensorielle, des termes très généraux tels que « fruité » sont décomposés en plusieurs descripteurs tels que « orange », « bonbons aux fruits » et « fleurs sauvages ». Selon les auteurs, la méthode du COI ne peut être utilisée que pour contrôler l'absence de défauts dans les huiles d'olives. A l'inverse, le QDA® a fourni une description plus complète des propriétés sensorielles des produits. Cette étude suggère que lorsque des méthodologies sensorielles descriptives très différentes sont utilisées (comme la technique du COI et le QDA®), la comparaison des résultats semble difficile.

Enfin, de Jong *et al.* (1998) ont utilisé le profil conventionnel pour caractériser 8 cafés dans cinq pays (Danemark, France, Allemagne, Pologne, Royaume Uni). Dans leur approche, chaque panel a utilisé son propre vocabulaire, dans sa propre langue. Concernant les positions relatives des produits sur les cartes sensorielles, les configurations des espaces produits des cinq pays coïncidaient très bien dans le plan 1x2. Cependant, les configurations coïncident moins bien dans le plan 3x4. Ceci a été attribué en partie au fait que les panels français et allemands ont utilisé plus de dimensions sensorielles sous-jacentes que les autres panels (respectivement quatre et trois) pour décrire les produits. Concernant les descripteurs sensoriels, les auteurs ont trouvé que certains descripteurs ('brûlé', 'amer', 'chimique' et 'acide') ont été utilisés de manière similaire par les différents panels, et ont ainsi pu interpréter les différences sensorielles entre certains produits. A l'inverse, d'autres termes tels

que ‘sucré’, ‘salé’ et ‘astringent’ n’ont pas été utilisés de la même manière, ce qui a empêché une interprétation claire des différences entre d’autres produits, malgré leur importance dans l’explication des préférences des consommateurs (Heidema et de Jong, 1997). Les auteurs ont néanmoins envisagé la possibilité de relier les préférences des consommateurs des différents pays à un profil sensoriel européen commun. La communication des résultats entre les différents pays reste un problème majeur non résolu avec ce type d’approche. De plus, même s’il semble envisageable de relier les préférences des consommateurs des différents pays à un profil sensoriel unique, l’interprétation des différences sensorielles entre les produits reste limitée, car les cinq panels n’ont pas utilisé les mêmes descripteurs ou ne les ont pas toujours utilisés de la même manière.

Ces études montrent que d’une manière générale, des panels de différents pays, utilisant leurs propres descripteurs établissent des profils sensoriels souvent comparables du point de vue du positionnement relatif des produits les uns par rapport aux autres. Les plus grandes différences semblent résider au niveau de la compréhension des descripteurs sensoriels. Ainsi, il semble que la traduction de descripteurs sensoriels *a posteriori* ne permette qu’une compréhension partielle des résultats d’un profil sensoriel établi par un panel ayant une culture et une langue différente de la sienne.

3. Etudes effectuant un transfert de descripteurs d’une culture à une autre

Daget et Collyer (1984) ont étudié les profils sensoriels établis dans deux pays (Royaume Uni et Suisse) sur 18 gels (6 types de produits avec 3 niveaux de concentration pour chaque produit). Le panel anglais était composé de sujets déjà familiers avec l’évaluation des desserts gélifiés, mais pas de manière analytique. Le panel suisse était composé de sujets qui n’étaient familiers ni avec les produits ni avec l’analyse sensorielle. Un des buts de cette étude était d’étudier la possibilité de transférer les descripteurs du Royaume Uni à la Suisse. Les auteurs ont trouvé que le panel anglais était plus répétable que le panel suisse. Les auteurs ont attribué ceci au fait que le panel suisse a donné une signification plus restreinte aux descripteurs que le panel anglais (les sujets du panel anglais ont fait plus d’associations entre les descripteurs que le panel suisse). Par ailleurs, les auteurs ont montré que même si les deux panels ont utilisé les mêmes descripteurs, ils n’ont pas perçu l’espace-produit exactement de la même manière. On peut émettre l’hypothèse que ces différences proviennent du fait que les deux panels n’ont pas été entraînés exactement de la même manière, et qu’un des deux panels était plus expérimenté (le panel anglais).

Dans l'étude de Risvik *et al.* (1992), un jury anglais a généré ses propres descripteurs pour décrire les propriétés sensorielles de 5 chocolats, et les descripteurs ont été traduits et transférés à un jury norvégien (avec la possibilité d'ajout de descripteurs). Les deux panels avaient chacun une expérience préalable en analyse sensorielle, mais n'ont pas été entraînés de la même façon. En particulier, le panel norvégien a davantage été entraîné à l'évaluation des couleurs et de la texture que le panel anglais. Les cartes sensorielles des deux panels présentaient de grandes similarités pour trois échantillons. Cependant le jury norvégien parvenait à distinguer deux échantillons alors que pour le panel anglais, ces échantillons occupaient pratiquement la même position. Par ailleurs, l'explication des dimensions sensorielles sous-jacentes n'étaient pas la même pour les deux panels. Enfin, l'analyse des données a montré qu'il était possible de prédire seulement une faible part des données du panel norvégien (25%) par les données du panel anglais : une part importante de l'information du profil du panel norvégien était unique et ne se retrouvait pas dans le profil du panel anglais.

Les auteurs remarquent que dans leur étude, le rôle joué par l'animateur a été primordial, même si l'animateur est censé être le plus neutre possible dans le profil conventionnel. Dans l'étude de Risvik *et al.* (1992), les animateurs des panels anglais et norvégien ont manifestement orienté l'entraînement dans des sens différents, ne donnant pas la même importance aux différents descripteurs sensoriels.

Enfin, Hirst *et al.* (1994) ont comparé les profils sensoriels de 12 fromages à pâte dure établis par un panel écossais et un panel norvégien. Le panel écossais était constitué de juges non entraînés, mais ayant l'habitude d'évaluer les produits étudiés. Le panel norvégien, au contraire, était composé de sujets entraînés (et sélectionnés sur leurs aptitudes en analyse sensorielle), mais n'ayant pas l'habitude d'évaluer du fromage. Le vocabulaire utilisé était prédéterminé. Il a été traduit pour permettre son utilisation par le panel norvégien. Il est important de noter que les deux panels n'ont pas reçu le même niveau d'entraînement : le panel norvégien était davantage entraîné que le panel écossais. Même si le panel norvégien a obtenu de meilleures performances que le panel écossais (en termes de répétabilité et de consensus entre les juges), comme cela était attendu, les auteurs ont trouvé une grande similarité entre les configurations des produits vues par les deux panels. Les auteurs ont cependant rencontré quelques difficultés pour transférer certains descripteurs d'un pays à un autre. En effet, certains descripteurs originellement générés par le panel écossais n'ont pas été utilisés de la même manière par le panel norvégien. Les auteurs ont attribué les différences

entre les deux panels à une traduction imprécise de certains termes.

Ces études montrent que même une traduction soignée des descripteurs sensoriels avant de les transférer à un panel de langue et de culture différentes ne garantit pas que les sujets de ce panel utiliseront les descripteurs exactement de la même manière que les sujets qui ont généré ces descripteurs. Ainsi, il semble que l'expérience des sujets, ainsi que la manière dont ils sont entraînés, jouent un rôle aussi important que la traduction des descripteurs.

4. Etudes visant à la construction d'un langage commun entre plusieurs cultures

La démarche de construction d'un langage commun à différentes cultures est différente de celle qui consiste à simplement transférer ou imposer des descripteurs à des panels de différentes cultures. Dans la démarche de transfert ou d'imposition de descripteurs, un seul panel est « acteur », car c'est lui qui génère et définit les descripteurs, et les autres panels sont « passifs », car ils ne font qu'apprendre les descripteurs traduits. Dans la démarche de construction d'un langage commun, chaque panel participe à la génération de descripteurs. Les descripteurs sont ensuite mis en commun, et une règle est appliquée pour choisir les descripteurs consensuels. Ainsi, la liste finale peut potentiellement contenir des descripteurs de chaque panel.

L'une des études les plus importantes à ce jour visant à construire un langage commun est celle de l'European Sensory Network (ESN, 1996). Le but final de cette étude était la mise en place d'une liste de descripteurs sensoriels communs à 11 panels de 8 nationalités parlant 8 langues différentes (Royaume Uni, Norvège, France, Danemark, Allemagne, Pays Bas, Pologne et Suède) pour la caractérisation sensorielle de cafés. Chaque panel pouvait générer ses propres descripteurs, et pouvait également enrichir sa liste de descripteurs provenant des autres panels. Certains panels ont choisi comme point de départ une liste préexistante, développée par l'ICO (International Coffee Organisation). Chaque panel a généré puis utilisé un nombre très variable de descripteurs (entre 14 et 56), soit un total de 328 descripteurs pour les 11 panels. Soixante neuf descripteurs n'étaient pas discriminants et ont donc été écartés. Après une classification des descripteurs, des groupes de descripteurs ont été formés afin de réduire le nombre de descripteurs. Les descripteurs cités par un ou deux panels n'ont pas été retenus, le but étant de construire une liste consensuelle au niveau européen. Une première liste de 24 descripteurs a ainsi été constituée. Après une deuxième phase d'analyse, seuls les descripteurs cités par au moins 4 panels et étant suffisamment discriminants (selon un seuil

fixé par les auteurs) ont été retenus. La liste finale comportait 13 descripteurs, mais le vocabulaire commun établi par l'ESN n'a malheureusement pas été testé et validé par une seconde étude internationale. En plus de la démarche de constitution d'un vocabulaire commun aux différents panels, les auteurs ont également comparé les positions des produits sur les cartes sensorielles des différents panels, et le degré de similarité entre deux groupes de configurations. Les résultats ont montré que les profils fournis par les 11 panels étaient très semblables et qu'il n'existait pas de sous-groupes de panels ayant eu une vision très différente de l'espace-produit. On note cependant que la dimensionnalité de l'espace-produit variait grandement selon les panels (entre 2 et 5 dimensions).

Dans l'étude de l'ESN, le vocabulaire commun n'a pas été testé. Cette démarche de développer puis de tester un langage commun a été mise en œuvre par Nielsen et Zannoni (1998). Dans un premier temps, 7 panels européens (Danemark, France, Allemagne, Italie, Norvège, Suisse, Royaume Uni) ont établi les profils sensoriels de 12 fromages de manière indépendante. L'ensemble des descripteurs générés par les sept panels ont été rassemblés afin de créer un langage consensuel. La sélection des descripteurs finaux a été basée à la fois sur des critères statistiques et sur l'évaluation de la redondance des termes par des experts, selon une démarche très similaire à la celle mise en œuvre dans le profil conventionnel lors de la phase de réduction statistique du nombre de descripteurs mise (ISO 13299, 2003). La liste finale et les définitions ont été définies en anglais, dans un premier temps, puis traduites dans les langues des panels par les analystes sensoriels de chaque pays. Un point négatif est que par manque de temps, il n'a pas été possible de choisir des produits de référence pour illustrer les descripteurs. La liste finale comprenait en tout 27 descripteurs, avec leurs définitions. Ces descripteurs ont ensuite été utilisés par les sept panels pour établir le profil sensoriel de 12 nouveaux fromages. Dans certains pays, des synonymes ont été utilisés pour faciliter la compréhension de descripteurs. Suivant les modalités sensorielles, l'apprentissage des descripteurs a été plus ou moins facile. Ainsi, l'apprentissage des descripteurs de texture a été plus facile que l'apprentissage des descripteurs d'odeurs et d'arômes. Les panels n'ont pas appris les descripteurs avec la même facilité. Certains panels (danois, norvégiens et anglais) n'ont eu besoin que de 2 à 5 heures d'entraînement supplémentaire pour apprendre les descripteurs, car la nouvelle liste de descripteurs représentait peu de changements par rapport à leurs listes initiales. A l'inverse, les autres panels ont eu besoin entre 5 à 10 heures d'entraînement supplémentaire pour apprendre les nouveaux descripteurs, car l'utilisation de la nouvelle liste représentait d'importants changements dans leurs habitudes.

Les résultats de cette seconde évaluation ont été étudiés et présentés plus en détail par Hunter et MacEwan (1998). Ces auteurs ont réalisé des analyses statistiques séparées pour chaque modalité sensorielle (texture, odeur, flaveur). Les auteurs ont trouvé que les performances internes des différents panels (en termes de capacité à discriminer les produits et de consensus entre les sujets d'un même panel) étaient satisfaisantes. Pour certains panels, les résultats montraient cependant que les sujets n'ont pas été discriminants pour certains descripteurs. Les hypothèses avancées pour expliquer ce résultat sont que les sujets ont peut-être trouvé le descripteur inapproprié, ou bien que ces descripteurs n'ont pas été compris par les sujets. Par ailleurs, un meilleur accord a été obtenu entre les panels au niveau de l'utilisation des descripteurs de texture par rapport à l'utilisation des descripteurs d'arômes, de goût et d'odeur. Par exemple, tous les panels n'ont pas interprété le descripteur « odeur de yaourt » de la même manière.

Globalement, l'analyse des données a montré que les 7 panels ont eu la même perception de l'espace produit, même si ponctuellement certains panels n'ont pas utilisé tous les descripteurs de la même manière. Cependant, l'interprétation des dimensions sensorielles sous-jacentes différait selon les panels. On peut donc dire que les panels étaient d'accord quant aux similarités et différences entre les produits, mais pas sur les raisons de ces similarités et de ces différences. Il apparaît donc que la construction d'un langage commun puis le transfert de descripteurs d'un pays à un autre n'est que partiellement efficace, même en réalisant une traduction rigoureuse des descripteurs. Les auteurs ont souligné la nécessité d'utiliser des références physiques lorsqu'on souhaite transférer un descripteur sensoriel d'une culture à une autre.

La standardisation des langages sensoriels et de leurs protocoles, ainsi que l'utilisation de références physiques constituent des outils pour obtenir des résultats comparables entre différents pays. On peut cependant objecter que le développement de tels langages sensoriels universels pourrait gommer artificiellement certaines différences existant réellement entre les cultures. Il est alors primordial d'identifier clairement les objectifs visés avant d'entreprendre une telle homogénéisation.

5. Typologie des critères utilisés pour comparer les profils sensoriels entre plusieurs panels

Dans les études présentées précédemment, nous remarquons que les critères utilisés pour comparer les résultats fournis par les panels impliqués ne sont pas toujours les mêmes.

Dans beaucoup d'études, la comparaison des profils sensoriels est axée sur l'évaluation visuelle des similarités et des différences au niveau des cartes des produits et au niveau des cercles des corrélations des différents panels (Drake *et al.*, 2005 ; Daget et Collyer, 1984 ; Risvik *et al.*, 1992 ; Hirst *et al.*, 1994). Les méthodes statistiques utilisées pour construire les cartes sensorielles sont en général l'analyse en composantes principales (ACP) ou l'analyse factorielle discriminante (AFD). Chez certains auteurs, la comparaison des cartes des produits n'est pas effectuée de manière visuelle, mais à l'aide de méthodes multivariées telles que l'analyse factorielle multiple hiérarchique (AFMH) (Follet *et al.*, 2006), l'analyse procrustéenne généralisée (APG) (de Jong *et al.*, 1998 ; Hunter et Mc Ewan, 1998), la méthode STATIS (ESN, 1996), la classification ascendante hiérarchique (CAH) (Drake *et al.*, 2005) ou encore la régression partial least squares (PLS) (Risvik *et al.*, 1992). Parfois, les auteurs ont utilisé un indicateur chiffré permettant de donner le degré de similarité global entre deux configurations : le coefficient RV (Drake *et al.*, 2005 ; Follet *et al.*, 2006) ou le coefficient RV normalisé (ESN, 1996), ou encore la distance procrustéenne (Daget et Collyer, 1984).

Dans certaines études, il y a une comparaison de la dimensionnalité des profils fournis par chaque panel (de Jong *et al.*, 1998 ; ESN, 1996).

Les performances des panels ne sont pas toujours abordées en détail. Lorsqu'elles le sont, les performances sont comparées sous l'angle du pouvoir discriminant (Drake *et al.*, 2005 ; Hunter et Mc Ewan, 1998), de la répétabilité (Daget et Collyer, 1984 ; Hirst *et al.*, 1994) ou de l'accord entre les sujets (Hunter et Mc Ewan, 1998 ; Hirst *et al.*, 1994).

Lorsque les descripteurs étaient les mêmes entre les différents panels, certains auteurs ont directement évalué l'accord entre les panels dans leur utilisation des descripteurs : à l'aide du coefficient de concordance de Kendall (Hunter et Mc Ewan, 1998) ou à l'aide du coefficient de corrélation linéaire (Drake *et al.*, 2005).

6. Conclusions

Lorsqu'on cherche à communiquer les résultats d'un profil sensoriel à un nouveau panel ayant une culture et une langue différentes de la sienne, la traduction des descripteurs sensoriels *a posteriori*, aussi soigneuse soit-elle, ne permet pas toujours d'assurer une parfaite compréhension de la signification de ces descripteurs.

De l'examen des études traitant du transfert de descripteurs d'un panel donné à un panel ayant une culture et une langue différente, il ressort que certains points méthodologiques

semblent perfectibles. Ainsi, la phase de traduction des descripteurs pourrait bénéficier d'une étape de validation, dans le but de vérifier qu'il n'y a pas de perte ou de distorsion de l'information lors de la traduction. Ensuite, il semble nécessaire d'entraîner le panel qui émet les descripteurs et le panel qui reçoit les descripteurs de la même manière. En particulier, l'utilisation des mêmes produits de référence pour illustrer le sens de variation des descripteurs, l'entraînement des panels pendant un nombre égal de séances et l'exposition des panels à la même diversité de produits pendant l'entraînement semblent être des points critiques. Le respect de ces conditions devrait permettre d'assurer que le panel qui reçoit les descripteurs les comprend et les utilise de la même manière que le panel qui émet les descripteurs.

On peut remarquer que la plupart des études cross-culturelles portant sur le profil conventionnel présentées dans ce chapitre ont été menées dans des pays de culture européenne ou anglo-saxonne. Malgré les problèmes de traduction et de compréhension de descripteurs sensoriels dans un contexte cross-culturel, ces études ont en général trouvé d'importantes similarités au niveau du positionnement relatif des produits sur les cartes sensorielles. Or, on peut émettre l'hypothèse qu'il existe davantage de différences entre des profils sensoriels établis dans une culture européenne et une culture asiatique qu'entre des profils sensoriels établis dans deux cultures européennes ou dans une culture européenne et une culture anglo-saxonne. L'existence de différences importantes entre une culture européenne et une culture asiatique a été identifiée dans le cas de l'étude récente de Le Mée (2006), qui visait à comparer des profils sensoriels établis en France et en Chine avec des panels utilisant les mêmes descripteurs. En effet, cet auteur a signalé l'existence de différences importantes au niveau du positionnement relatif des produits sur les cartes sensorielles entre les deux cultures, et a montré que le panel français avait besoin de davantage de dimensions sensorielles sous-jacentes que le panel chinois pour décrire l'espace produit. Cet auteur a également identifié de grandes différences au niveau de l'utilisation des descripteurs par les deux panels. Néanmoins, dans cette étude, les deux panels n'avaient pas le même degré d'expérience en analyse sensorielle descriptive, ils n'avaient pas été entraînés avec les mêmes produits de référence, et ils n'avaient pas été exposés à la même diversité de produits durant l'entraînement. Dans ce contexte, il apparaît intéressant d'étudier la possibilité de transférer des descripteurs sensoriels entre un panel de culture européenne et un panel de culture asiatique, tout en maîtrisant mieux les points méthodologiques évoqués plus haut.

Chapitre 3 : Les gels : des produits modèles en analyse sensorielle et en rhéologie

Une étude récente menée sur des consommateurs français (Sieffermann et Taréa, 2005) a permis de mieux comprendre quels sont les produits perçus comme étant des gels et ceux qui ne le sont pas. Les produits alimentaires les plus fréquemment cités comme étant des gels, on retrouve les bonbons, les flans, la confiture, la gelée, la gelée de fruits, la gélatine, les yaourts et les crèmes desserts. Nous remarquons que les produits de notre étude (les « jellies » ou « gels aromatisés sucrés ») ont peu souvent été cités spontanément, sans doute parce qu'ils sont très peu consommés en France. Les caractéristiques les plus fréquemment citées pour décrire les produits de type « gels » ont été à la fois des caractéristiques de texture (collant, gluant, visqueux et mou) et d'apparence visuelle (transparent, translucide, brillant et coloré). La notion de « gel alimentaire » pour les consommateurs englobe donc une grande diversité de produits, ayant des propriétés sensorielles particulières. Cette définition des gels alimentaires semble plus réductrice que celle fournie par les physico-chimistes, pour qui « nous mangeons surtout des gels » dans notre vie quotidienne (This, non daté; This, 2002).

Dans ce chapitre, nous chercherons tout d'abord à définir la notion de « gel » sur le plan physico-chimique. Nous présenterons ensuite une revue bibliographique des articles traitant de l'analyse sensorielle descriptive des gels. Enfin, nous aborderons les principaux résultats des études ayant établi des corrélations entre mesures sensorielles et instrumentales de la texture des gels.

1. Définition physico-chimique d'un gel

Dans la langue courante, le mot « gel » renvoie à plusieurs notions. Dans son acception physico-chimique selon Le Petit Robert (1996), le mot « gel » caractérise à la fois un **état** et une **substance** : « état semi-liquide obtenu par chauffage, floculation, polymérisation de peptides ou glucides hydratés ; substances caractérisées par cet état ». Toujours selon Le Petit Robert (1996), un gel est également « un produit translucide à base d'eau ou d'huile ». Nous voyons donc que ces approches ne se situent pas sur le même plan. Elles traduisent la difficulté d'établir une définition simple et unique du mot « gel ».

Pour Djabourov et Guenet, 1995, la définition des gels comprend à la fois une approche structurale, visant à décrire la structure microscopique des gels, et une approche mécanique, visant à décrire les propriétés mécaniques (essentiellement rhéologiques) des gels.

1.1. Les différentes structures microscopiques

Une définition simple et unificatrice d'un gel selon l'approche structurale est donnée par Adam et Delsanti (1996) :

- « Un gel est formé de deux milieux dispersés l'un dans l'autre :
- le milieu dit « solide » est constitué de longues molécules connectées entre elles par des points de réticulation pour former un réseau tridimensionnel ;
 - le milieu liquide (solvant) est constitué de molécules indépendantes ».

Dans la classification des structures de gels donnée par Browsey et Morris (1988), trois types de structures peuvent être distinguées, allant du plus simple au plus compliqué. Le premier type de structure est représenté par les **gels à un composant**. Dans ce cas, le gel est composé de seulement deux constituants : un liquide fortement majoritaire, l'eau, qui est piégé par une petite quantité d'un second composé formant un réseau tridimensionnel à travers le liquide. Les gels peuvent contenir des quantités d'eau supérieures à 99,5%, tout en présentant des caractéristiques de solides (Hermansson, 1998). Le liquide empêche le réseau de s'effondrer en une masse compacte, et le réseau empêche le liquide de s'écouler. Le réseau tridimensionnel peut être constitué par de petites molécules ou polymères. Les gels peuvent également se former à partir de dispersions de particules minérales ayant la forme de sphères, de bâtonnets ou de plaquettes (oxydes métalliques hydratés, argiles...) (Djabourov et Guenet, 1995). Flory (1974) a proposé une sous-classification des gels à un composant en quatre catégories, en fonction de leurs structures. La première catégorie regroupe les *structures lamellaires ordonnées*, comme les membranes phospholipidiques biologiques. Les gels de la seconde catégorie sont les *réseaux de polymères liés par liaisons covalentes*, dits aussi gels chimiques. En agroalimentaire, un exemple de gel chimique est donné par l'ovalbumine (protéine du blanc d'œuf). Les gels chimiques ne sont pas thermoréversibles, contrairement aux gels de la troisième catégorie, les *réseaux de polymères liés par liaisons faibles*, dits aussi gels physiques. En agroalimentaire, de nombreux gels physiques peuvent être créés à partir de la gélatine, des carraghénanes, des alginates, de l'agar-agar, ou encore de la pectine. Ces gels sont constitués de macromolécules liées les unes aux autres par des liaisons faibles. Ces gels sont le plus souvent de type filamenteux et sont transparent (Hermansson, 1998). Les gels de la quatrième catégorie sont les *systèmes particuliers*, constitués d'agrégats denses de biopolymères. Près du point isoélectrique, beaucoup de protéines globulaires (comme la β -lactoglobuline) ont la propriété de former des gels opaques, composés d'agrégats hétérogènes (Hermansson, 1998). Selon Langton *et al.* (1997), beaucoup de produits alimentaires tels que les yaourts, la viande hachée, les gels de poisson (tels que le surimi et le Kamaboko) ou encore les œufs cuits ont des structures microscopiques présentant les caractéristiques de gels

de type « système particulière ».

Le deuxième niveau de complexité de gels, dans la classification selon Browsey et Morris, est représenté par les **gels à deux composants, ou gels mixtes**. Dans ces gels plus complexes, les biopolymères sont utilisés en association. Ces associations peuvent donner naissance à différents types de structures, en fonction de la nature des interactions d'une part entre les deux polymères, et d'autre part entre les polymères et le solvant. Parmi les gels mixtes, on distingue les gels de type I et les gels de type II. Dans les gels de type I (Figure 4 (a)), seul un des polymères (polymère A) est effectivement responsable de la formation du réseau tridimensionnel, le second polymère (polymère B) pouvant influencer la gélification du polymère A, affecter la conformation du polymère A ou encore entraîner le gonflement du réseau. Le dernier phénomène a été invoqué pour expliquer la structure de gels mixtes de gélatine et de guar, où les molécules de guar se placent dans le réseau gélifié de gélatine, gonflent et forment des liaisons hydrogène avec la gélatine (Fonkwe *et al.*, 2003).

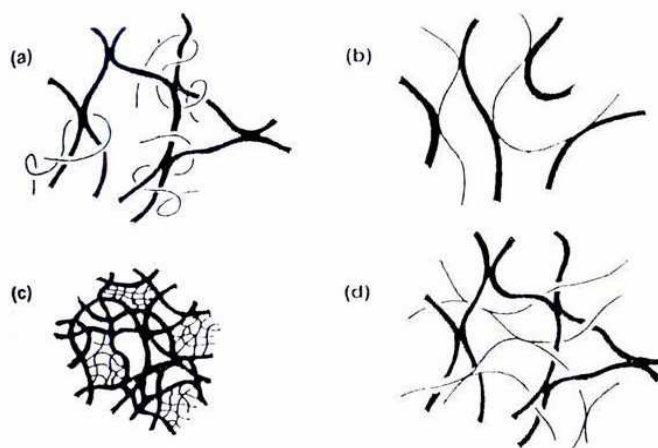


Figure 4 : Gels mixtes de type I (a) et gels mixtes de type II dits « couplés » (b), « avec séparation de phase » (c) et « avec réseau interpénétré » (d). Reproduit d'après Browsey et Morris (1988)

Dans les gels de type II, les deux polymères A et B sont à l'état gélifié. Trois types de structures peuvent être rencontrés, en fonction de l'importance relative des interactions A-A, B-B et A-B : les gels couplés, les gels avec séparation de phase et les gels avec réseaux interpénétrés. Le mode de préparation du gel peut également, dans certains cas, orienter l'évolution de la structure vers un des trois types de structures présentées. Dans les gels de type couplés (Figure 4 (b)), il est nécessaire qu'il y ait une bonne interaction entre les polymères A et B. Dans certains cas, il est possible de créer un gel à partir de deux constituants qui ne gélifieraient pas séparément, même à de fortes concentrations. C'est le cas

du mélange entre le xanthane et des galactomannanes (comme la caroube ou le tara) ou des glucomannanes (comme le konjac). L'association de κ -carraghénanes (ou d'agar-agar) avec la caroube, le tara ou le konjac donne également des gels de type couplés. Ces gels sont thermoréversibles. Dans les gels avec séparation de phase (Figure 4 (c)), la structure résulte d'une incompatibilité thermodynamique entre les deux polymères A et B. De telles structures ont été décrites dans des mélanges entre des protéines et des polysaccharides, comme par exemple dans le cas de mélanges gélatine-agar (Watase et Nishinari, 1980). Suivant les concentrations relatives de A et de B en solution avant la gélification, le gel peut ensuite être une phase continue de A contenant des inclusions de B (ou l'inverse). Au point d'inversion de phase, le gel peut également être un réseau interpénétré de A et de B (Figure 4 (d)). Les gels de type « réseau interpénétré » peuvent également être formé avec deux polymères A et B miscibles, en deux temps : un premier réseau est formé à l'avance avec le polymère A puis on fait gélifier le polymère B in situ. Les gels de type « réseau interpénétré » sont plus rare que les deux autres.

Dans la classification des gels selon Browsey et Morris, les **gels avec des inclusions** représentent le dernier niveau de complexité dans les structures de gels. Ce type de structure est très fréquent dans les produits alimentaires de la vie courante. Les gels avec des inclusions sont formés d'un ou plusieurs biopolymères impliqués dans la formation du réseau, et de particules « de remplissage » (des fibres, des bulles de gaz, des globules lipidiques, etc.) qui peuvent modifier la texture globale du gel. Un exemple de modification de texture par l'utilisation d'inclusions est donné par Bot et al. (1996), qui ont utilisé des inclusions de protéines du petit lait pour moduler les propriétés de fracture de gels de gélatine. Parmi les nombreux exemples de gels avec inclusions, les gels d'amidon sont des produits très fréquemment rencontrés dans la vie courante. Dans ces matériaux, la phase continue est formée par des chaînes d'amylose et des fragments de grains d'amidon gonflés, et la phase dispersée contient principalement des chaînes d'amylopectine (Doublier *et al.*, 1992).

1.2. Les propriétés mécaniques

L'approche structurale présentée ci-dessus fournit des critères assez clairs permettant d'identifier si un matériau est un gel. D'un point de vue rhéologique, **les gels présentent les caractéristiques d'un solide**. Cependant, il est parfois difficile, en pratique, de distinguer par leurs propriétés physiques les trois types de matériaux suivants : les gels dits « forts » ou « vrais », les gels dits « faibles » et les liquides à seuil.

Les gels forts présentent sans aucun doute des propriétés macroscopiques de solides : ils

ne s'écoulent pas. Les gels faibles, quant à eux, répondent à la définition structurale d'un gel, mais ont la propriété d'être si peu résistants qu'ils peuvent s'écouler sous leur propre poids. Dans les gels faibles, les liaisons entre les molécules formant le réseau se créent et se défont sans cesse ; elles sont de faible énergie, de l'ordre de grandeur de $k.T$ (Dickinson, 1997). Les liquides à seuil, ou « liquides plastiques », ont la propriété de ne s'écouler qu'au delà d'une certaine valeur de contrainte, appelée « seuil d'écoulement ». On distingue deux types de liquides à seuil : les liquides de Bingham et les liquides de Casson. La plupart des liquides à seuil sont des liquides de Casson : les boues, les pâtes dentifrices, la pâte à pain, des matières grasses ou encore des suspensions de sulfate de zinc ou de baryum (Couarraze et Grossiord, 2000). Ces matériaux ne répondent pas à la définition structurale d'un gel.

Dans une acception restreinte, les gels sont des solides, et en tant que tels ne s'écoulent donc pas. Un test simple pour déterminer si un matériau est un liquide ou un solide consiste à renverser le récipient le contenant, et à voir si le matériau s'écoule. Selon ce test, si le matériau s'écoule, ce n'est pas un solide, donc pas un gel. Cependant, ce test a deux inconvénients : il inclut dans les gels les liquides à seuil, qui ne sont pourtant pas des gels sur le plan structural, et il exclut les gels faibles, qui sont pourtant des gels sur le plan structural. Le test présente cependant l'avantage, une fois que l'on est sûr que le matériau est un gel sur le plan structural, de savoir si le gel est faible ou fort.

Les tests rhéologiques aux faibles déformations en régime oscillatoire présentent l'avantage de permettre d'étudier les propriétés mécaniques des matériaux de manière non destructrice, et permettent de définir l'état solide de manière plus fine. La définition rhéologique la plus simple d'un gel est l'existence d'un module d'élasticité G' et d'un module de perte G'' tendant vers une valeur finie lorsque la fréquence des oscillations imposées au gel tend vers zéro, avec $G' > G''$ (Guenet, 1992). Cela signifie que le système doit opposer une contrainte constante pour une déformation constante, ou maintenir une déformation constante pour une contrainte constante. On remarque qu'une valeur élevée de G' ne suffit pas à elle seule à définir un gel : on peut être en présence d'un gel avec une petite valeur de G' , jusqu'à 10^{-1} Pa, par exemple, du moment que G' est très supérieur à G'' (Lapasin et Pricl, 1995). Les gels faibles et forts peuvent être discriminés nettement grâce à un test en régime oscillatoire avec un balayage en fréquence. Pour les gels forts, G' et G'' sont élevés et peu dépendants de la fréquence des oscillations (Doublier *et al.*, 1992). Par ailleurs pour les gels forts, G' est typiquement 10 à 100 fois plus élevé que G'' (Lapasin et Pricl, 1995). Pour les gels faibles ou les solutions de macromolécules, G' est supérieur à G'' seulement sur une partie du spectre et

les modules G' et G'' varient en fonction de la fréquence des oscillations imposée au matériau (Doublier *et al.*, 1992).

Une propriété fréquente des gels est de retenir le solvant ou même de l'absorber, comme pour le polyacrylate de sodium, utilisé dans les couches-culottes pour bébés (Djabourov et Guenet, 1995). Certains gels ont au contraire la propriété d'exsuder du liquide au cours du temps : c'est la synérèse. Ce phénomène résulte d'agrégaions secondaires qui se produisent après la phase principale de gélification. Lorsque ce phénomène est homogène au sein du gel, celui-ci se contracte et expulse du liquide (Hermansson, 1998). Enfin, certains gels présentent des propriétés d'adhérence, qui s'expriment de manière plus ou moins prononcée en fonction de la durée du test, de la température, de la rugosité de surface ou encore de la vitesse d'arrachement (Fizman et Damásio, 2000a).

2. Analyse sensorielle descriptive des gels

Nous avons recensé un nombre important d'études relatives à l'analyse sensorielle descriptive des gels. Nous présentons ici principalement les études réalisées sur des gels formulés à partir d'agents de gélification très fréquemment utilisés en agroalimentaire (les polysaccharides et la gélatine).

2.1. Grille de lecture comparative des articles rencontrés

Un récapitulatif des études d'analyse sensorielle descriptive menées sur des gels alimentaires est présenté dans le Tableau 1. Les études rencontrées ont été comparées selon : la diversité des espaces-produits étudiés, les modes de présentation des échantillons, les modalités sensorielles étudiées, les méthodologies sensorielles employées, le nombre de descripteurs employés et le nombre de dimensions sensorielles sous-jacentes.

Tout d'abord, les **espaces produits** étudiés sont différents d'une étude à une autre en termes de nombre, de diversité et de nature de produits.

On constate également des différences au niveau de la **forme** et des **quantités** d'échantillons présentés aux sujets. La **température** de présentation varie également selon les auteurs. Pour certains auteurs, les produits sont présentés entre 20 et 25°C : 22°C pour Daget et Collyer (1984), 20°C pour Autio *et al.* (2003), 25°C pour Murayama *et al.* (1995), température ambiante pour Kälviainen *et al.*, 2000, Damásio *et al.* (1990) et Montejano *et al.* (1985)). Pour d'autres auteurs, les produits sont présentés à plus basse température : 4-6°C pour Costell *et al.* (1995), produits à 11°C et pièce à 21°C pour Muñoz *et al.* (1986a et b) et 7°C pour Pereira *et al.* (2003). Or la température est classiquement un facteur important

influant sur la texture des produits alimentaires (Bourne, 2002).

On constate aussi des différences au niveau des **modalités sensorielles** étudiées. Selon les études, la texture des produits est évaluée en bouche, à la main (compression entre le pouce et l'index) ou au couteau, parfois en appréciation visuelle.

Les **méthodologies sensorielles** recensées dans cette synthèse bibliographique appartiennent au profil conventionnel, à part l'étude de Costell *et al.* (1995) qui utilise la méthode de free-choice profiling. Dans les études rencontrées, l'échelle de notation peut être une échelle structurée avec des échelons (14 points pour Syarief *et al.* (1985) et Montejano *et al.* (1985), à 10 points pour Autio *et al.* (2003), à 7 points pour Daget et Collyer (1984) et à 5 points entre -2 et +2 pour Murayama *et al.* (1995)) ou une échelle non structurée (15 cm pour Pereira *et al.* (2003), 10 cm pour Kälviainen *et al.* (2000), Muñoz *et al.* (1986a et b), Damásio *et al.* (1994), Costell *et al.* (1995)). On peut remarquer que certains auteurs utilisent un produit de référence lors des évaluations, pour laquelle on fixe arbitrairement une note moyenne pour tous les descripteurs (Muñoz *et al.* (1986a) et Montejano *et al.* (1985)).

Dans la plupart des études, l'**analyse des données** a été réalisée avec des méthodes multivariées (analyse en composantes principales, analyse factorielle discriminante, analyse procrustéenne généralisée). Certains auteurs ont recours à la méthode de rotation orthogonale Varimax afin d'obtenir une interprétation plus claire des résultats d'ACP (Syarief *et al.* (1985) et Muñoz *et al.* (1986b)).

Le **nombre de descripteurs sensoriels** utilisés pour décrire la texture des gels varie beaucoup d'une étude à une autre : entre 2 descripteurs pour Chai *et al.* (1991) et Gaspar *et al.* (1998), et 23 descripteurs pour Clark (2002). L'influence de l'animateur semble être importante dans le nombre de descripteurs finalement utilisés par les sujets. Par exemple dans le cas de Chai *et al.* (1991) et Gaspar *et al.* (1998), les descripteurs ont vraisemblablement été prédéfinis par les auteurs et sont en nombre limité. Le nombre de descripteurs sensoriels générés par le panel peut également être influencé par la diversité des produits qui leur sont présentés.

Dans la plupart des études, le **nombre de dimensions sensorielles sous-jacentes** ne dépasse pas deux. Damasio *et al.* (1990) n'utilisent qu'une seule dimension, expliquant 78,2% de la variance. Pour les auteurs suivants, deux facteurs sont identifiés : Daget et Collyer (1984), Montejano *et al.* (1985), Muñoz *et al.* (1986b), Damasio *et al.* (1994), Costell *et al.* (1995), Kälviainen *et al.* (2000) et Autio *et al.* (2003). Dans les études suivantes, trois

composantes sont identifiées : Murayama *et al.* (1995), Clark (2002) et Pereira *et al.* (2003). Seule une étude (Syarief *et al.*, 1985) a recours à 4 composantes principales. On peut remarquer que dans l'étude de Daget et Collyer (1984), un grand nombre de descripteurs sensoriels ont été utilisés, alors que le nombre de dimensions sensorielles sous-jacentes est relativement peu élevé. On peut alors s'interroger sur l'utilité de conserver l'ensemble de ces descripteurs.

Tableau 1 : Comparaison des études portant sur l'évaluation sensorielle descriptive des gels.

Références	Type et nombre de produits étudiés	Méthodologie sensorielle	Nombre de sujets	Analyse des données	Nombre de descripteurs utilisés	Nombre de composantes principales (PC) utilisées et pourcentage de la variance expliqué par chaque PC
Daget et Collyer (1984)	18 gels formulés	QDA® 2 panels (un suisse, un anglais)	15 + 15	AFD	16	panel suisse: PC1(45.1%); PC2(26.7%) panel anglais: PC1 (56.0%); PC2(18,2%)
Montejano et al. (1985)	8 gels formulés à base de protéines animales	p.c. (1)	6	ACP(2)	13	PC1(78,0%); PC2(15,0%)
Syarief et al. (1985)	gels formulés à base de poisson	profil de texture (selon Brandt et al., 1963)	-	ACP (Varimax)	16	PC1(48.4%); PC2(10.5 %); PC3(7.5%); PC4(7.7%)
Muñoz et al. (1986a)	5 gels formulés (tous à base de gélatine)	p.c. (1)	18	ANOVA	6	Tous les descripteurs étaient fortement corrélés
Muñoz et al. (1986b)	6 gels formulés	p.c. (1)	18	ACP (Varimax)	7	PC1(63.2%); PC2(16,3%)
Damásio et al. (1990)	14 gels formulés	p.c. (1)	7	ACP(2)	4	PC1(78,2%)
Chai et al. (1991)	12 gels formulés	descripteurs prédéfinis	31	-	4 (dont 2 de texture)	-
Damásio et al. (1994)	14 gels formulés	p.c. (1)	12	ACP(2)	11	PC1(52,3%); PC2(37,0%)
Costell et al. (1995)	5 gels formulés et 1 produit du commerce	free-choice profiling	10	APG	18, en moyenne	PC1(50.0%); PC2(8.0%)
Murayama et al. (1995)	6 gels formulés	semantic differential method (Sato, 1973)	20	ACP(2)	7	PC1(44,2%); PC2(37,2%); PC3(16,0%)
Gaspar et al. (1998)	15 gels formulés	descripteurs prédéfinis	15	-	8 (dont 2 de texture)	-
Kälviainen et al. (2000)	8 gels formulés	p.c. (1)	12	ACP	9 (dont 5 de texture)	PC1 (72%); PC2(26%)
Clark (2002)	16 gels formulés	QDA®	12	ACP (Varimax)	38 (dont 23 d'apparence visuelle et de texture)	(3) PC1(40,7%); PC2(17%); PC3(5%)
Autio et al. (2003)	7 gels formulés	p.c. (1)	10	ACP	7	2 composantes principales (les pourcentages de la variance ne sont pas communiqués)
Pereira et al. (2003)	12 gels lactiques formulés	p.c. (1)	14	ACP	11	PC1(63,2%); PC2(10,2%); PC3(8,8%)

(1) p.c. = profil conventionnel, sur la texture

(2) les calculs ont été réalisés à partir des données brutes publiées par les auteurs. La règle de la valeur propre supérieure à 1 a été appliquée pour déterminer le nombre de composantes principales (l'ACP a été réalisée sur les données centrées-réduites).

(3) Les composantes 1 à 3 sont relatives à la texture, les composantes 4 à 8 à la flaveur, l'arôme ou la couleur.

2.2. Les descripteurs sensoriels rencontrés et leurs importances relatives

Un certain nombre de descripteurs sensoriels de la texture des gels alimentaires ont été rencontrés dans les études présentées dans le Tableau 2. Certains descripteurs ont des définitions très voisines – sinon identiques – entre plusieurs articles, alors que d'autres n'ont été utilisés que par un ou deux auteurs.

Une typologie de ces descripteurs est proposée dans le Tableau 2. Les descripteurs ayant des sens voisins ont été regroupés, puis classés en fonction de leur fréquence d'utilisation dans les études. Ainsi, 28 types de descripteurs (ou familles de descripteurs) ont été recensés. Certains descripteurs se retrouvent très souvent, même pour des espace-produits différents : **fermeté, élasticité, déformabilité, adhésion**, libération de **liquide** (ou **sensation d'humidité**), **rugueux, granuleux, mâche, cassant et gommeux**. Les descripteurs « mâche » et « persistance » ne se retrouvent en général que dans certains gels (gels de poisson, de protéines animales et bonbons) de consistance assez élevée par rapport à des gels. Certains descripteurs, ne comportant pas de définition claire (comme « pulpeux ») ne correspondent à aucune catégorie. Enfin, certains descripteurs (ou familles de descripteurs) rencontrés dans un nombre limité d'articles, mais qui semblent pertinents par rapport à la description sensorielle des gels : **désagrégation** (nombre et taille des morceaux générés lors de la mastication), **fondant**, impressions à la **déglutition**, et **type de rupture** (amorphe/cristalline).

Tableau 2 : Typologie des descripteurs rencontrés dans les études portant sur la caractérisation sensorielle des gels et total d'occurrences.

Type de descripteur	Etudes												Total d'occurrences	
	Daget et Collyer (1984)	Montejano <i>et al.</i> (1985)	Syarief <i>et al.</i> (1985)	Muñoz <i>et al.</i> (1986a)	Muñoz <i>et al.</i> (1986b)	Damásio <i>et al.</i> (1990)	Damásio <i>et al.</i> (1994)	Costell <i>et al.</i> (1995)	Murayama <i>et al.</i> (1995)	Kälviainen <i>et al.</i> (2000)	Clark (2002)	Autio <i>et al.</i> (2003)		Pereira <i>et al.</i> (2003)
Fermeté (en bouche, ou en main)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	13
Elasticité (en bouche, ou en main)	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x		10
Déformabilité	x	x	x	x		x	x	x					x	8
Adhésion	x	x	x					x	x	x	x		x	8
Libération de liquide	x	x	x					x				x	x	6
Rugueux	x		x				x	x	x				x	6
Granuleux		x	x					x			x	x		5
Mâche/persistance		x	x						x	x	x			5
Cassant	x							x	x	x				4
Gommeux		x	x					x			x			4
Désagrégation				x	x			x			x			4
Fondant	x										x	x		3
Rupture (cristalline/amorphe)						x	x							2
Densité		x	x											2
Particules résiduelles		x	x											2
Cohésion en masse		x											x	2
Huileux	x		x											2
Farineux											x			2
Disparaît											x			2
Viscosité									x		x			2
Impression à la déglutition	x													1
Aspect grossier			x											1
Huileux résiduel			x											1
Crayeux résiduel			x											1
Consistance								x						1
Pulpeux								x						1
Coulabilité													x	1
Consistance à la désagrégation													x	1

(x) : la présence d'un « x » signifie qu'au moins un descripteur de ce type a été utilisé dans l'étude en question

2.2.1. Cas des descripteurs visuels des gels

Peu d'auteurs ont étudié l'analyse sensorielle descriptive des gels sous l'angle des descripteurs visuels. Marrs et Titoria (2001) ont caractérisé l'aspect plus ou moins brillant de gels d'hydrocolloïdes par analyse sensorielle descriptive et par des méthodes instrumentales

(microscopie électronique à transmission, mesures de réflectance). Ces auteurs ont remarqué que les raisons pour lesquelles certains hydrocolloïdes donnent des gels brillants sont encore mal comprises, malgré l'importance de ce paramètre pour les consommateurs.

3. Corrélations entre mesures sensorielle et instrumentale de la texture des gels

Les gels aromatisés sucrés ont souvent été pris comme support d'étude pour la recherche de corrélations entre mesures sensorielles et instrumentales. Le Tableau 3 présente une synthèse des principaux articles rencontrés. Suivant les études, de grandes différences existent au niveau de l'espace produit. le nombre de produits étudiés varie de 6 (Muñoz et al., 1986b ; Murayama et al., 1995) à 20 (Gaspar et al., 1998). La diversité des produits constituant l'espace produit varie également beaucoup, en fonction notamment du nombre de texturants différents qui ont été mis en œuvre dans l'étude. Les études qui présentent la plus grande diversité de produits sont sans doute celles de Daget et Collyer (1984) et de Clark (2002).

Différentes stratégies ont été mises en œuvre concernant le choix des mesures instrumentales. Peu d'études ont mis en œuvre des mesures rhéologique fondamentales : Autio et al. (2003) ont utilisé des mesures de rhéologie oscillatoire et Murayama et al. (1995) ont utilisé des mesures de fluage. Cependant, ces auteurs n'ont pas trouvé de relations significatives entre les paramètres instrumentaux issus de ces mesures fondamentales et des descripteurs sensoriels. Pour Clark (2002) en effet, les tests rhéologiques conduits *aux petites déformations* sont généralement mal corrélés aux descripteurs sensoriels de texture. Il est nécessaire de réaliser les mesures à des déformations importantes, au-delà du seuil de rupture, afin d'obtenir de meilleures relations entre données instrumentales et sensorielles. Dans les études présentées dans le Tableau 3, les meilleures corrélations entre mesures sensorielles et instrumentales semblent en effet être obtenues avec des méthodes qui déforment les produits d'une manière assez importante pour conduire la rupture.

La méthode du 'Texture Profile Analysis' (TPA) (Szczesniak, 1963 ; Bourne, 1978, 2002) a été appliquée par Murayama et al. (1995) et Clark (2002). D'autres auteurs ont utilisé un test de double compression similaire au TPA (Daget et Collyer (1984) ; Muñoz et al., 1986b) ou un test consistant à pénétrer le produit deux fois (Gaspar et al., 1998). Parfois, les propriétés de surface du produit ont été étudiées à l'aide d'un test de compression spécifique (Daget et Collyer, 1984 ; Murayama et al., 1995 ; Damásio et al., 1990) ou à l'aide d'un test

de coupure avec une lame (Daget et Collyer, 1984 ; Muñoz et al., 1986b). La méthode instrumentale du TPA a connu, d'une manière générale, une très large utilisation pour de nombreux types d'aliments. Elle présente l'avantage de générer de nombreux paramètres instrumentaux en un seul test, dont les dénominations rappellent les propriétés de texture qu'ils sont censés modéliser. Cependant, les paramètres du TPA ont largement été remis en question (Fizman et Damásio, 2000a et b, Pons et Fizman, 1996, Fizman et al., 1998), notamment par rapport à leur pouvoir de prédiction des descripteurs sensoriels correspondants à leurs dénominations. Le plus souvent, de bonnes relations ont été obtenues avec la dureté. Dans le cas des gels, cela a été vérifié pour Gaspar *et al.* (1998) et pour Clark (2002). Murayama *et al.* (1995) n'ont trouvé, quant à eux, aucune relation simple entre les paramètres du TPA et leurs descripteurs sensoriels.

Dans deux études du Tableau 3, un test d'extrusion ou de back extrusion a été mis en œuvre (Autio *et al.*, 2003 ; Daget et Collyer, 1984). Enfin, l'étude de (Daget et Collyer, 1984) et celle qui présente la plus grande diversité de méthode. Ces auteurs, de manière originale, ont également étudié des tests de tension, d'adhésion ou de pénétration avec un cône.

Les descripteurs sensoriels de texture qui semblent les mieux prédits dans le cadre des études rencontrées sont reliés à la dureté des produits ou à leur élasticité (Tableau 3). Il semble à l'inverse que certains types de descripteurs restent non prédictibles, malgré la recherche de corrélations avec des paramètres instrumentaux issus des méthodes instrumentales variées. Pour ces auteurs, les non-corrélations viendraient du fait que les méthodes instrumentales traditionnellement utilisées (le plus souvent traction-compression) ne peuvent reproduire les phénomènes complexes et combinés se produisant en bouche, comme les actions de la chaleur, de la compression, du cisaillement ou du mélange avec la salive. Selon Muñoz *et al.* (1986b), de bonnes corrélations ont été obtenues lorsque les mêmes propriétés physiques ont été mesurées et/ou lorsque le gel a été soumis à des forces ou à des déformations similaires à ceux ayant lieu en bouche. Selon Autio *et al.* (2003), l'aspect fondant des produits ne peut être prédit par un paramètre instrumental unique. Le rôle joué par la salive et la température ont été reconnus comme deux aspects à prendre en compte pour la compréhension des phénomènes en bouche (Anonyme, 2002). Dans le cas de Carson *et al.* (2002), l'aspect épais en bouche de yaourts brassés n'a pu être correctement prédit par un test de compression en raison des effets de la **salive** et de la **température** en bouche qui n'ont pas été pris en compte dans les mesures instrumentales.

L'approche adoptée pour établir les relations entre mesure sensorielle et instrumentale dans les études présentées dans le Tableau 3 a pratiquement toujours été la recherche de corrélations linéaires simples deux à deux. Cependant, lorsqu'on cherche à prédire un descripteur sensoriel de texture par un nombre limité de paramètres instrumentaux (voire par un seul paramètre instrumental), on peut passer à côté de l'aspect multidimensionnel de la texture. Ainsi, *un* descripteur sensoriel doit souvent être prédit par *plusieurs* paramètres instrumentaux (Martens *et al.*, 2001 ; Meullenet *et al.*, 2002). Høy (2002) présente l'intérêt d'utiliser des modèles de régression multivariés (comme la régression Partial Least Squares) lors de la recherche des relations entre mesures sensorielles et instrumentales. Ce type d'approche a été appliqué pour l'établissement de corrélations stables entre mesures sensorielles et instrumentales dans le domaine de la texture (e.g. Carson *et al.*, 2002 ; Sitakalin et Meullenet, 2001 ; Hough *et al.*, 1996).

Tableau 3 : Comparaison des études portant sur les corrélations entre mesures sensorielles (profil conventionnel) et instrumentales de la texture des gels aromatisés sucrés (les descripteurs sensoriels mentionnés sont en italique).

Etudes	Types de texturants utilisés	Méthodes instrumentales utilisées	Principaux résultats des corrélations entre mesures sensorielles et instrumentales
Autio <i>et al.</i> (2003)	7 gels formulés à base de pectine et d'amylose	<u>A. Rhéologie oscillatoire</u> (fréquence : 1Hz ; géométrie : cylindres concentriques ; déformation : 0,1%) avec un cycle de refroidissement (90°C → 20°C à 1,5°C/min), un palier (20°C pendant 9000s), puis un cycle de chauffage (20°C → 90°C à 1,5°C/min), puis un palier (90°C pendant 3000s). Paramètre mesuré : module élastique G'. • <u>B. Back-extrusion</u> : vitesse de compression=90mm/min ; pourcentage de compression=20%. Paramètre mesuré=force maximale de compression (dureté).	Corrélation entre la <i>dureté</i> et la force maximale de compression_B (R=0,89) • Absence de paramètre instrumental simple permettant de prédire les descripteurs <i>fondant (bouche)</i>, <i>lisse (bouche)</i>, <i>élasticité</i>, <i>aqueux (bouche)</i>
Daget et Collyer (1984)	18 gels formulés à base de : gélatine, pectine, caroube, k-carraghénanes, guar et amidon	Dans tous les tests, la vitesse était de 60mm/min et la température de 22°C (non précisé clairement). • <u>A. Double compression</u> : échantillon cylindrique (taille non communiquée, approximativement 10 cm de diamètre, et 2 cm d'épaisseur) ; sonde de 5 cm de diamètre ; Compression=20% ; Paramètres mesurés : résistance à la compression, recouvrance élastique, déformabilité, mâche, fermeté en tension, élasticité en tension. • <u>B. Compression à la rupture</u> : mêmes conditions opératoires que pour la double compression (sauf la déformation). Paramètres mesurés : force à la rupture, déformation à la rupture, travail à la rupture • <u>C. Tension</u> : disque en plastique rugueux de 2,5 cm de diamètre amené en contact avec l'échantillon, et levé. Paramètres mesurés : déformation en tension, force maximale en tension • <u>D. Adhésion</u> : disque en aluminium de 2,5 cm de diamètre amené en contact avec l'échantillon, et levé. Paramètre mesuré : force maximale en tension • <u>E. Pénétration conique</u> : cône en métal de 1,5cm de haut et un angle de 30 ; pénétration de 20 mm. Paramètre mesuré : force à 20mm. • <u>F. Extrusion</u> : pénétration du gel contenu dans un cylindre de 6,5cm de diamètre avec un disque de 6,3cm de diamètre comportant 40 trous de 0,2cm de diamètre ; distance d'extrusion : 20mm. Paramètre mesuré : travail d'extrusion. • <u>G. Coupure</u> : pénétration avec un cône tronqué aiguisé (2,1cm de diamètre et 1,5cm de haut). Paramètres mesurés : force maximale, distance pour atteindre la force maximale, ratio (force maximale)/distance, « élasticité ».	• <u>Descripteurs sensoriels reliés à des paramètres instrumentaux</u> (R > 0,80) : - o <i>Fermeté (cuillère)</i> : déformation à la rupture_B, travail d'extrusion_F, force à la rupture_G et déformabilité_G - o <i>Fermeté (bouche)</i> est fortement corrélée aux mêmes paramètres instrumentaux que pour <i>fermeté (cuillère)</i> et aussi avec les paramètres force à la rupture_B et travail à la rupture_B - o <i>Elasticité (cuillère)</i> : déformabilité_A, distance pour atteindre la force maximale_G - o <i>Fondant (bouche)</i> : force à la rupture_B, travail de rupture_B • <u>Descripteurs sensoriels non prédits</u> - o <i>collant (bouche)</i>, <i>collant (main)</i>, <i>huileux (bouche)</i>, <i>facilité de déglutition (déglutition)</i>, <i>épais (déglutition)</i> et <i>résidu (bouche)</i>
Muñoz <i>et al.</i> (1986b)	6 gels formulés à base de : gélatine, alginate et k-carraghénanes	• Dans les deux tests, la température était de 10°C et la vitesse de 200mm/min. Les échantillons étaient de cubes de 2cm de côté. • <u>A. Double compression</u> : compression=80%. Paramètres mesurés : force maximale de compression avant rupture (20% de déformation), force de rupture (à la rupture), force maximale de compression à la fin du premier cycle (80% de déformation), force maximale de compression à la fin du second cycle, déformation à la rupture, élasticité (d'après Mohsenin, 1978) • <u>B. Coupure au couteau</u> : compression avec un couteau (1,7mm d'épaisseur et 44,5mm de long), à 80% de la hauteur initiale. Paramètres mesurés : force à la rupture,, déformation à la rupture, force maximale (à 80% de compression).	• <u>Descripteurs sensoriels bien reliés à des paramètres instrumentaux</u> (R > 0,90) : - o <i>Fermeté (bouche)</i> est fortement corrélée aux paramètres instrumentaux force maximale1_A et force maximale2_A. - o <i>Fermeté (couteau)</i> : force à la rupture_A, force maximale_B - o <i>Elasticité (bouche)</i> : élasticité_A - o <i>Nombre de particules (bouche)</i> : élasticité_A
Murayama <i>et al.</i> (1995)	6 gels formulés à base de : k-carraghénanes, caroube, tara et guar	• Dans les deux tests, les échantillons étaient cylindriques (50 mm de diamètre et 18 mm de hauteur) et la vitesse de compression était de 300 mm/min. • <u>A. Double compression TPA</u> : compression=87% ; Paramètres mesurés : dureté, cohésion, adhésion • <u>B. Propriétés de rupture en compression</u> : paramètres mesurés : contrainte, énergie et déformation à la rupture • <u>C. Fluage</u> : compression de l'échantillon jusqu'à 15% de sa hauteur et modélisation des courbes par un modèle de Voigt à 6 éléments	• <u>Descripteurs sensoriels bien reliés à des paramètres instrumentaux</u> - o <i>Dureté</i> : déformation_B et énergie_B - o <i>Elasticité</i> : déformation_B • Aucune relation simple n'a été trouvée entre les paramètres du TPA ou de l'expérience de fluage et des descripteurs sensoriels.

(suite page suivante)

Tableau 3 (suite)

Etudes	Types de texturants utilisés	Méthodes instrumentales utilisées	Principaux résultats des corrélations entre mesures sensorielles et instrumentales
Clark (2002)	16 gels formulés à base de : gellan, k-et i-carraghénanes, agar, xanthane, caroube, amidon, gélatine	- Les échantillons étaient cylindriques (25,4 mm de diamètre et 12,7 mm de hauteur) et la vitesse de compression était de 50,8 mm/min <u>Double compression TPA</u> : compression=75% ; Paramètres mesurés : dureté, module, friabilité, élasticité, cohésion.	<u>Descripteurs sensoriels bien reliés à des paramètres instrumentaux</u> - Le paramètre instrumental « dureté » est relié aux descripteurs <i>cassant, mâche, gommeux, texture qui disparaît, vitesse de fonte, texture épaisse</i> et <i>temps de fonte</i> - Le descripteur <i>ferme au toucher</i> est relié aux autres paramètres instrumentaux (module, friabilité, élasticité et cohésion).
Damasio <i>et al.</i> (1990)	14 gels formulés à base de : k-carraghénanes, caroube et guar	- Les échantillons étaient cylindriques (17 mm de diamètre et 17 mm de hauteur) et la vitesse de compression était de 50 mm/min <u>Simple compression</u> : compression jusqu'à la rupture ; Paramètres mesurés : force maximale, module de déformabilité entre 10% et 20% de compression puis entre 20% et 30% de compression, déformation à la rupture, énergie nécessaire à la rupture	<u>Descripteurs sensoriels bien reliés à des paramètres instrumentaux</u> <i>Résistance à la rupture</i> : force maximale <i>Déformation à la rupture</i> et <i>fermeté</i> : déformation à la rupture et module de déformation entre 20% et 30%
Gaspar <i>et al.</i> (1998)	20 gels formulés à partir de : gellan, xanthane et caroube	- Les échantillons étaient placés dans un récipient cylindrique (30 mm de diamètre et 40 mm de hauteur) et la vitesse de compression était de 120 mm/s <u>TPA modifié (pénétration)</u> : pénétration de 2 mm dans le produit ; Paramètres mesurés : dureté, cohésion et élasticité	Une relation polynomiale du second degré a été trouvée entre la <i>dureté</i> et la dureté TPA ($R^2=0,94$)

4. Conclusions

Les gels aromatisés sucrés (« jelly » en anglais) sont des aliments simples, de type solide, dont la structure est créée par l'association de grandes quantités d'eau liées par un ou plusieurs types de texturants. En mettant en œuvre différents types de texturants et en utilisant différents types d'associations de texturants, il est possible de créer des espaces produits présentant une certaine diversité de textures. En effet, dans certaines études qui ont établi des profils sensoriels de la texture de gels, jusqu'à trois ou quatre dimensions sensorielles sous-jacentes peuvent être nécessaires pour décrire la diversité de l'espace produit (Clark, 2002 ; Syarief *et al.*, 1985).

Les gels ont souvent été pris comme modèles d'étude pour comprendre les relations entre mesures sensorielle et instrumentale de la texture (Browsey et Morris, 1988). L'utilisation de produits modèles comme les gels présente en effet de grands avantages comme une grande facilité de formulation et une relative diversité de textures. Si certaines propriétés sensorielles de texture telles que la dureté ou l'élasticité semblent être assez faciles à prédire par des mesures rhéologiques, d'autres propriétés sensorielles comme l'aspect fondant en bouche semblent plus difficiles à prédire. La prise en compte des effets de la salive et de la température lors de la réalisation des tests instrumentaux semble être une voie d'amélioration des prédictions de certaines propriétés sensorielles de texture des gels. Par ailleurs, le test de back-extrusion est un test empirique peu souvent utilisé dans le cadre de l'étude des corrélations entre mesures sensorielles et instrumentales des gels, et qui présente l'intérêt de soumettre le produit à une déstructuration importante, le soumettant à des déformations similaires à celles lors de la déstructuration du produit en bouche.

Partie 2 : Problématique

Au vu de la synthèse bibliographique, il ressort plusieurs points. Tout d'abord, dans le cadre de la communication de résultats de profil conventionnel entre des panels ayant des cultures et des langues différentes, la compréhension de la signification des descripteurs représente un enjeu important. Par ailleurs, il ressort de manière nette que le protocole de transfert de descripteurs sensoriels entre des panels de cultures et de langues différentes reste perfectible.

Des études comparatives ont montré qu'au sein d'une même culture, de grandes similarités existent au niveau du positionnement relatif des produits obtenus par le profil conventionnel et des méthodes alternatives telles que le profil flash ou le tri libre. Cependant, ces trois types de méthodes n'ont jamais été utilisées ensembles dans le but de comparer les caractérisations sensorielles dans deux cultures différentes. La mise en œuvre de ces trois méthodologies sensorielles pourrait apporter des informations complémentaires pour comprendre les différences entre les deux cultures.

De l'ensemble des études traitant des corrélations entre mesures sensorielles et instrumentales de la texture des gels, il ressort que certains descripteurs sensoriels ne peuvent être prédits de manière simple par des tests rhéologiques traditionnels. Notamment, il a été reconnu que l'augmentation de la température et l'action de la salive sont des phénomènes à prendre en compte afin de mieux prédire les propriétés mécaniques des aliments en bouche.

Enfin, les produits de notre étude (les gels aromatisés sucrés) sont potentiellement un espace-produit intéressant, tant pour la partie sensorielle cross-culturelle que pour la partie corrélation sensoriel/instrumental. En effet, ces produits présentent une relative diversité de textures.

La problématique de ce travail de thèse est triple :

- 1- décrire de manière fine les éventuelles différences de caractérisations sensorielles en France et au Vietnam ;
- 2- étudier dans quelles mesures il est possible de transférer des descripteurs sensoriels entre des panels de profil conventionnel appartenant aux deux cultures ;
- 3- étudier la possibilité de prédire la perception sensorielle de la texture d'aliments de type semi-solides par des mesures instrumentales.

Nous présentons maintenant les **stratégies mises en œuvre** pour répondre à chacun de nos trois problématiques.

1- Stratégie mise en place pour décrire les éventuelles différences de caractérisation sensorielle en France et au Vietnam

Les cultures française et vietnamienne étant différentes de par leurs langues et leurs habitudes alimentaires, nous nous attendons potentiellement à des différences importantes entre ces deux cultures dans la manière de catégoriser les produits, dans le nombre et la nature des mots utilisés pour décrire la texture des produits et enfin dans la complexité avec laquelle ils décrivent la structure de l'espace produit.

Afin d'évaluer si le langage a une influence importante, nous utilisons à la fois des méthodes sensorielles verbales et non-verbales. D'autre part, afin d'accéder à des réponses sensorielles les plus spontanées possibles mais aussi à des réponses établies par des sujets entraînés, nous utilisons à la fois des sujets non entraînés et des sujets entraînés.

Nous comparons donc les cultures française et vietnamienne à l'aide de trois méthodes sensorielles. La première méthode est le tri libre suivi de verbalisation, avec des sujets non entraînés. Dans cette méthode, la première phase du test est strictement non verbale et consiste à regrouper les produits selon leurs similarités. La deuxième phase du test est verbale. Elle consiste à décrire les groupes de produits formés. La deuxième méthode est le profil flash, réalisé avec des sujets non entraînés. Dans cette méthode, chaque sujet est libre de choisir ses propres mots, ses propres descripteurs pour décrire les produits qui lui sont présentés. La troisième méthode est le profil conventionnel avec génération de descripteurs, dans lequel des sujets génèrent des descripteurs, s'accordent sur des définitions consensuelles, puis sont entraînés à l'utilisation des descripteurs dans l'objectif d'être répétables, discriminants et consensuels avec les autres membres du groupe.

Etant donné la plus grande familiarité des sujets vietnamiens avec les produits de notre étude, la littérature nous laisse penser qu'il devrait exister une plus grande diversité de mots chez les sujets vietnamiens que chez les sujets français pour décrire la texture des produits. Par ailleurs, le tri libre étant une méthode non verbale, nous nous attendons à trouver moins de différences entre les deux cultures avec cette méthode qu'avec les méthodes de profil flash ou de profil conventionnel.

2- Stratégie mise en place pour étudier la possibilité de transfert de descripteurs sensoriels entre la France et le Vietnam

Lorsqu'on cherche à transférer des descripteurs sensoriels à un panel ayant une culture et une langue différentes de la sienne, la simple traduction des descripteurs n'est pas toujours suffisante. Notre objectif est ici de proposer un protocole permettant le transfert de descripteurs sensoriels entre un panel qui crée des descripteurs sensoriels et un panel de culture et de langue différente qui reçoit ces descripteurs sensoriels. Le protocole de transfert que nous nous proposons d'étudier présente les caractéristiques suivantes :

a- la phase de traduction des descripteurs sensoriels doit présenter une étape de validation afin d'éviter des pertes ou des déformations d'information ;

b- le panel qui reçoit les descripteurs sensoriels doit apprendre à les utiliser avec les mêmes produits de référence que le panel qui a créé les descripteurs ;

c- le panel qui reçoit les descripteurs sensoriels doit être entraîné durant le même nombre de séances que le panel qui a créé les descripteurs ;

d- durant la phase d'entraînement, le panel qui a créé les descripteurs et le panel qui reçoit les descripteurs doivent être exposés à la même diversité de produits.

Notre démarche consiste à mettre en œuvre ce protocole et à tester s'il permet le transfert efficace de descripteurs entre les deux cultures de notre étude, les cultures française et vietnamienne. Par « transfert efficace », nous entendons que le panel qui reçoit les descripteurs utilise les descripteurs sensoriels de la même manière que le panel qui a créé les descripteurs.

Nous avons donc mis en œuvre le protocole pour transférer les descripteurs dans le sens France → Vietnam, mais aussi dans le sens Vietnam → France, utilisant comme base de travail les descripteurs français et vietnamiens créés par les deux panels de profil conventionnel dans le cadre de la première partie de notre étude.

3- Stratégie mise en place pour la prédiction des profils sensoriels par des mesures instrumentales

Afin de prédire la perception sensorielle de la transparence et de la texture des produits,

nous avons mis en œuvre des méthodes instrumentales variées : mesures de spectrophotométrie, de synérèse et de rhéologie (back extrusion, pénétration, relaxation).

Par ailleurs, nous partons de l'hypothèse que la prise en compte des effets de la température et de la lubrification lors des mesures de back extrusion et de pénétration devrait nous permettre de mieux prédire la perception sensorielle de la texture en bouche. Pour cela, nous réalisons les mesures de back extrusion et de pénétration à quatre températures comprises entre deux extrema : une température voisine de celle du produit lors de sa mise en bouche et une température voisine de celle du produit lorsqu'il est à l'équilibre avec la température de la bouche (4°C, 15°C, 25°C et 35°C). Nous réalisons également les mesures de back extrusion et de pénétration dans deux conditions de lubrification : avec ou sans lubrification.

Une fois les paramètres instrumentaux définis pour chacune des méthodes, nous chercherons à prédire les profils sensoriels établis par les panels qui ont généré leurs propres descripteurs, en France et au Vietnam.

Partie 3 : Matériels et méthodes

L'objectif de cette partie est de décrire les produits, les matériels et les méthodes (sensorielles, instrumentales et statistiques) mises en œuvre dans notre étude.

Chapitre 1 : Les produits

Deux types de produits ont été étudiés : des produits modèles formulés, et des produits réellement consommés au Vietnam.

1. Les produits formulés

1.1. Composition des produits formulés

Le choix des produits a été guidé par deux objectifs. Le premier objectif a été de créer des produits permettant de couvrir de manière homogène et non monodimensionnelle la texture des gels. Le deuxième objectif a été de créer des produits avec des textures représentatives de celles rencontrées au Vietnam.

Tableau 4 : Liste des 17 produits formulés et codes adoptés lors de l'étude. Les concentrations sont données en % P/P. Tous les produits contiennent 9% de saccharose, 0,004% d'arôme fraise (n° 504118A, Firmenich) et 0,1% de colorant ("colorant rouge Carmin", Sébalcé). Les lettres indiquent les noms des fournisseurs : (a) Kalys; (b) Rousselot; (c) Degussa Texturant Systems; (d) Kelco.

code	Agar agar ^a	Gélatine ^b	Gellan ^d	κ-Carraghénanes ^c	Pectine LM ^c	Guar ^c	Konjac ^a	Caroube ^c	Tara ^a	Xanthane ^c	CaCl ₂
1	-	-	-	-	1.3	-	-	-	-	-	0.06
2	0.26	-	-	-	1.04	-	-	-	-	-	0.06
3	0.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	0.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0.5	-	-	-	-	-	0.125	-	-	-	-
6	-	-	0.33	-	-	-	-	-	-	-	0.02
7	-	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	0.5	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-
9	-	3	-	-	-	0.5	-	-	-	-	-
10	-	-	0.12	-	-	-	-	0.24	-	0.24	0.06
11	-	-	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	0.61	-	-	-	-	0.26	-	-
13	-	-	-	0.4	-	-	0.13	-	-	-	-
14	-	-	-	0.45	-	-	-	0.45	-	-	-
15	-	-	-	0.65	-	-	-	0.65	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	0.3	-
17	-	-	-	-	-	-	0.17	-	-	0.17	-

Dix sept gels (Tableau 4) ont été préparés en utilisant des combinaisons variées de cinq agents gélifiants (agar-agar, gélatine, gellan, κ-carraghénanes et pectine faiblement estérifiées - pectine LM), cinq agents épaississants (guar, konjac, caroube, tara et xanthane), du saccharose, un arôme fraise, un colorant et de l'eau distillée. Les mêmes lots de matières premières ont été utilisés pour la caractérisation sensorielle des produits en France et au

Vietnam, et pour les mesures instrumentales.

1.2. Protocoles de préparation des produits formulés

Les produits ont été fabriqués de la même façon au Vietnam et en France, pour les mesures sensorielles et instrumentales. Le protocole général de fabrication des produits (Figure 5) a été suivi. Le colorant et l'arôme ont d'abord été ajoutés à l'eau distillée à 90°C puis le saccharose et les agents gélifiants ont été dissous. Le mélange a été maintenu à une température de 90°C sous agitation pendant 15 min. Le mélange a alors été pesé, et de l'eau distillée a été ajoutée en conséquence pour compenser l'eau évaporée. Le mélange a ensuite été versé chaud dans les godets en plastique, et les godets immédiatement fermés. Les godets ont été laissés à refroidir à température ambiante pendant 15 minutes puis placés au réfrigérateur à 4°C.

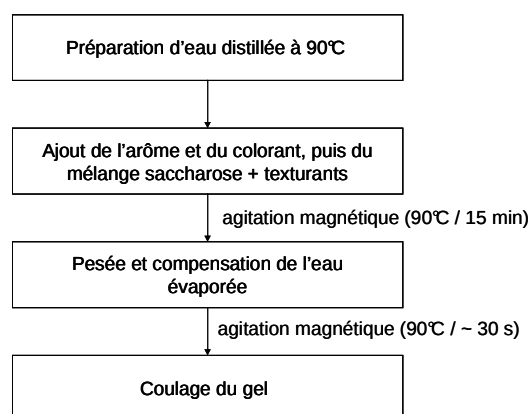


Figure 5 : Protocole général de fabrication des produits formulés

Lorsque le terme "godet" est employé par la suite, il désigne des godets translucides en polystyrène d'une hauteur de 31,3 mm, de diamètre interne au sommet 38,8 mm et de diamètre interne à la base 32,5 mm. Ces godets peuvent être fermés facilement à l'aide d'un opercule. Des godets provenant du même fournisseur (METRO) ont été utilisés pour la caractérisation sensorielle des produits vietnamiens et des produits formulés en France et au Vietnam (exceptés les produits commerciaux qui ont été présentés dans leurs emballages d'origine), ainsi que pour les mesures instrumentales de pénétration, de relaxation et de synérèse des produits formulés.

Pour cinq produits, le protocole de fabrication a été légèrement différent de celui présenté ci-dessus, pour des raisons de mise en œuvre des constituants. Nous exposons ici ces différences, produit par produit. Pour les produits 7 et 9, la gélatine a été laissée gonfler dans

de l'eau froide pendant 15 min avant la préparation des gels. Pour le produit 4, le mélange a été maintenu à la température de 100°C pendant 45 min (au lieu de 90°C pendant 15 min). Pour le produit 1, le mélange saccharose + pectine a d'abord été chauffé à 100°C pendant 15 min, puis une dilution de CaCl₂ (0.36% P/P) portée à 100°C a été versée dans le mélange, et enfin le mélange résultant a été maintenu à 100°C sous agitation pendant 15 min supplémentaires. Le produit 2 a été préparé comme le produit 1 excepté qu'après l'addition de la dilution de CaCl₂, le mélange a été maintenu à 100°C sous agitation pendant 45 min au lieu de 15 min.

La quantité de produit coulée dans chaque godet est déterminée visuellement par l'expérimentateur (chaque pot contient donc approximativement le même volume de produit). Pour vérifier qu'il n'y avait pas un trop grand écart de poids entre les échantillons, 68 échantillons ont été pesés (4 échantillons par produit, 17 produits) à la suite d'une séance de fabrication de produits formulés pour une séance d'évaluation finale des produits. Le poids moyen était de 18,2g, avec un écart-type de 1,7g.

1.3. Répétabilité de la préparation des produits

Deux opérateurs ont préparé les produits : un opérateur en France et un opérateur au Vietnam.

La répétabilité de la formulation des produits par l'opérateur en France a été validée selon le protocole suivant : 17 produits formulés (Tableau 4) ont été préparés 2 fois, à 8 jours d'intervalle, par le même opérateur. La texture des produits a été caractérisée à l'aide du test de pénétration 24 h après leur fabrication, en considérant les 17 paramètres instrumentaux présentés dans la partie 3. Lors de la première préparation, 5 échantillons par produit ont été caractérisés, et lors de la deuxième préparation, 2 échantillons par produit ont été caractérisés. Les résultats ont été analysés par MANOVA selon le modèle :

$$\text{Équation 1} \quad Y \sim \text{exp} + \text{prod}$$

où « exp » est le facteur « jour de préparation », et « prod » est le facteur produit.

Les résultats montrent que le facteur produit est très fortement significatif ($F_{272,1024} = 40.02$, $p < 0.001$), et que le facteur « jour de préparation » n'est pas significatif ($F_{17,84} = 0.73$, $p > 0.05$). Ceci valide donc le fait que l'opérateur en France est capable de formuler les produits de manière répétable. La répétabilité de l'expérimentateur en France a également été validée par les résultats de l'analyse sensorielle descriptive des panels de profil conventionnel réalisés en France.

La répétabilité de la formulation des produits par l'opérateur vietnamien n'a pu être validée par des mesures instrumentales, mais elle a été validée par les résultats de l'analyse sensorielle descriptive des panels de profil conventionnel au Vietnam.

2. Les produits vietnamiens

Quatre produits ont été sélectionnés parmi la variété de gels consommés à Ho Chi Minh ville : deux produits commerciaux emballés et prêts à l'emploi et deux produits plus traditionnels, à préparer à domicile. Les produits "New Choice Mini Fruity Gels", "Squeeze'n'bites", ainsi que la poudre d'agar-agar et les feuilles de *surong sâm* ont été achetés à Ho Chi Minh ville (Vietnam). Les produits évalués en analyse sensorielle en France et au Vietnam ne proviennent pas du même lot, à cause de problèmes de disponibilité au moment de l'achat.

Les deux produits commerciaux emballés et prêts à l'emploi étaient New Choice Mini Fruity Gels (Taiwan) et Squeeze'n'bites (Taiwan). Ces produits sont emballés dans de petits récipients en plastique fermés par un opercule. Pour ces deux produits, un arôme fraise a été choisi. Selon les indications présentes sur l'emballage des produits New Choice, les gels contenaient de l'eau, du saccharose, du fructose, du konjac, des extraits d'algues (sans plus de précisions), de l'acide citrique, des colorants et des arômes. Les gels Squeeze'n'bites contenaient quant à eux de l'eau, du saccharose, du fructose, de la gomme de caroube, de l'agar-agar, des carraghénanes, de l'acide citrique, des colorants et des arômes. Les deux produits New Choice et Squeeze'n'bites contenaient également quelques petits morceaux de gels à base de noix de coco fermentée avec *Agrobacterium Xylinum*. Ces morceaux se distinguaient du gel moyennement dur, assez translucide et rose dans lequel ils étaient inclus de par leur dureté plus importante, leur opacité et leur couleur blanche.

La masse moyenne des produits commerciaux a été évaluée : les produits "Squeeze'n'bites" ont un poids moyen de 31,0g (écart type de 0,2g, n=12), et les produits "New Choice Mini Fruity Gels" ont un poids moyen de 15,8g (écart type de 0,2g, n=15).

Deux produits traditionnels ont été fabriqués. Le premier produit traditionnel (*rau cáu*, qui signifie "agar-agar" en vietnamien) a été formulé avec une poudre d'agar-agar de marque vietnamienne (Halong Canfoco), en suivant les indications de préparation données sur l'emballage. La composition de ce gel était la suivante : 89,89% P/P d'eau distillée, 9,00% P/P de saccharose, 1,01% P/P d'agar-agar, 0,004% P/P d'arôme fraise (n° 504118A, Firmenich) et 0,10% P/P de colorant ("colorant rouge Carmin", Sébaldé, France). Tout d'abord, l'agar-agar et le sucre ont été laissés reposer dans de l'eau froide pendant 15 minutes. Le mélange a

ensuite été porté à 100°C sous agitation pendant 15 min. L'arôme et le colorant ont ensuite été ajoutés. Le mélange a été pesé, et de l'eau a été ajoutée pour compenser l'eau évaporée. Le mélange a ensuite été versé dans des godets. Les godets ont été fermés, laissés à refroidir à température ambiante pendant 15 minutes puis placés au réfrigérateur à 4°C.

Le deuxième produit traditionnel (*surong sâm*) a été préparé selon une recette traditionnelle, à partir de feuilles fraîches de *Cyclea barbata* Miers. La composition de ce gel était la suivante : 94,34 % P/P d'eau distillée et 5,66% P/P de feuilles fraîches. Les feuilles de *Cyclea barbata* Miers ont été achetées dans un marché couvert de Cho Lon (Ho Chi Minh ville) et les gels préparés dans les jours qui suivent. Tout d'abord, les feuilles ont été lavées, pour enlever les impuretés éventuelles. Les feuilles ont ensuite été placées dans un bécber, avec l'eau. Les feuilles ont été malaxées à la main afin d'extraire le contenu des feuilles, jusqu'à ce que le mélange devienne épais, visqueux (pendant approximativement 10 minutes). Le mélange a ensuite été filtré avec de la gaze, puis versé dans les godets. Les godets ont été fermés, puis placés au réfrigérateur à 4°C. Pour des raisons pratiques, ce produit a seulement été évalué en analyse sensorielle au Vietnam, pas en France. En effet, les feuilles de *Cyclea barbata* Miers sont fragiles, et supportent difficilement le transport et le stockage.

Les codes des produits "New Choice Mini Fruity Gels", "Squeeze'n'bites", "rau câu" et "surong sâm" sont respectivement 18, 19, 20 et 21. Nous avons vérifié *a posteriori* que les produits formulés sont proches des produits vietnamiens, à l'aide des résultats des profils conventionnels avec génération de descripteurs. Les résultats de cette validation sont présentés en Annexe 1.

3. Conservation et utilisation des produits

Les produits vietnamiens et les produits formulés ont été conservés à 4°C. Les produits formulés ont été fabriqués au fur et à mesure de l'étude 24 à 48h avant chaque séance d'analyse sensorielle ou chaque évaluation instrumentale. Les produits commerciaux 18 et 19 ont été évalués dans le respect de la Date Limite d'Utilisation Optimale.

Pour valider le fait que les caractéristiques des produits formulés n'évoluent pas de manière décelable par les sujets entre 24 h et 48 h après leur fabrication, un test triangulaire a été réalisé. Quatre produits, dont les propriétés étaient susceptibles de changer au cours du temps, ont été sélectionnés : 1, 6, 7 et 11. Un premier lot de produits (lot 1) a été fabriqué à t_0 . Un deuxième lot de produits a été fabriqué à $t_0 + 24h$. Le test triangulaire a été conduit à $t_0 + 48h$ sur les produits du lot 1 et du lot 2 avec 71 étudiants (36 femmes et 35 hommes âgés de $18,5 \pm 0,4$ ans) de l'Institut Supérieur d'Agriculture (Lille, France), chaque sujet ayant réalisé

4 tests triangulaires. Nous présentons ici les résultats du test triangulaire, pour chaque produit (Tableau 5). Les résultats ont été analysés selon la norme ISO 4120 (2004). Les paramètres retenus pour les calculs sont les suivants : $\alpha = 0,20$, $\beta = 0,10$, $p_D = 0,2$.

Tableau 5 : Résultats du test triangulaire réalisé sur 4 produits maturés pendant 24h ou 48h.

	produits			
	1	6	7	11
nombre de réponses correctes	25	21	17	21
nombre total de réponses	71	70	69	69
valeur critique calculée	0,1370	0,0552	-0,0308	0,0629

Nous pouvons être sûr à 90% ($\beta = 0,10$) qu'au maximum 20% ($p_D = 0,2$) des sujets sont capables de détecter une différence entre les produits du lot 1 (maturés pendant 48h) et les produits du lot 2 (maturés pendant 24h). Ces résultats nous permettent donc de valider le fait que les propriétés sensorielles des produits n'évoluent pas de façon décelable par les sujets entre 24h et 48h après leur fabrication.

Chapitre 2 : Les méthodes de caractérisation sensorielle

En France et au Vietnam, quatre méthodes de caractérisation sensorielle ont été appliquées : le tri libre, le profil flash, le profil conventionnel avec génération de descripteurs et le profil conventionnel avec descripteurs imposés. Pour le tri libre et le profil flash, les sujets ont évalué uniquement des produits formulés. Pour le profil conventionnel, les sujets ont évalué des produits formulés ainsi que des produits du commerce.

1. Sujets

En France et au Vietnam, le recrutement des sujets a été basé sur leur motivation à participer au test. Pour le test triangulaire, le tri libre et le profil flash, uniquement des étudiants n'ayant pas d'expérience en analyse sensorielle ont été recrutés. Pour le profil conventionnel, à la fois des étudiants et des membres du personnel des universités ont été recrutés. Le Tableau 6 présente les caractéristiques des sujets ayant participé aux différents tests.

En France, le recrutement des sujets a été effectué au sein de l'Institut Supérieur d'Agriculture (Lille, France) et au Vietnam, il a été réalisé au sein de l'Institut Polytechnique de Hô Chi Minh Ville (Hô Chi Minh Ville, Vietnam).

Tableau 6 : Caractéristiques des sujets utilisés dans l'étude.

	France				Vietnam			
	Hommes		Femmes		Hommes		Femmes	
	Effectifs	Age	Effectifs	Age	Effectifs	Age	Effectifs	Age
Tri libre	6	19,3±1,6	8	19,6±1,3	4	20,8±1,5	13	21,±0,4
Profil flash	2	20,5±0,7	11	18,8±1,2	4	21,3±0,5	10	21,2±0,9
Profil conventionnel (descripteurs générés)	6	28,7±8,8	8	32,9±6,6	4	25,0±1,2	8	27,8±9,4
Profil conventionnel (descripteurs imposés)	3	33,0±6,6	10	27,7±8,8	6	24,4±1,1	7	36,0±10,8

2. Procédures

Dans tous les tests sensoriels, les sujets ont évalué les produits dans des cabines standardisées, avec une lumière blanche. L'évaluation sensorielle était restreinte à l'apparence visuelle, à la texture avant mise en bouche (en utilisant la main, une fourchette, un couteau, une cuillère ou une assiette) et à la texture en bouche. Tous les produits ont été servis à 4°C. Au Vietnam, la température de la salle était de 26°C ± 1 et en France 23°C ± 1.

Les sujets avaient à leur disposition une assiette en carton à la surface glacée, des couverts en plastique (couteau, fourchette, cuillère), un verre d'eau, un verre leur permettant de cracher les produits s'ils le souhaitent et des serviettes pour s'essuyer les mains.

2.1. Tri libre

Au préalable à l'épreuve de tri, les sujets ont assisté à une présentation leur exposant les principes généraux de cette épreuve. L'évaluation a consisté en une seule séance. Les sujets avaient devant eux 18 produits : les 17 produits formulés (Tableau 4), avec le produit 7 répété. Les produits ont été présentés simultanément, et disposés aléatoirement sur la table.

Dans un premier temps, il a été demandé aux sujets de regarder les produits, de les goûter et de les classer dans des groupes mutuellement exclusifs, d'après leurs ressemblances visuelles et texturales. Les sujets étaient libres de faire autant de groupes qu'ils le souhaitent. Un groupe pouvait ne contenir qu'un seul produit.

Dans un second temps, seulement lorsque les sujets ont accompli la première tâche, l'animateur a demandé à chaque sujet de décrire les groupes en utilisant un ou plusieurs termes descriptifs. Les sujets étaient libres d'utiliser des quantificateurs pour accompagner les termes descriptifs (tels que "beaucoup", "pas beaucoup", "légèrement" ou "fortement"). Les sujets étaient libres de goûter les produits autant qu'ils le souhaitent, et pouvaient prendre autant de temps qu'ils le souhaitent pour réaliser le test.

Les instructions et le formulaire de réponse donnés aux sujets français et vietnamiens figurent en Annexe 2 et en Annexe 3.

2.2. Profil flash

Comme pour le tri libre, les sujets ont assisté à une présentation leur exposant les principes généraux de l'épreuve avant la réalisation du test. L'évaluation, comme pour le tri libre, a consisté en une seule séance. Les mêmes produits que pour le tri libre ont été présentés, également de manière simultanée, et disposés aléatoirement sur la table.

Il a été demandé aux sujets de regarder les produits et de les goûter. Ensuite, les sujets ont choisi des descripteurs discriminants et de classer les produits du moins intense au plus intense selon ces descripteurs. Pour chaque descripteur, il était possible de classer certains produits ex-aequo. Les sujets devaient décrire aussi précisément que possible les méthodologies utilisées pour évaluer chacun de leurs propres descripteurs. Les sujets ont été invités à imaginer autant de descripteurs qu'ils pouvaient pour décrire les produits. Ils étaient libres de goûter les produits autant qu'ils le souhaitaient, et pouvaient prendre autant de temps qu'ils le souhaitaient pour réaliser le test.

Les instructions données aux sujets français et vietnamiens figurent en Annexe 4 et en Annexe 5, et les formulaires de réponse-type en Annexe 6 et en Annexe 7.

2.3. Profil conventionnel

Deux types de panels ont été mis en place, en France et au Vietnam : des panels où les panélistes ont générés leurs descripteurs (génére_FR et générale_VN) et des panels où les panélistes ont appris des descripteurs traduits issus des deux premiers panels (imposé_VN et imposé_FR). La

Figure 6 présente de manière schématique les relations entre ces différents panels. Nous détaillons par la suite le déroulement des phases constituant i) l'élaboration (ou l'apprentissage) des descripteurs par les sujets, ii) l'entraînement des sujets et iii) l'évaluation finale des produits par les sujets pour l'établissement des profils.

L'établissement des 4 profils générale_FR, générale_VN, imposé_FR et imposé_VN se sont déroulés respectivement en 21 séances, 19 séances, 13 séances et 13 séances d'une heure. Dans la suite du texte, nous utiliserons les abréviations générale_FR, générale_VN, imposé_FR et imposé_VN pour désigner tour à tour les panels associés ou le résultat de leur travail (le profil sensoriel des produits).

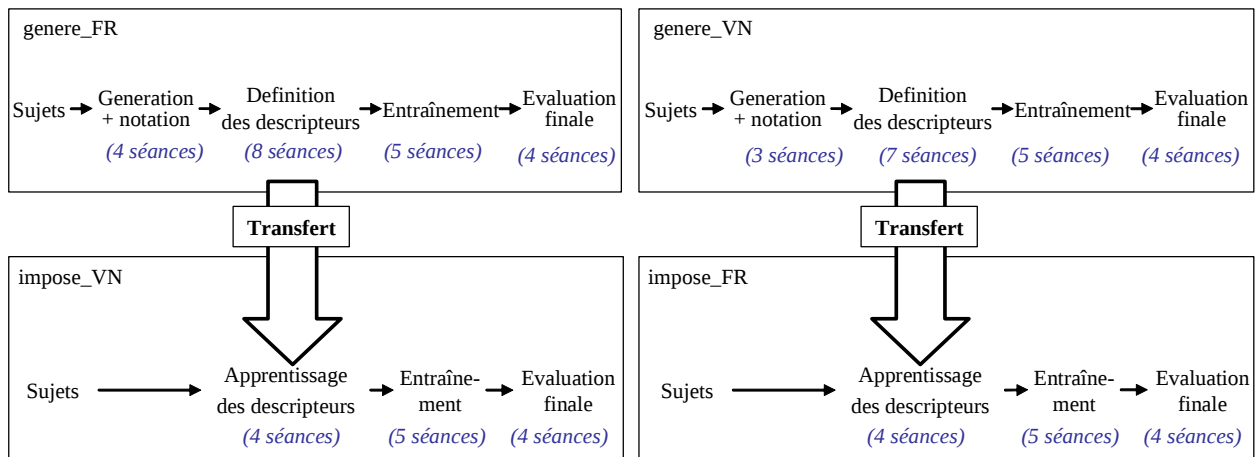


Figure 6 : Schéma récapitulatif des entraînements et des évaluations des 4 panels

2.3.1. Elaboration ou d'apprentissage des descripteurs

Deux panels ont généré leurs propres descripteurs dans leurs propres langues, en France et au Vietnam (généré_FR et généré_VN), et deux panels ont appris les descripteurs traduits issus des deux premiers panels (imposé_VN et imposé_FR).

2.3.1.1. Panels généré_FR et généré_VN

Pour les deux panels généré_FR et généré_VN, l'établissement de la liste de descripteurs s'est déroulé en trois étapes : la génération de descripteurs, la réduction du nombre de descripteurs et l'élaboration des définitions et des protocoles d'évaluation des descripteurs. L'ensemble de ces étapes s'est déroulé en 12 séances pour le panel généré_FR et en 10 séances pour le panel généré_VN.

Au préalable à la séance de génération de descripteurs, une **séance préliminaire** a été menée dans le but de familiariser les sujets à la description de l'apparence visuelle et de la texture de produits alimentaires, et au travail en groupe (les sujets ne se connaissaient pas tous avant le début de la séance). Durant cette séance, 5 produits ont été présentés aux sujets : un "nounours" (à base de gélatine), un dessert de type "flamby" (à base de carraghénanes et de lait), du gruyère, un petit suisse, un entremet au chocolat et un gel formulé (le produit 6). Les mêmes produits ont été présentés en France et au Vietnam, sauf le gruyère qui a été remplacé par du Cheddar, et l'entremet qui n'a pas été présenté (aucun produit similaire n'étant présent sur le marché). Tous les produits ont été servis à 4°C, pour ne pas introduire de biais dans les perceptions de la texture en bouche. Les produits ont été servis en même temps, disposés de

manière aléatoire sur la table. Les sujets ont été invités à générer des descripteurs pour chaque produit. A la fin de la séance, les sujets ont été invités à tour de rôle à présenter leurs descripteurs. Les panélistes ont ensuite été laissés libres d'échanger leurs idées, produit par produit, en discutant les termes utilisés.

La génération des descripteurs s'est déroulée en une séance. Les panélistes ont généré individuellement des descripteurs d'apparence visuelle et de texture sur 12 produits différents, choisis pour leur diversité de texture parmi les 17 produits formulés : 1, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17. La dégustation était décomposée en 3 phases distinctes : l'évaluation de l'apparence visuelle, de la texture avant mise en bouche et de la texture en bouche. Pour l'apparence visuelle, les sujets ont été invités à décrire la texture du produit, de manière statique (sans action mécanique sur le produit pendant son observation). Pour la texture avant mise en bouche, les sujets ont été invités à décrire la texture du produit. Ils étaient libres d'utiliser leurs doigts, ainsi que les ustensiles fournis (s'ils le souhaitaient). Pour la texture en bouche, les sujets ont été invités à mettre les produits en bouche, et à décrire leur texture. Les sujets étaient libres de donner leurs impressions sur la texture en bouche pendant la dégustation, ainsi que sur les impressions résiduelles en bouche.

La réduction du nombre de descripteurs générés par les sujets lors de la phase précédente s'est déroulée en plusieurs phases : une phase de réduction qualitative, une phase de notation des termes restants sur une échelle d'intensité, une phase de réduction statistique du nombre de termes et une phase de choix des termes du panel par consensus. Lors de la phase de réduction qualitative, l'animateur a éliminé les éventuels termes hédoniques (aucun terme hédonique n'a été identifié en France et au Vietnam) et les termes cités par un seul sujet ou pour un seul produit. Après cette phase, 83 termes ont été retenus en France avec le panel généré_FR (Tableau 7), et 52 termes ont été retenus au Vietnam avec le panel généré_VN (Tableau 8).

Les sujets ont ensuite noté l'intensité des descripteurs retenus sur une échelle structurée numérotée de 0 à 5. Sur cette échelle, les sujets notaient "0" lorsqu'ils ne percevaient pas du tout le descripteur, et "5" lorsque l'intensité du descripteur était maximale. La notation s'est déroulée en 3 séances en France et 2 séances au Vietnam, sur les mêmes 12 produits qu'à la séance de génération des descripteurs. Les produits ont été présentés aux sujets selon un carré latin. En France, et au Vietnam 12 sujets ont participé à la notation sur l'échelle de 0 à 5.

Tableau 7 : Liste des 83 termes retenus en France avec le panel généré_FR après la phase de réduction qualitative

Apparence visuelle	Texture avant mise en bouche	Texture en bouche
brillant	adhérant (cuillère, assiette, pot,...)	caoutchouteux
eau en surface	cassant (cuillère, doigt,...)	cassant
glaireux	cassure nette (à la cuillère)	collant (dents, palais,...)
granuleux	collant (cuillère, doigts, couteau,...)	compact
homogène	compact (cuillère, doigts,...)	dur
limpide	coupure nette (cuillère)	eau
lisse	déformable	élastique
luisant	dense	farineux
mat	difficile à pénétrer	fond
mouillé	dur (cuillère, doigts,...)	fond rapidement
net	élastique	gélatineux
opaque	ferme (cuillère, doigts, couteau...)	glaireux
rose	flasque	glissant
rose bonbon	friable	gluant
rose orange	gélatineux	granuleux
sec	gélifié	fait des morceaux
translucide	glissant (cuillère, doigts,...)	gros morceaux
transparent	gluant	petits morceaux
trouble	granuleux	grumeaux
uniforme	humide (doigts)	humide
vibrant	laisse des traces (doigts/cuillère)	lisse
	liquide	pâteux
	lisse	résistant
	mou	reste compact
	reprend à sa forme initiale après pression	se liquéfie
	résistant (cuillère, doigts,...)	se liquéfie rapidement
	résonne dans le pot quand on tapote	s'écrase
	se coupe difficilement	s'émiette
	se décolle difficilement des parois	souple
	sec (doigts)	visqueux
	souple	
	vibrant (cuillère)	

La réduction statistique du nombre de descripteurs a été réalisée par l'animateur sur les notes obtenues lors de l'étape de notation exposée ci-dessus. Lors de cette phase de travail, les résultats statistiques n'ont été utilisés qu'en tant que support de discussion entre les membres du panel. A l'aide des résultats de la classification ascendante hiérarchique et de l'analyse multivariée, l'animateur a constitué des groupes de descripteurs dont le sens semblait voisin.

Tableau 8 : Liste des 52 termes retenus au Vietnam avec le panel généré_VN après la phase de réduction qualitative

Apparence visuelle	Texture avant mise en bouche	Texture en bouche	Texture en bouche (impressions résiduelles)
bề mặt có bọt	trơn láng	dễ cắn	mềm
bề mặt láng	chắc	dễ nhai	trơn
bề mặt mịn	cứng	dễ vỡ	dễ nuốt
bóng	bở	dễ nát	dính (miệng, răng,...)
căng	đặc	dễ tan	đọng lại lợn cợn ở cổ
có lỗ	mềm	trơn	
có nước	mịn	bở	
cứng	mặt cắt phẳng	cứng	
đặc	dẻo	mềm	
đục	dai	mịn	
láng	đàn hồi	dai	
lòng	dính (nĩa, đĩa, tay,...)	dẻo	
mịn	nhào	dính (miệng, răng,...)	
trơn láng	dễ cắt	giòn	
trong	dễ vỡ nát	lợn cợn	
		nhào	
		tan	

L'élaboration des définitions et des protocoles et l'apprentissage à la notation sur échelle non structurée se sont déroulés de manière concomitante à la réduction du nombre de descripteurs. Le principe général de déroulement des séances de réduction du nombre de descripteurs et de définition des protocoles est présenté Figure 7. Nous détaillons ici la logique qui a été adoptée lors de ces séances. Lors d'une première séance, l'animateur a informé les sujets qu'ils devront choisir un seul descripteur par groupe de descripteurs (en pratique, les sujets ont travaillé sur environ 4 à 6 groupes de descripteurs par séance). Afin d'amener les sujets à choisir un descripteur, l'animateur a invité les sujets à effectuer des classements comparatifs de 3 produits (choisis pour présenter des caractéristiques sensorielles extrêmes selon les descripteurs en question) de manière individuelle, puis à discuter des raisons éventuelles de leurs désaccords lors d'une mise en commun des résultats. Le descripteur choisi était toujours celui qui était compris par tous les panélistes. A la séance 2, les sujets ont convenu d'une définition et d'un protocole d'évaluation pour les descripteurs qu'ils avaient choisis à la séance 1 (dans l'exemple de la Figure 7, les descripteurs 1, 2, 3 et 4). A la séance 2, les sujets ont travaillé également à la réduction du nombre de descripteurs des groupes 5, 6 et 7 (selon la même méthodologie que lors de la séance 2). La séance 3 s'est déroulée de manière similaire à la séance 2, sauf qu'en plus les sujets se sont familiarisés à la notation d'intensité de l'échelle non structurée de 10 cm, pour les descripteurs 1, 2, 3 et 4. Les

séances suivantes se sont déroulées de manière similaire au schéma présenté, jusqu'à ce que tous les descripteurs aient eu une définition et un protocole, et que les panélistes aient utilisé l'échelle de notation non structurée avec tous les descripteurs. Les produits utilisés durant ces séances ont été choisis parmi les 17 produits formulés, afin de présenter des caractéristiques sensorielles extrêmes pour les descripteurs considérés.

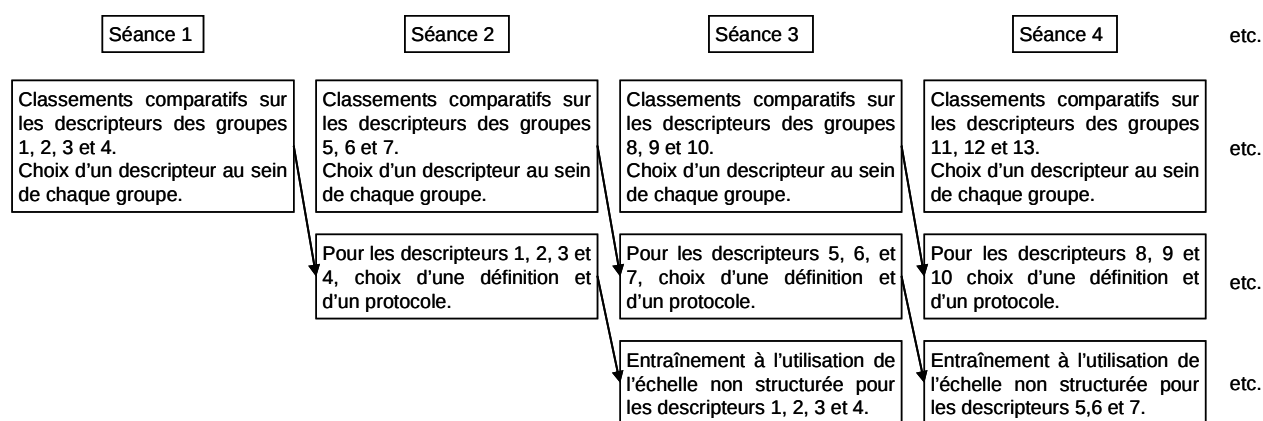


Figure 7 : Principe général du déroulement des séances de réduction du nombre de descripteurs, de définition des protocoles et d'apprentissage d'utilisation des échelles non structurées

En France, 8 séances ont été nécessaires pour accomplir les tâches présentées dans laFigure 7, et 7 au Vietnam. En France, 24 descripteurs ont été retenus (4 descripteurs pour l'apparence visuelle, 12 descripteurs pour la texture avant mise en bouche et 8 descripteurs pour la texture en bouche). Au Vietnam, 22 descripteurs ont été retenus (4 descripteurs pour l'apparence visuelle, 8 pour la texture avant mise en bouche et 10 descripteurs pour la texture en bouche).

Les Tableau 9 et Tableau 10 présentent les définitions et les protocoles d'évaluation des descripteurs retenus par les panels généré_FR en France et généré_VN au Vietnam.

Tableau 9 : Définitions et protocoles des 24 descripteurs du panel généré_FR en France

	Descripteur	Définition	Protocole
Visuel	Eau en surface	C'est la quantité d'eau présente en surface	Evaluer visuellement la quantité d'eau présente à la surface du produit après avoir enlevé le couvercle
	Opaque	C'est l'opacité	Regarder par au-dessus par transparence le motif représenté sur la feuille, à travers le produit non démoulé (couvercle enlevé)
	Brillant	C'est l'aspect brillant	Regarder la surface du produit, en inclinant légèrement le pot
	Lisse	C'est l'aspect lisse de la surface	Regarder la surface du produit, inclinant légèrement le pot (sans toucher)
Avant mise en bouche	Lisse	C'est l'aspect lisse de la surface	Caresser la surface du produit avec le doigt, et évaluer son aspect plus ou moins lisse
	Ferme	C'est la fermeté	Exercer une légère pression avec le doigt à la surface du produit non démoulé, et évaluer son aspect plus ou moins ferme
	Reprend sa forme	C'est le degré avec lequel le produit reprend sa forme après déformation	Enfoncer son doigt de 2mm dans le pot, puis repasser son doigt à la surface et évaluer si le produit a gardé la forme du doigt ou s'il a repris sa forme initiale
	Rayable	C'est la facilité avec laquelle on peut rayer la surface	Passer la fourchette sur la surface du produit non démoulé, et évaluer la facilité avec laquelle on peut rayer la surface du produit
	Facilité à démouler	C'est la facilité à démouler le produit	Passer la lame du couteau entre le produit et la paroi du godet. Retourner le godet et le couteau et faire tomber le produit en s'aidant du couteau. Evaluer la facilité à démouler le produit.
	Vibrant	C'est l'aspect vibrant	Placer le produit (démoulé) sur l'assiette, agiter l'assiette dans un mouvement de va et vient et évaluer visuellement son caractère vibrant
	Glissant	C'est le caractère glissant	Placer le produit (démoulé) dans l'assiette, incliner lentement l'assiette jusqu'à 45° et évaluer la tendance du produit à glisser
	Elastique	C'est le caractère élastique	Prendre le produit (démoulé) avec les deux mains, et évaluer son caractère élastique en l'étirant comme un élastique
	Cassure nette	C'est l'aspect net de la surface cassée	Prendre le produit (démoulé) avec les deux mains, le casser en l'étirant, puis regarder au niveau de la cassure et évaluer son caractère plus ou moins net
	Se coupe facilement	C'est la facilité avec laquelle on découpe le produit	Couper le produit (démoulé) avec le couteau, et évaluer la facilité avec laquelle on peut couper le produit
	Coupure nette	C'est l'aspect net de la surface coupée	Couper le produit avec le couteau, puis regarder au niveau de la coupure et évaluer son caractère plus ou moins net
	Facilité à pénétrer	C'est la facilité avec laquelle on peut pénétrer dans le produit	Placer la cuillère perpendiculairement à la surface du produit non démoulé et évaluer la force nécessaire pour enfoncer la cuillère dans le produit (utiliser un produit neuf)
En bouche	Glissant	C'est l'aspect glissant du produit	Placer 1/3 de cuillerée entre la langue et le palais, passer la langue sur le produit et évaluer s'il glisse
	Glaireux	C'est l'aspect glaireux, fuyant du produit	Placer 1/3 de cuillerée entre la langue et le palais, exercer une pression et évaluer le côté glaireux, fuyant du produit (aspect rappelant une huître ou du blanc d'œuf)
	Granuleux	C'est le caractère granuleux du produit en surface	Placer 1/3 de cuillerée entre la langue et le palais, passer la langue sur le produit et évaluer la quantité de petites particules (« farine ») sur la surface coupée
	Dur	C'est le caractère dur du produit	Placer 1/3 de cuillerée entre la langue et le palais, exercer une pression et évaluer la force nécessaire pour déformer le produit
	Caoutchouteux	C'est le caractère caoutchouteux	Placer 1/3 de cuillerée entre la langue et le palais, exercer une légère pression et évaluer sa capacité à reprendre sa forme initiale
	Nombre de morceaux	C'est le nombre de morceaux formés	Placer 1/3 de cuillerée entre la langue et le palais, presser et évaluer le nombre de morceaux formés
	Pâteux	C'est la tendance à former une pâte	Placer 1/3 de cuillerée entre la langue et le palais, malaxer le produit, et évaluer la tendance du produit à former une pâte homogène
	Fond	C'est l'aspect fondant	Placer 1/3 de cuillerée entre la langue et le palais, et évaluer le temps nécessaire pour que le produit fonde

Tableau 10 : Définitions et protocoles des 22 descripteurs du panel généré_VN au Vietnam.

	Thuật ngữ mô tả	Định nghĩa	Cách đánh giá
Dùng mắt	Có nước	Lượng nước có trên bề mặt sản phẩm	Mở nắp, nghiêng cho nước chảy hết về 1 phía, ước lượng lượng nước này, đồng thời quan sát bề mặt sản phẩm
	Bề mặt có bột	Lượng bột có trên bề mặt sản phẩm	Mở nắp, nghiêng 30°, vừa nhìn vừa xoay tròn sản phẩm.
	Bề mặt láng	Độ phẳng của bề mặt sản phẩm	Mở nắp, nghiêng qua nghiêng lại hũ dưới ánh đèn, quan sát bề mặt sản phẩm khi nghiêng 15-30°.
	Trong	Khả năng cho ánh sáng đi qua của sản phẩm	Đặt hũ sản phẩm đã mở nắp trên mặt bàn trắng, nhìn thẳng từ trên xuống (90°)
Trước khi đưa vào miệng	Lỏng	Độ mềm và khả năng chảy của sản phẩm	Mở nắp, cầm hũ sản phẩm và lắc nhẹ.
	Trơn láng	Tính trơn trượt của sản phẩm	Dùng tay sờ vào sản phẩm
	Mềm	Tính dễ biến dạng khi bị lực tác động	Dùng dao lấy một ít sản phẩm, sau đó dùng tay bóp vào sản phẩm và đánh giá độ mềm
	Đàn hồi	Khả năng phục hồi hình dạng của sản phẩm	Áp ngón tay xuống bề mặt sản phẩm; xem mức độ hồi phục hình dạng ban đầu
	Dễ cắt	Độ dễ đứt của sản phẩm	Dùng dao ấn xuống; đánh giá độ lớn của lực tác động trên sản phẩm.
	Mặt cắt phẳng	Độ phẳng của mặt cắt	Dùng muỗng để cắt; nhìn bề mặt cắt xem có răng cưa hay không
	Dễ vỡ nát	Tính dễ vỡ nát của sản phẩm	Dùng muỗng lấy ra một ít sản phẩm, sau đó dùng tay bóp nhẹ vào sản phẩm; đánh giá tính dễ vỡ của sản phẩm
	Nhão	Độ nhão (khả năng biến dạng của sản phẩm) của sản phẩm	Lấy ra một ít sản phẩm, dùng tay bóp nhẹ sản phẩm, đánh giá độ nhão của sản phẩm
Trong miệng	Trơn	Độ trơn của sản phẩm	Đặt sản phẩm vào trong miệng, đưa lưỡi qua lại trên sản phẩm, đánh giá độ trơn của sản phẩm.
	Mịn	Tính mịn của sản phẩm	Dùng muỗng lấy một ít sản phẩm, ép sản phẩm giữa lưỡi và vòm miệng trên, đánh giá độ mịn của sản phẩm.
	Mềm	Tính dễ biến dạng khi bị lực tác động	Nhai sản phẩm, đánh giá tính mềm của sản phẩm
	Dễ nhai	Tính dễ nhai; dễ đứt của sản phẩm	Dùng muỗng lấy một ít sản phẩm; nhai và đánh giá độ dễ nhai của sản phẩm
	Dai	Tính khó đứt của sản phẩm	Đặt sản phẩm trong miệng một lúc, nếu không tan thì nhai và đánh giá độ dai của sản phẩm
	Dễ nát	Độ vỡ nát của sản phẩm	Dùng muỗng lấy một ít sản phẩm; nhai và đánh giá độ dễ nát của sản phẩm
	Dính	Độ dính của sản phẩm	Dùng muỗng lấy một ít sản phẩm, ép sản phẩm giữa lưỡi và vòm miệng trên, đánh giá độ dính của sản phẩm.
	Nhão	Độ nhão của sản phẩm	Dùng muỗng lấy một ít sản phẩm; nhai rồi đánh giá độ nhão của sản phẩm.
	Dễ tan	Tính tan của sản phẩm	Dùng muỗng lấy ít sản phẩm, nhai thành miếng nhỏ, giữ sản phẩm trên lưỡi và đánh giá độ dễ tan của sản phẩm:
	Động lại lợn cợn ở cổ	Lượng sản phẩm còn đọng lại trong cổ sau khi nuốt	Dùng muỗng lấy một ít sản phẩm, nhai; nuốt hết mẫu, đánh giá mức độ dính lại của sản phẩm ở cổ

A l'issue de la phase de définition des descripteurs et de leurs protocoles d'évaluation, les animateurs des panels généré_FR et généré_VN ont choisi des produits de référence illustrant le sens de variation des descripteurs (Tableau 11). Les produits ont été choisis sur la base des premiers résultats issus des analyses factorielles réalisées à l'issue de la notation sur échelle de 0 à 5 lors de la phase de réduction du nombre de descripteurs : pour être candidat, un produit de référence devait présenter des caractéristiques les plus moyennes possibles pour l'ensemble des descripteurs, sauf pour le descripteur pour lequel il devait servir de référence.

En pratique, en raison du nombre de descripteurs assez important par rapport au nombre de produits, on retrouve plusieurs fois le même produit pour illustrer des descripteurs différents. Autant que possible, des produits différents ont été choisis.

Tableau 11 : Produits de référence choisis pour illustrer les 24 descripteurs du panel généré_FR en France et les 22 descripteurs du panel généré_VN au Vietnam.

	Descripteur	borne -	borne +		Thuật ngữ mô tả	borne -	borne +
Visuel	Eau en surface	9	11	Dùng mắt	Có nước	17	11
	Opaque	6	16		Bề mặt có bột	12	17
	Brillant	9	6		Bề mặt láng	17	11
	Lisse	9	13		Trong	8	11
Avant mise en bouche	Lisse	9	13	Trước khi đưa vào miệng	Lỏng	11	17
	Ferme	16	9		Trơn láng	1	13
	Reprend sa forme	4	14		Mềm	8	1
	Rayable	10	3		Đàn hồi	3	17
	Facilité à démouler	7	11	Trong miệng	Dễ cắt	15	3
	Vibrant	4	17		Mặt cắt phẳng	3	15
	Glissant	9	11		Dễ vỡ nát	15	1
	Elastique	6	17		Nhào	15	1
	Cassure nette	16	11		Trơn	3	15
	Se coupe facilement	17	3		Mịn	3	1
	Coupure nette	1	12		Mềm	15	3
	Facilité à pénétrer	14	3		Dễ nhai	15	11
En bouche	Glissant	1	12		Dai	1	15
	Glaireux	3	16		Dễ nát	15	6
	Granuleux	17	3		Dính	15	1
	Dur	1	4		Nhào	15	1
	Caoutchouteux	1	15		Dễ tan	15	6
	Nombre de morceaux	14	11		Động lại lợn cợn ở cổ	1	
	Pâteux	13	1				
	Fond	14	7				

2.3.1.2. Panels imposé_FR et imposé_VN

Dans un premier temps, les descripteurs issus des deux panels généré_VN et généré_FR ont été traduits respectivement en français et en vietnamien. Ensuite, les panels imposé_FR et imposé_VN ont appris les descripteurs traduits, durant 4 séances. Nous détaillons maintenant ces deux étapes (traduction et apprentissage).

La traduction des descripteurs a été réalisée selon le principe de la double traduction (Brislin, 1970) : une première personne P1 traduit les descripteurs de la langue A vers la langue B. Dans un deuxième temps, une deuxième personne P2 extérieure au projet traduit les

descripteurs issus de P1, de la langue B vers la langue A. Dans un troisième temps, les personnes P1 et P2 comparent la version originale des descripteurs avant traduction par les personnes P1 et P2 avec la version issue des deux traductions successives par P1 puis P2. Lorsque les versions sont identiques, on considère qu'il n'y a pas eu de perte de sens dans le processus de traduction. Lorsque le sens d'un descripteur a été modifié, les deux personnes P1 et P2 travaillent à nouveau ensemble sur les traductions, afin de ne pas perdre de sens. Les personnes qui ont pris part à la double traduction étaient de nationalité vietnamienne, et parlaient couramment français (sans être pour autant des traducteurs professionnels). Les résultats de ces traductions sont présentés dans les Tableau 12 et Tableau 13. On notera que le descripteur français « opaque » a été traduit par son contraire en vietnamien, « *độ trong suốt* ». En effet, les sujets vietnamiens étaient plus à l'aise avec ce descripteur exprimé dans ce sens.

Tableau 12 : Définitions et protocoles des 22 descripteurs du panel imposé_FR en France.

	Descripteur	Définition	Protocole
Visuel	Eau en surface	C'est la quantité d'eau présente en surface	Enlever le couvercle, pencher le godet et évaluer visuellement la quantité d'eau présente au bord du godet.
	Bulles d'air	C'est la quantité de bulles d'air présente en surface	Pencher le godet d'un angle de 30° et observer la surface du produit pour évaluer la quantité de bulles d'air en surface.
	Surface lisse	Le produit a une surface lisse	Incliner le godet d'un angle de 30°, observer le reflet de la lumière sur la surface du produit et évaluer si la surface est lisse.
	Transparent	Le produit a la capacité de laisser passer la lumière	Poser le godet sur la table, regarder le produit par en haut, et évaluer s'il est transparent ou non.
Avant mise en bouche	Flasque	Le produit est mou et il s'étire	Enlever l'eau en surface, secouer légèrement le produit dans un mouvement de va et vient, et évaluer son aspect flasque.
	Glissant	C'est le caractère glissant du produit	Passer le doigt à la surface du produit et évaluer son caractère glissant.
	Mou	Le produit est mou lorsqu'il est facile à déformer par une force mécanique	Prendre un peu de produit (avec le couteau), presser le produit avec les doigts et évaluer le caractère mou du produit.
	Elastique	C'est la capacité du produit à reprendre sa forme après déformation	Enfoncer le doigt à la surface du produit et évaluer s'il reprend sa forme initiale.
	Facile à pénétrer	C'est la facilité avec laquelle on pénètre dans le produit	Enfoncer la pointe du couteau dans le produit, et évaluer la force nécessaire pour pénétrer dans le produit
	Coupure lisse	La surface coupée est lisse	Couper le produit avec le couteau et évaluer visuellement si la surface coupée est lisse.
	Facile à écraser	Le produit est facile à écraser	Prendre un peu de produit entre les doigts, presser jusqu'à écraser le produit et évaluer la facilité à écraser le produit.
	Pâteux	C'est le caractère pâteux du produit	Prendre un peu de produit entre les doigts, presser légèrement et évaluer le caractère pâteux du produit
En bouche	Glissant	C'est l'aspect glissant du produit	Placer le produit entre la langue et le palais, presser avec la langue sur le produit et évaluer s'il glisse.
	Lisse	C'est le caractère lisse du produit	Placer le produit entre la langue et le palais, passer la langue sur le produit et évaluer s'il est lisse.
	Mou	Facile à déformer avec une force mécanique	Mâcher le produit et évaluer l'aspect mou du produit.
	Facile à mâcher	C'est le caractère facile à mâcher du produit	Mâcher le produit et évaluer si le produit est facile à mâcher.
	Coriace	C'est le caractère difficile à rompre du produit	Garder le produit dans la bouche, si le produit ne fond pas, mâcher et évaluer le caractère coriace
	Pâte	C'est la facilité à former une pâte	Prendre un peu de produit avec une cuillère, faire passer le produit entre les dents, et évaluer si le produit forme une pâte homogène
	Collant	C'est le caractère collant	Placer le produit entre la langue et le palais, presser la langue sur le produit, abaisser la langue et évaluer si du produit reste collé sur le palais
	Pâteux	C'est le caractère pâteux du produit	Mâcher le produit et évaluer si le produit est pâteux
	Fondant	C'est la tendance du produit à fondre	Mâcher le produit en petits morceaux, garder le produit sur la langue et évaluer la rapidité avec laquelle le produit fond
	Granuleux résiduel	C'est la quantité de petits morceaux de produit restés dans la gorge	Mâcher le produit, avaler tous les morceaux et évaluer la quantité de produit resté dans la gorge.

Tableau 13 : Définitions et protocoles des 24 descripteurs du panel imposé_VN au Vietnam.

	Thuật ngữ mô tả	Định nghĩa	Cách đánh giá
Dùng mắt	Nước trên bề mặt	Lượng nước có trên bề mặt	Ước lượng bằng mắt lượng nước có trên bề mặt sản phẩm trong hũ (sau khi bỏ nắp)
	Độ trong suốt	Tính trong suốt	Đánh giá độ trong suốt của sản phẩm bằng cách quan sát một hình vẽ trên tờ giấy đặt dưới hũ đựng sản phẩm sau khi mở nắp.
	Độ bóng	Độ bóng của bề mặt sản phẩm	Đánh giá độ bóng bằng cách quan sát bề mặt sản phẩm khi nghiêng nhẹ hũ.
	Độ láng mịn	Độ láng mịn của bề mặt sản phẩm	Đánh giá độ láng mịn bằng cách nhìn bề mặt sản phẩm khi nghiêng nhẹ hũ
Trước khi đưa vào miệng	Độ láng mịn	Độ láng mịn của bề mặt sản phẩm	Đánh giá độ láng mịn bằng cách lướt nhẹ ngón tay trên bề mặt sản phẩm.
	Độ chắc chắn	Độ chắc, chặt của sản phẩm.	Đánh giá độ chắc chắn bằng cách dùng ngón tay ấn nhẹ lên bề mặt của sản phẩm
	Khả năng phục hồi hình dạng ban đầu	Là khả năng phục hồi hình dạng ban đầu sau khi làm biến dạng	Dùng ngón tay ấn xuống 2mm trong hũ, rồi sờ lại bề mặt chỗ đã ấn và đánh giá xem sản phẩm có giữ lại hình ngón tay hay lấy lại hình dạng ban đầu
	Khả năng tạo rãnh	Sự dễ dàng trong việc tạo rãnh trên bề mặt	Lướt nhẹ cái nĩa trên bề mặt sản phẩm và đánh giá sự dễ dàng tạo rãnh trên bề mặt sản phẩm.
	Khả năng dễ dàng tách hũ	Mức độ dễ dàng trong việc tách, trút sản phẩm ra khỏi hũ	Trút sản phẩm bằng cách lật ngược hũ
	Tính rung	Đặc tính rung của sản phẩm	Đặt sản phẩm (đã trút khỏi hũ) trên đĩa, lắc qua lắc lại đĩa và đánh giá bằng mắt đặc tính rung của sản phẩm.
	Tính trơn trượt	Đặc tính trơn, dễ trượt của sản phẩm	Đặt sản phẩm đã trút khỏi hũ trong đĩa, nghiêng đĩa từ từ đến 45o và đánh giá xu hướng (đặc tính trơn) trượt của sản phẩm.
	Tính đàn hồi		Cầm sản phẩm (đã trút khỏi hũ) trên hai tay, kéo dãn để đánh giá đặc tính đàn hồi của sản phẩm
	Vết nứt nẻ	Đặc tính đàn hồi của sản phẩm	Cầm sản phẩm (đã trút ra khỏi hũ) trên hai tay, làm nứt sản phẩm bằng cách kéo ra, quan sát bề mặt vết nứt và đánh giá mức độ nứt của nó.
	Cắt được dễ dàng	Tính chất nứt của bề mặt vết nứt	Cắt sản phẩm bằng dao qua đó đánh giá tính dễ dàng trong việc cắt sản phẩm.
	Vết cắt nứt	Tính dễ dàng trong việc cắt sản phẩm	Dùng thìa để cắt sản phẩm, quan sát bề mặt vết cắt và đánh giá mức độ nứt của nó.
	Khả năng dễ dàng đâm xuyên	Tính chất nứt của bề mặt vết cắt	Đặt thìa vuông góc với bề mặt sản phẩm còn trong hũ, đánh giá lực cần thiết để ấn thìa xuyên vào sản phẩm (sử dụng sản phẩm mới).
Trong miệng	Độ trơn	Mức độ dễ dàng trong việc đâm xuyên sản phẩm	Đặt 1/3 thìa sản phẩm giữa lưỡi và vòm miệng, đưa lưỡi ngang qua sản phẩm và đánh giá độ trơn.
	Độ nhầy, nhót	Độ trơn của sản phẩm	Đặt 1/3 thìa sản phẩm giữa lưỡi và vòm miệng, ép sản phẩm lại và đánh giá độ nhầy nhót của sản phẩm. (cảm giác đem lại như lòng trắng trứng hoặc động vật thân mềm).
	Lợn cợn	Độ nhầy nhót của sản phẩm	Đặt 1/3 thìa sản phẩm giữa lưỡi và vòm miệng, đưa lưỡi qua lại mặt cắt của sản phẩm để đánh giá mức độ lợn cợn của nó.
	Cứng	Tính chất lợn cợn của sản phẩm	Đặt 1/3 thìa sản phẩm giữa lưỡi vào giữa lưỡi, ép lại và đánh giá lực cần thiết để làm biến dạng sản phẩm.
	Đàn hồi	Tính chất cứng của sản phẩm.	Đặt 1/3 thìa sản phẩm giữa lưỡi và vòm miệng, ép lại và đánh giá khả năng trở lại hình dạng ban đầu của sản phẩm.
	Số lượng mảnh vụn	Tính chất đàn hồi của sản phẩm	Đặt 1/3 thìa sản phẩm giữa lưỡi và vòm miệng, ép lại và đánh giá số lượng mảnh vụn tạo thành.
	Nhào	Số lượng mảnh vụn tạo thành.	Đặt 1/3 thìa sản phẩm giữa lưỡi và vòm miệng, nhào trộn sản phẩm, đánh giá khuynh hướng tạo hồ nhào đồng nhất.
	Tan	Khuynh hướng tạo dạng hồ nhào	Đặt 1/3 thìa giữa miệng lưỡi và vòm miệng, đánh giá thời gian cần thiết để sản phẩm tan

L'apprentissage des descripteurs et l'apprentissage à la notation sur échelle non structurée se sont déroulés de manière concomitante, en 4 séances. Le principe général de déroulement de ces séances est voisin de celui adopté avec les panels généré_FR et généré_VN lors de la phase d'élaboration des descripteurs. Lors d'une première séance, les sujets apprennent la signification de quelques descripteurs (entre 5 et 8), les uns après les

autres. Pour chaque descripteur, l'animateur commence par expliquer aux panélistes la signification du descripteur sur lequel les sujets vont travailler, en utilisant les définitions du Tableau 12 et du Tableau 13. L'animateur invite ensuite les sujets à classer 3 produits (dont deux sont choisis comme étant les bornes - et + du descripteur, en utilisant le Tableau 11). L'animateur procède ensuite à une mise en commun des résultats. Si certains sujets n'ont pas classé les produits dans l'ordre attendu, l'animateur discute avec les panélistes afin de mieux expliquer le descripteur. Lors d'une deuxième séance, l'animateur familiarise les sujets à la notation d'intensité de l'échelle non structurée de 10cm, puis les sujets notent l'intensité des descripteurs qui ont été abordés à la séance 1. Les sujets travaillent seuls dans un premier temps, puis l'animateur cherche le consensus entre les sujets, dans un deuxième temps. Les séances 3 et 4 sont construites selon le même schéma.

2.3.2. L'entraînement des sujets

Le même protocole a été suivi pour l'entraînement des 4 panels. L'entraînement a duré 5 séances. L'entraînement a été construit selon plusieurs objectifs. Le premier objectif était que les sujets achèvent la construction abstraite de leurs références produits (basée sur la mémoire). Cette construction a débuté lors de la phase d'élaboration (panels généré_FR et généré_VN) ou d'apprentissage (imposé_FR et imposé_VN) des descripteurs. Les produits présentés aux 4 panels ont été choisis de manière à ce que chaque produit constituant l'espace-produit final (Tableau 4) soit évalué au moins une fois (Tableau 14).

Tableau 14 : Produits présentés lors des 5 séances d'entraînement aux 4 panels.

Séance d'entraînement	Produits présentés
1	5, 10, 15, 17
2	2, 7, 8, 12, 15
3	3, 9, 11, 15, 16
4	1, 4, 6, 13, 14
5	2, 8, 14

Le deuxième objectif de l'entraînement était d'atteindre un consensus entre les sujets. Pour cela, les sujets ont d'abord travaillé de manière individuelle en début de séance, puis l'animateur a procédé à une mise en commun des résultats, a suscité les discussions entre les sujets et a recherché le consensus.

Enfin, les sujets devaient être répétables et discriminants. Au cours des séances d'entraînement, certains produits ont été répétés. Les sujets ont été informés de l'état de leurs performances (répétabilité et discrimination) en début de séance suivante. En effet, le fait de communiquer aux sujets l'état de leurs performances peut avoir un effet positif sur la qualité

d'entraînement des sujets et sur leur motivation, et donc sur la qualité finale des résultats du panel (Meilgaard *et al.*, 1999, Findlay *et al.*, 2006).

Suite aux phases d'élaboration / d'apprentissage des descripteurs et à la phase d'entraînement, les sujets des 4 panels étaient prêts pour procéder à l'élaboration du profil sensoriel des produits, lors d'une évaluation finale.

2.3.3. L'évaluation finale des produits

Le même protocole a été suivi pour l'évaluation finale des produits par les 4 panels de profil conventionnel. L'évaluation finale des produits a été réalisée immédiatement après les séances d'entraînement, afin d'éviter que les sujets n'oublient leurs références produits.

Certains sujets ayant quitté certains panels en cours d'entraînement, le nombre de sujets ayant participé à l'évaluation finale est parfois inférieur au nombre de sujets initial. Ainsi, les nombres de sujets ayant participé à l'évaluation finale dans les panels généré_FR, généré_VN, imposé_FR et imposé_VN sont respectivement de 14, 7, 13 et 13.

L'évaluation finale s'est déroulée en 4 séances. Les sujets ont évalué les produits en monadique séquentiel (un produit après l'autre) en utilisant une échelle non structurée de 10 cm pour noter l'intensité des descripteurs. Les fiches de notation utilisées par les sujets des panels généré_FR, généré_VN, imposé_FR et imposé_VN sont présentées en Annexe 8, Annexe 9, Annexe 10 et Annexe 11. Les sujets ont évalué les 17 produits formulés (Tableau 4). Chaque sujet a évalué 2 fois chacun des 17 produits. Chaque sujet a donc évalué 34 échantillons. L'ordre de présentation des 34 échantillons était aléatoire pour chaque sujet, avec la contrainte qu'un sujet ne devait pas évaluer deux fois le même produit deux fois de suite durant la même séance. Les sujets ont évalué 9 échantillons durant les 3 premières séances, et 7 durant la quatrième séance.

Pour le panel généré_FR, après que les sujets aient fini l'évaluation des produits formulés, ils ont évalué 3 produits vietnamiens (les produits 18, 19 et 20), à la fin de la quatrième séance d'évaluation finale. L'ordre de présentation des 3 produits vietnamiens était aléatoire. En plus de l'évaluation elle-même, il a été demandé aux sujets de mentionner toute différence avec les produits formulés qui ne serait pas prise en compte par les descripteurs.

Pour le panel généré_VN, les sujets ont également évalué des produits commerciaux après avoir fini l'évaluation des produits formulés, à la fin de la quatrième séance d'évaluation finale. Les sujets ont évalué 4 produits vietnamiens (les produits 18, 19, 20 et 21). Comme

pour le panel généré_FR, l'ordre de présentation des produits vietnamiens était aléatoire.

Les ordres de présentation des produits aux sujets des 4 panels sont présentés en Annexe 12.

Les résultats de tous les sujets ont été conservés, pour deux raisons. La première raison est que pour un des panels, généré_VN, le nombre de sujets ayant participé à l'évaluation finale des produits était trop peu important pour pouvoir effectuer une post-sélection des sujets. La deuxième raison est que les 4 panels ayant suivi un planning de réalisation des tâches identique, la plus ou moins bonne performance des sujets constituait un résultat intéressant en soi dans la comparaison des deux cultures, que nous n'avons pas voulu gommer par une post-sélection.

Chapitre 3 : Les méthodes de caractérisation instrumentale

Différentes méthodes de caractérisation instrumentale ont été appliquées. Les mesures de spectrophotométrie en mode transmission ont été mises en œuvre afin de caractériser l'aspect plus ou moins transparent des produits, éventuellement en relation avec leur couleur. Des mesures simples de synérèse ont été faites pour évaluer la quantité de liquide présente en surface du produit. Différentes méthodes rhéologiques ont été appliquées pour évaluer la texture des produits. La relaxation a été appliquée pour évaluer certaines propriétés d'élasticité des produits. La back extrusion a été appliquée afin d'évaluer de manière empirique le comportement des produits lors de déformations importantes, bien après le point de rupture. Le test de pénétration a été appliqué afin d'évaluer les propriétés de texture des produits avant et après le point de rupture. Le test de pénétration a été choisi plutôt qu'un test de compression en raison du fait que certains produits avaient tendance à se déformer sous leur propre poids (en particulier, les produits 16 et 17).

1. Spectrophotométrie

1.1. Matériel

Les mesures ont été réalisées avec un spectrophotomètre Minolta (CM-3610d), utilisé en mode transmission. Les produits ont été coulés dans des cuves en plastique recouvertes d'un film plastique pour éviter toute évaporation puis laissés reposer entre 24 et 48 h à 4°C avant la réalisation des mesures.

1.2. Protocole

Pour chaque produit, les coordonnées cylindriques dans l'espace CIE 1976 ($L^*a^*b^*$) de 3 échantillons ont été déterminées, avec l'illuminant D65 (il s'agit de l'illuminant le plus

utilisé, qui représente la lumière du jour à une température de couleur proximale d'environ 6500K).

2. Synérèse

2.1. Matériel

Les mesures de synérèse ont été réalisées en utilisant une balance analytique (Mettler AE 100, précise à $\pm 0,0002$ g).

2.2. Protocole

La synérèse a été déterminée sur des produits conservés à 4°C pendant 24 h, par pesée différentielle. Tout d'abord, le produit contenu dans le godet (sans l'opercule) a été pesé. Ensuite, le liquide contenu en surface a été enlevé en inclinant le godet puis et un papier absorbant a été légèrement appuyé sur la surface du produit pour enlever le liquide résiduel éventuellement présent. Une deuxième pesée a ensuite été effectuée. La synérèse a été exprimée en % de perte entre les deux pesées. Pour chaque produit, la synérèse de 5 échantillons a été déterminée.

3. Mesures rhéologiques

Trois types de tests ont été réalisés : relaxation, back extrusion et pénétration. Pour les tests de back extrusion et de pénétration, les produits ont été testés à différentes températures et à deux niveaux de lubrification.

3.1. Matériel

Les mesures de pénétration, back-extrusion, et relaxation ont été réalisées avec une machine de traction - compression INSTRON (modèle n°4). Le contrôle du déplacement de la traverse et l'acquisition des données ont été contrôlés grâce à un programme LabVIEW™ développé dans le laboratoire LQA. La vitesse d'acquisition des données était de 20 points/s.

Trois capteurs de force ont été utilisés pour les différents tests. Pour le test de relaxation, un capteur de force de 10 N a été utilisé. Pour le test de pénétration, un capteur de force de 100 N a été utilisé. Pour le test de back-extrusion, un capteur de force de 100 N a été utilisé, sauf pour les produits 7, 14 et 15 pour lesquels un capteur de force de 5 kN a été utilisé.

Deux types de récipients ont été utilisés pour les 3 types de tests. Pour le test de pénétration et pour le test de relaxation, les produits étaient contenus dans les mêmes godets que ceux utilisés en analyse sensorielle. Pour le test de back extrusion, les produits étaient contenus dans des récipients cylindriques en polychlorure de vinyle (PVC). Les tubes avaient une épaisseur de 2,75 mm, une hauteur de 110 mm, et un diamètre intérieur de 44,5 mm. La

masse d'échantillon contenue dans un récipient est de 100 g. Cette masse d'échantillon a été choisie afin que le produit ne déborde pas durant la réalisation du test de back extrusion.

Une sonde différente a été utilisée pour chaque type de test. Pour le test de pénétration, une sonde cylindrique de 4,9 mm de diamètre a été utilisée. Pour le test de back extrusion, un piston a été utilisé. Les dimensions du piston sont représentées sur la Figure 8. L'entrefer entre la base du piston et la paroi du récipient était donc de $(44,5-38,0)/2 = 3,25$ mm. Pour le test de relaxation, une sonde cylindrique de 12,4 mm de diamètre a été utilisée.

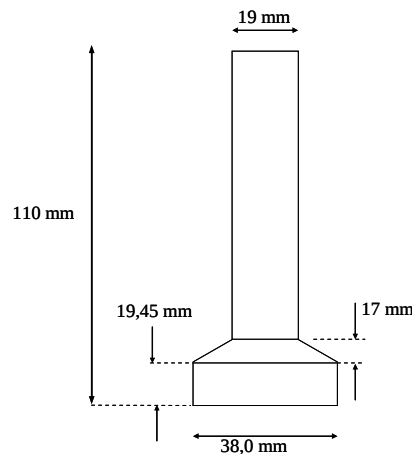


Figure 8 : Géométrie et dimensions du piston utilisé pour le test de back extrusion

3.2. Relaxation

3.2.1. Réalisation de la mesure

Le test de relaxation s'est déroulé en plusieurs phases. Tout d'abord, la sonde cylindrique a été amenée très lentement au contact avec le produit. Ensuite, la sonde a pénétré de 1 mm dans le produit, à une vitesse de 20 mm.min^{-1} (la profondeur de 1 mm a été choisie afin que le point de rupture ne soit atteint pour aucun produit). Ensuite, la sonde restait à sa position pendant 120 s, durant lesquelles la force était enregistrée en fonction du temps. Les mesures ont été réalisées sur des produits à 4°C . Pour chaque produit, 5 échantillons ont été analysés.

3.2.2. Variables calculées

Un exemple de courbe de relaxation est présenté Figure 9. L'équation de Peleg (Peleg, 1980) a été utilisée pour modéliser ces courbes :

$$\text{Équation 2} \quad F_0.t / (F_0 - F(t)) = k_1 + k_2.t$$

où F_0 (N) est la force au début de la relaxation, t (s) est le temps, $F(t)$ (N) est la force à un instant t , k_1 et k_2 sont des constantes qui rendent compte de l'allure de la courbe. Le

paramètre k_1 permet de décrire le comportement du produit en début de relaxation (lorsque k_1 est élevé, la force diminue moins rapidement) et le paramètre k_2 permet de décrire l'état asymptotique vers lequel tend le produit (lorsque k_2 est élevé, $F(t)$ tend vers F_0 quand t tend vers l'infini). Le paramètre k_2 est égal à 1 pour les matériaux totalement liquides, et k_2 tend vers l'infini pour un solide élastique parfait, où les contraintes ne se relaxent pas (Peleg et Normand, 1983). Les paramètres k_1 et k_2 ont été déterminés par régression linéaire.

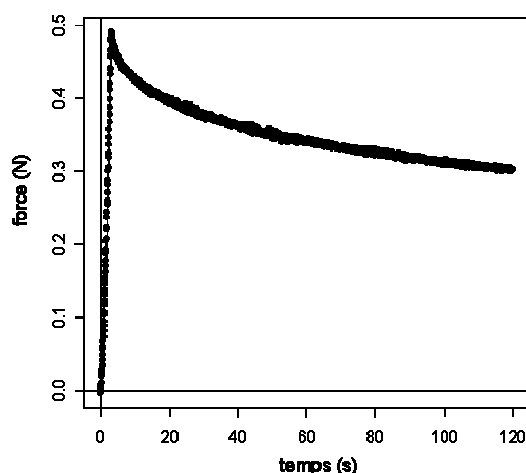


Figure 9 : Exemple de courbe obtenue avec le test de relaxation (produit 3)

Les modèles sont de bonne qualité pour les produits 1 à 15, (80% des R^2 sont supérieurs à 0,90, et la médiane vaut 0,95). Cependant, ils sont de moins bonne qualité pour les produits 16 et 17 (aucun R^2 n'est supérieur à 0,90, et la médiane vaut 0,66). La moins bonne qualité des modèles pour les produits 16 et 17 a été attribuée au fait que les forces mesurées pour ces produits étant très faibles, le rapport signal/bruit est moins élevé que pour les autres produits. Nous avons donc considéré que dans l'ensemble, les modèles étaient de qualité satisfaisante.

3.3. Back extrusion

3.3.1. Réalisation de la mesure

Le test de back extrusion comprenait une première phase de descente du piston dans le récipient, suivi d'une phase de remontée (Figure 10). Durant la première phase, le piston descendait jusqu'à jusqu'à 6,3 mm du fond du récipient, à une vitesse de $200 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Cette vitesse de pénétration a été choisie en référence à Muñoz *et al.* (1986b), qui ont trouvé de meilleures corrélations entre descripteurs sensoriels et variables instrumentales pour cette vitesse. Durant cette phase de descente, le produit contenu dans le récipient était d'abord compressé, puis il se cassait en morceaux et du produit passait dans l'ouverture comprise entre le piston et la paroi du récipient. Durant la deuxième phase, le piston remontait à la même vitesse que lors de la phase de descente. Aucune pause n'est marquée entre la phase de

descente et la phase de remontée. Le produit qui était passé au-dessus de l'ouverture pouvait soit passer à nouveau dans la partie inférieure, soit rester au-dessus de l'ouverture et être entraîné vers le haut par le piston.

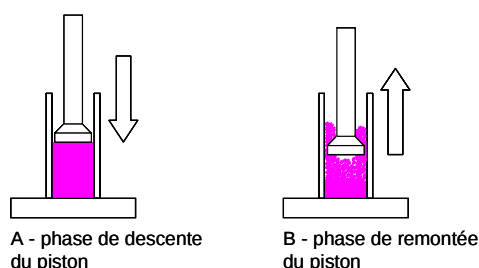


Figure 10 : Schéma du test de back extrusion

Deux niveaux de lubrification ont été étudiés (avec ou sans lubrification). Pour les tests avec lubrification, 20 mL d'huile alimentaire (huile de colza) ont été placés à la surface du produit avant le début du test.

Quatre niveaux de température ont été étudiés (4°C, 15°C, 25°C et 35°C), avec ou sans lubrification. Pour les conditions autres que 4°C, les échantillons ont été placés à la température désirée pendant les trois heures précédant le test.

Pour chaque produit formulé étudié (Tableau 4), chaque condition de lubrification (avec ou sans) et chaque température (4°C, 15°C, 25°C et 35°C), 2 échantillons ont été caractérisés.

3.3.2. Variables calculées

Avant tout autre traitement, nous avons considéré qu'il y avait contact entre la sonde et le produit à partir du moment où la force dépassait 0,24 N. Cette valeur seuil a été choisie car elle correspond à une valeur significativement différente du bruit de fond. Un exemple de courbe obtenue avec le test de back extrusion est présenté Figure 11.

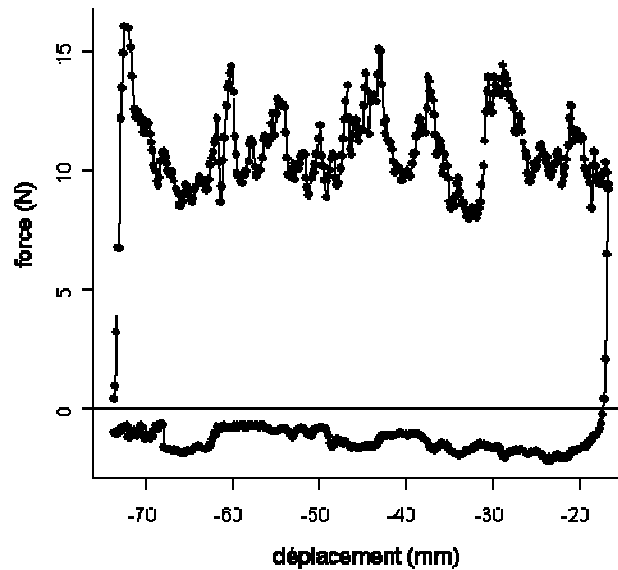


Figure 11 : Exemple de courbe obtenue avec le test de back extrusion (produit 3 à 4°C, sans lubrification)

Treize paramètres semi empiriques ont été calculés. Le but recherché lors de la création de ces paramètres a été de prendre en compte le maximum d'information contenu dans les profils. Les 13 paramètres et la manière dont ils ont été calculés sont présentés dans le Tableau 15.

Tableau 15 : Les 13 paramètres instrumentaux issus du test de back extrusion.

Codes	Phase du test	Description	Unité
D_rup	Descente	Force à la rupture	N
D_per	Descente	Périmètre	-
D_A	Descente	Aire sous la courbe	10^{-3} J
D_R	Descente	D_{per} / D_A	-
D_Df	Descente	Dimension fractale	-
U_per	Remontée	Périmètre	-
U_A	Remontée	Aire sous la courbe	10^{-3} J
U_R	Remontée	U_{per} / U_A	-
U_Df	Remontée	Dimension fractale	-
G_per	-	D_{per} / U_{per}	-
G_A	-	D_A / U_A	-
G_RPer_A	-	$(D_{per} + U_{per}) / (D_A + U_A)$	-
G_RDf	-	D_{Df} / U_{Df}	-

Nous détaillons ici la manière dont a été déterminée la dimension fractale pendant les phases de descente puis de remontée du piston. La dimension fractale est couramment utilisée pour obtenir une mesure synthétique de l'irrégularité d'un signal. Elle présente l'avantage d'être indépendante des unités de mesure. La dimension fractale a été déterminée selon l'approche de Constantine (Constantine et Hall, 1994). Le calcul de la dimension fractale s'effectue en deux étapes. Tout d'abord, la corrélation spatiale entre les points expérimentaux est décrite à l'aide d'un variogramme :

$$\text{Équation 3} \quad \gamma(h) = \frac{1}{(2 \cdot n(h))} + \sum (F(x+h) - F(x))$$

où $F(x+h)$ et $F(x)$ sont les valeurs de la force pour un déplacement de $x+h$ et x et $n(h)$ est le nombre de paires de points considérés pour un déplacement h donné.

Ensuite, la dimension fractale D est estimée à partir du variogramme par la relation :

$$\text{Équation 4} \quad D = 2 - \frac{1}{2} \frac{d \log(\gamma(h))}{d \log(h)} \quad h \rightarrow 0$$

Une dimension fractale égale à 1 indique une ligne droite parfaite, et une dimension fractale voisine de 2 indique un signal très bruité, aléatoire. Les dimensions fractales ont été déterminées à l'aide de la fonction `fractal.dim` du package `RandomFields` du logiciel R.

Les produits 7 et 9 étaient liquides à 35°C. Les forces mesurées étaient donc dues à la poussée d'Archimède du liquide, et aux forces de frottement du liquide (viscosité). Nous avons choisi de ne pas rejeter ces mesures a priori, même si le passage à l'état liquide des produits 7 et 9 a grandement modifié les valeurs des variables instrumentales de back extrusion.

3.4. Pénétration

3.4.1. Réalisation de la mesure

Le test consistait en la pénétration de la sonde à vitesse constante (200 mm.min⁻¹) dans le produit, jusqu'à 0,5 mm du fond. Nous avons choisi une profondeur de pénétration assez importante, afin de dépasser le seuil de rupture de tous les produits étudiés. Pour chaque échantillon, une mesure par pot a été réalisée. La vitesse de pénétration a été choisie identique à celle du test de back extrusion. Pour chaque échantillon, la force en Newtons (N) nécessaire pour pénétrer dans le produit a été enregistrée au cours du temps.

Deux niveaux de lubrification ont été étudiés (avec ou sans lubrification), à la température de 4°C. Pour les tests avec lubrification, une fine couche d'huile alimentaire (huile de colza) a été placée à la surface du produit avant le début du test, de manière à ce que toute la surface du produit soit recouverte d'huile. Pour chaque produit et chaque condition (avec ou sans lubrification), cinq échantillons ont été caractérisés.

Quatre niveaux de température ont été étudiés (4°C, 15°C, 25°C et 35°C), sans lubrification. Pour les conditions autres que 4°C, les échantillons ont été placés à la température désirée pendant les trois heures précédant le test. Pour chaque produit et chaque condition, deux échantillons ont été caractérisés.

3.4.2. Variables calculées

Avant tout autre traitement, nous avons considéré qu'il y avait contact entre la sonde et le produit à partir du moment où la force dépassait 0,005 N. Cette valeur seuil a été choisie car elle correspond à une valeur significativement différente du bruit de fond. Les données de déplacement de la sonde ont ensuite été converties en % d'enfoncement de la sonde dans le produit. Un d'enfoncement de 0% correspond à la surface du produit, et un enfoncement de 100% correspond au fond du godet en plastique. Un exemple de courbe obtenue avec le test de pénétration est présenté Figure 12.

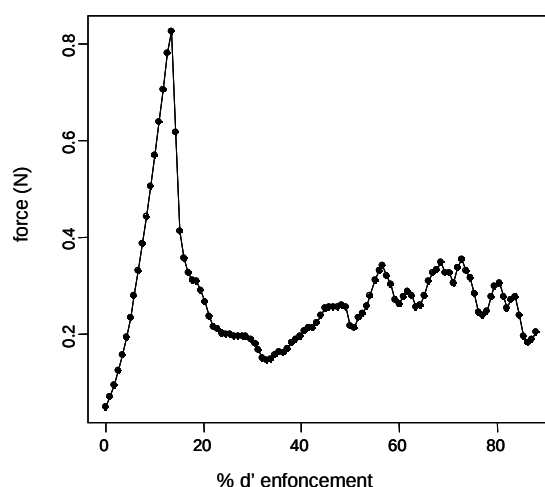


Figure 12 : Exemple de courbe obtenue avec le test de pénétration (produit 3 à 4°C, sans lubrification)

Dix sept paramètres semi empiriques ont été calculés. Le but recherché lors de la création de ces paramètres a été de prendre en compte le maximum d'information contenu dans les profils. Les 17 paramètres et la manière dont ils ont été calculés sont présentés dans le Tableau 16.

Pour la condition « 35°C », les produits 7 et 9 étaient liquides, alors que les autres produits étaient encore solides. Ce changement d'état des produits 7 et 9 a empêché, d'un point de vue théorique, le calcul de la plupart des paramètres instrumentaux de pénétration, sauf pour les variables A_{tot} et Per_{tot} . Nous avons néanmoins choisi d'affecter des valeurs pour ces produits (présentées en Annexe 13), afin de ne pas empêcher la réalisation de certaines analyses statistiques. Dans la partie de modélisation de l'effet de la température sur la texture des produits, nous verrons que seules seront considérées les variables A_{tot} et Per_{tot} , puisque pour les autres variables, les valeurs à 35°C n'ont pas été réellement mesurées.

Tableau 16 : Les 17 paramètres instrumentaux issus du test de pénétration.

Codes	Description	Unité
F_rup	Force à la rupture	N
D_Rup	% d'enfoncement à la rupture	%
R_rup	Rapport entre F_rup et D_Rup	N.% ⁻¹
Young	Module d'Young pour une déformation comprise entre 0 et 8 % d'enfoncement	N.% ⁻¹
F_creux	Force au creux	N
D_creux	% d'enfoncement au creux	%
R_creux	Rapport entre F_creux et D_creux	N.% ⁻¹
Delta_F	$(F_{rup} - F_{creux}) / F_{rup}$	Sans unité
Delta_D	$(D_{rup} - D_{creux}) / D_{rup}$	Sans unité
R_deltas	Rapport entre delta F et delta D	Sans unité
A_rupt	Aire sous la courbe jusqu'à la rupture	N.%
A_creux	Aire sous la courbe jusqu'au creux	N.%
A_tot	Aire sous toute la courbe	N.%
Per_tot (1)	Périmètre total de la courbe	Sans unité
Per_rup (1)	Périmètre de la courbe après la rupture	Sans unité
Per_rup_r (1)	$Per_{rup} / (100 - D_{Rup})$	Sans unité
Per_rup_rr (1)	Per_{rup_r} / F_{rup}	Sans unité

(1) Pour le calcul des périmètres, le % d'enfoncement a été préalablement divisé par 100.

Chapitre 4 : Outils statistiques

Plusieurs outils statistiques ont été mis en œuvre pour analyser les données issues des mesures sensorielles, des mesures instrumentales, et pour relier ces jeux de données.

Les outils statistiques utilisés comprennent des méthodes d'analyse de la variance permettant de déterminer s'il existe des différences significatives entre plusieurs moyennes, des méthodes d'analyse des données permettant une représentation synthétique des données sous forme de graphiques, des méthodes permettant de mettre en relation des jeux de données similaires et des méthodes permettant de déterminer leur degré de similarité, une méthode permettant de réaliser une classification d'objets, et une méthode de modélisation (PLS2) permettant de prédire un jeu de données par un autre jeu de données.

1. Méthodes d'analyse des données

1.1. Analyse en Composantes Principales (ACP)

Les données à analyser se présentent sous la forme d'une matrice X (Figure 13), qui comprend en ligne n « individus » que l'on veut décrire (dans notre cas, des produits) et en colonnes p variables quantitatives qui caractérisent les individus (dans notre cas, des descripteurs sensoriels issus du profil conventionnel ou des variables instrumentales).

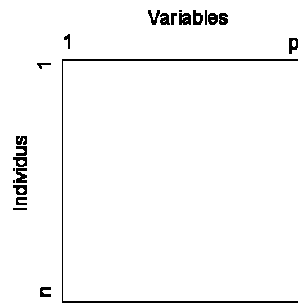


Figure 13 : Matrice X à analyser en ACP

L'objectif principal de l'ACP est la représentation des données contenues dans la matrice X (aussi bien les individus que les variables) sous forme de graphiques porteurs d'information synthétique (Escofier et Pagès, 1998). Un des avantages de l'ACP est de pouvoir représenter les individus (les produits) et les colonnes (les variables) dans un espace ayant un nombre de dimension réduit (généralement 2, parfois 3 ou 4), alors que dans la matrice X , l'espace est de dimension p (généralement supérieur à 10). Un autre avantage de l'ACP est que ces dimensions sont indépendantes, alors que les variables de X peuvent être plus ou moins fortement corrélées.

Le calcul de l'ACP comprend plusieurs étapes. Tout d'abord, les variables de la matrice X sont centrées, et la plupart du temps réduites. On choisit de réduire les données lorsque les variables ne sont pas exprimées dans les mêmes unités, afin de ne pas favoriser ou défavoriser artificiellement certaines variables. Nous supposons maintenant que la matrice X a été centrée et réduite. L'étape suivante de l'ACP repose sur une décomposition en valeurs singulières (Durand, 2002). Cette décomposition permet d'identifier de nouvelles variables, combinaisons linéaires des variables de la matrice X , qui sont appelées Composantes Principales (PC). La première composante principale PC1 est celle qui explique la plus grande part de la variance de X (c'est la direction de l'espace dans laquelle, en projection, l'inertie entre les individus est maximale). La deuxième composante principale PC2 est orthogonale à PC1. C'est la deuxième direction de l'espace dans laquelle, en projection, l'inertie entre les individus est maximale.

Le choix du nombre de composantes principales peut se faire selon plusieurs critères. Nous avons choisi la règle de la valeur propre supérieure à 1 : on ne choisit de continuer à retenir des composantes principales que si chacune d'elle apporte davantage d'information qu'une seule variable de X au départ.

Les individus de X peuvent ensuite être représentés dans le plan formé par les composantes principales qu'on a choisi de retenir (le plus souvent dans le plan PC1xPC2).

C'est une « carte des individus ». Cette carte permet très rapidement de comprendre les relations entre les individus (deux individus proches sur le graphique ont des caractéristiques très voisines, et deux individus très éloignés des caractéristiques très différentes). Il est maintenant nécessaire de donner une signification aux composantes principales, en les reliant aux variables initiales de X . Pour cela, on représente les variables de X dans le plan formé par les deux composantes principales retenues, sous forme d'un « cercle des corrélations ». Lorsque la matrice X a été réduite, les coordonnées des vecteurs de X dans ce plan sont leurs coefficients de corrélation avec les composantes principales.

L'interprétation des graphiques (carte des individus et cercle des corrélations) peut être aidée par la considération d'indicateurs tels les contributions absolues (importance à la définition d'une composante principale) et les contributions relatives (qualité de la représentation sur une composante principale). Ces indicateurs existent pour les individus et pour les variables et ont des significations voisines.

Il est également possible de représenter des individus supplémentaires et des variables supplémentaires, qui n'ont pas participé à la définition des composantes principales, mais dont on souhaite connaître les relations avec les individus et les variables de la matrice X .

Pour les données d'analyse sensorielle, des ellipses de confiance ont été tracées autour des produits en utilisant la démarche présentée par Husson *et al.* (2005). La taille des ellipses renseigne sur l'incertitude de la position des produits. Les ellipses sont obtenues par ré-échantillonnage (des « panels virtuels » sont constitués). Dans notre cas, 500 panels virtuels ont été utilisés pour tracer les ellipses de confiance. Le terme « ellipse de confiance » sera utilisé dans la suite du texte. Cependant, ces ellipses doivent plutôt être considérées comme des résumés graphiques : dans notre cas, elles sont construites de manière à contenir 95% des points.

1.2. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)

L'AFC présente beaucoup de similarités avec l'ACP. Elle est utilisée pour traiter des variables qualitatives de type présence-absence (les données à analyser sont présentées sous forme d'un tableau similaire à celui présenté Figure 13), alors que l'ACP est utilisée pour traiter des données quantitatives (e.g. Danzart, 1998, p.234). Dans notre étude, l'AFC a été utilisée pour traiter les données verbales issues de l'épreuve de tri libre suivi de verbalisation, dans chaque pays : le tableau à analyser comprenait en ligne tous les mots utilisés par les sujets pour décrire les groupes, et en colonne les produits. Si un mot a été associé à un produit par un sujet, la cellule contenait "1", "0" sinon.

L'AFC, comme l'ACP, permet une représentation des lignes et des variables dans des plans formés par les composantes principales que l'on a choisi de retenir. Contrairement à l'ACP, la représentation des lignes et des colonnes est simultanée en AFC car les lignes et les colonnes jouent le même rôle.

Avec l'AFC, l'interprétation des graphiques s'appuie de manière obligatoire sur l'examen des contributions relatives de chaque ligne et de chaque colonne sur chaque composante principale. Pour un plan donné, on ne doit prendre en compte que les lignes et les colonnes ayant une contribution relative élevée pour l'interprétation.

1.3. Analyse Factorielle Multiple (AFM)

Les données à analyser se présentent sous la forme d'une matrice X structurée en k groupes de variables, les matrices X_i (Figure 14), qui comprennent en ligne n individus que l'on veut décrire (dans notre cas, des produits) et en colonnes des variables quantitatives caractérisant les objets (dans notre cas, des descripteurs sensoriels issus du profil conventionnel ou des variables instrumentales). Le nombre de colonnes de X_i est p_i .

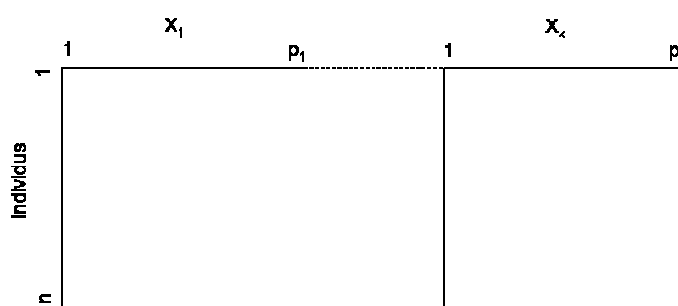


Figure 14 : Matrice X , concaténation horizontale des k matrices X_i à analyser en AFM

L'AFM (Escofier et Pagès, 1998) peut être considérée comme une extension de l'ACP au cas où l'on souhaite analyser plusieurs groupes de variables à la fois. La première étape de l'AFM consiste à réaliser des ACP séparées sur chaque matrice X_i . Ensuite, de nouvelles matrices X_i' sont définies à partir des matrices X_i . La matrice X_i' est obtenue en divisant les variables de X_i par la première valeur propre de X_i . Cette pondération permet d'équilibrer le rôle de chaque groupe de variable dans l'analyse globale. La matrice X' est la concaténation horizontale des matrices X_i' . L'AFM consiste en une ACP réalisée sur X' .

L'AFM permet, de manière analogue à l'ACP, une représentation des individus sur une carte des individus, et une représentation des variables sur un cercle des corrélations. Sur la carte des individus, l'AFM permet en outre une représentation superposée des « individus moyens », qui sont les compromis entre les différents groupes de variables, et également des « individus partiels », qui sont les individus « vus » par chaque groupe de variable.

1.4. Analyse Procrustéenne Généralisée (APG)

Les données à analyser se présentent sous la forme d'une matrice X structurée en k groupes de variables, les matrices X_i (Figure 14), qui comprennent en ligne n individus que l'on veut décrire (dans notre cas, des produits) et en colonnes des variables quantitatives caractérisant les objets (dans notre cas, des descripteurs sensoriels issus du profil conventionnel ou des variables instrumentales). Le nombre de colonnes de X_i est p_i .

De manière analogue à l'AFM, l'APG (Gower, 1975) peut être employée afin d'obtenir une représentation superposée des produits (« compromis » ou « consensus » entre les sujets) et des produits vus par chaque juge. La détermination du consensus se fait de manière itérative, en ajustant les configurations des groupes de variables par centrage (translation), application d'un facteur d'échelle (dilatation, contraction) et par rotation/réflexion. Enfin, une ACP de la moyenne des configurations transformées permet la représentation des produits sur une carte des produits et des descripteurs individuels sur un cercle des corrélations.

1.5. Le coefficient RV

Le coefficient RV (Escoufier, 1973) a été utilisé pour caractériser le degré de similarité entre deux matrices de la forme des matrices X_i présentées dans la Figure 13. Par analogie avec le coefficient de corrélation entre deux vecteurs, le coefficient RV est souvent appelé « coefficient de corrélation matriciel » (même si cette dénomination est fautive). Le coefficient RV prend des valeurs comprises entre 0 et 1. Plus le coefficient RV est proche de 1, plus les configurations des lignes correspondants aux deux matrices à comparer sont similaires.

Dans la même approche qu'Abdi et al, 2005, nous avons utilisé le coefficient RV pour comparer deux à deux les configurations des produits données par différents sujets (ou par différentes méthodes). L'analyse en composante principale de la matrice rassemblant ces coefficients RV permet de visualiser de manière synthétique la structure des similarités entre les configurations des sujets.

Le coefficient RV normalisé NRV (Schlich, 1996) a été également utilisé pour caractériser le degré de similarité entre deux configurations. Le coefficient NRV présente l'avantage de s'affranchir de la taille des matrices à comparer, contrairement au coefficient RV. Il est basé sur un test de permutation qui permet de déterminer si le coefficient RV obtenu est significativement différent d'un coefficient RV obtenu par hasard. Un coefficient NRV supérieur à 2 indique que les deux configurations sont significativement ($p < 0,05$) plus semblables que lorsque les étiquettes des lignes sont permutées au sein d'une des configurations. Un coefficient NRV compris entre 1,5 et 2 indique que les deux

configurations sont légèrement similaires et un coefficient NRV compris entre 1 et 1,5 indique qu'il n'y a pas de similarité.

1.6. DISTATIS

DISTATIS est une méthode d'analyse de données récente (Abdi et al, 2005). Elle peut être considérée comme une extension du Multidimensional Scaling (MDS), dont le but est d'analyser une matrice de distances, au cas où plusieurs matrices de distances D_i sont à analyser de manière simultanée (Figure 15). En quelque sorte, DISTATIS est à la MDS ce que l'AFM (ou plutôt STATIS) est à l'ACP.

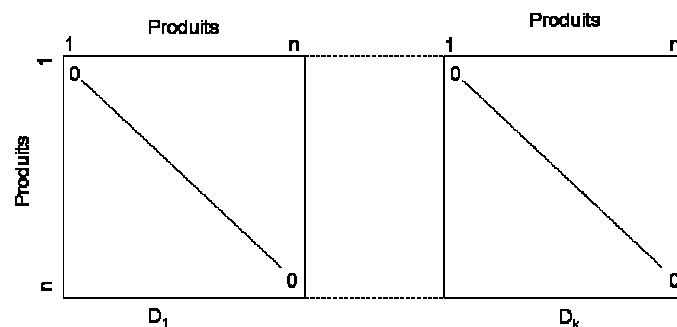


Figure 15 : Matrice X , concaténation horizontale des k matrices X_i à analyser en AFM

Dans notre cas, les matrices de distance D_i sont issues des données individuelles des juges d'une épreuve de tri. Pour chaque juge J_i , il est possible de construire une matrice de distance D_i (Figure 16) à partir de ses données de tri. Dans D_i , les lignes et les colonnes sont les produits. Si 2 produits i et j ont été mis dans le même groupe, $D_i[i,j]$ prend la valeur 0, et si deux produits i et k n'ont pas été mis dans le même groupe, $D_i[i,k]$ prend la valeur 1. La matrice D_i est symétrique, et comporte des 0 sur sa diagonale.

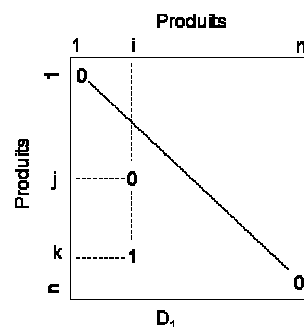


Figure 16 : Matrice de distance D_i pour le juge J_i

DISTATIS se déroule en trois étapes. Tout d'abord, les matrices D_i sont transformées en matrices « cross-produits » S_i (nous ne détaillerons pas les calculs ici). Ensuite, un compromis S est déterminé entre les matrices S_i . La détermination de ce compromis S passe par le calcul de coefficients RV entre les matrices individuelles des juges S_i puis par la somme pondérée

des matrices S_i en favorisant les juges qui sont les plus proches du consensus. Enfin, la décomposition en valeurs singulières de la matrice S permet une représentation des produits dans un espace à plusieurs dimensions.

DISTATIS permet la représentation des produits sur une carte semblable des individus à celle rencontrée avec l'ACP. DISTATIS permet en outre une représentation simultanée des « produits moyens » issus de la matrice S compromis entre tous les juges, et la représentation des « produits partiels » issus des matrices S_i de chacun des juges. Ceci permet d'évaluer visuellement le degré d'accord entre les juges produit par produit, pour chaque composante principale. Enfin, DISTATIS permet une représentation des juges.

1.7. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Les données à analyser par la CAH se présentent sous la forme d'une matrice de distances entre des individus (Figure 17). A part lorsque cela est précisé, la distance euclidienne entre les individus a été prise. L'objectif de la CAH est de créer des groupes d'individus semblables. Cette méthode appartient à la catégorie des analyses typologiques (Danzart, 1998).

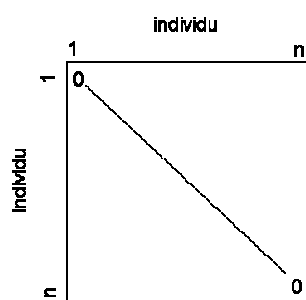


Figure 17 : Matrice de distance à analyser en CAH

Le résultat de la CAH est un arbre appelé dendrogramme. Il permet de constituer des groupes d'individus similaires. Nous avons utilisé l'algorithme d'agrégation de Ward, le plus couramment employé.

Le choix du nombre de groupes a été déterminé après examen de l'histogramme des indices de niveaux de nœuds, lorsqu'un saut important dans les valeurs de l'indice de niveau est constaté (Lebart, Morineau, Piron, 1997).

2. Analyse de la variance

L'analyse de la variance (ANOVA) est une méthode univariée. Elle vise à déterminer s'il existe des différences significatives entre n objets ($n \geq 2$) évalués selon une variable quantitative pour laquelle on dispose de répétitions. Nous avons utilisé différents modèles d'ANOVA : à un facteur, ou à plusieurs facteurs avec interactions (O'Mahony, 1986). Pour

l'analyse des données de profils sensoriels, le facteur sujet a été considéré comme aléatoire, parce que nous souhaitons généraliser nos résultats à l'ensemble de la population dont sont tirés les sujets (O'Mahony, 1986, p. 248). Lorsque des comparaisons multiples de moyennes ont été réalisées, le test de Student-Newman Keuls a été utilisé.

Nous avons également utilisé l'analyse de la variance multiple (MANOVA). Comme l'ANOVA, elle vise à déterminer s'il existe des différences significatives entre n objets ($n \geq 2$), sauf qu'elle prend simultanément en compte plusieurs variables quantitatives pour répondre à cette question. Pour chaque objet, on dispose d'un certain nombre de répétitions. Chaque objet est représenté par le barycentre des répétitions. Le test du lambda de Wilk a été adopté pour tester si la différence entre les barycentres des groupes est significative. Plus le lambda de Wilk (Λ) est faible, meilleure est la séparation entre les objets.

3. Régression Partial Least Squares (PLS)

L'objectif de la PLS (Wold *et al.*, 1984) est d'établir un modèle entre d'une part une matrice Y comportant en lignes n individus et en colonnes p variables à prédire, et d'autre part une matrice X comportant en lignes n individus et en colonnes k variables prédictrices (Figure 18). Lorsqu' Y ne comporte qu'une variable, on parle de PLS1. Nous avons utilisé la PLS2, qui prend simultanément en compte toutes les données de Y et de X .

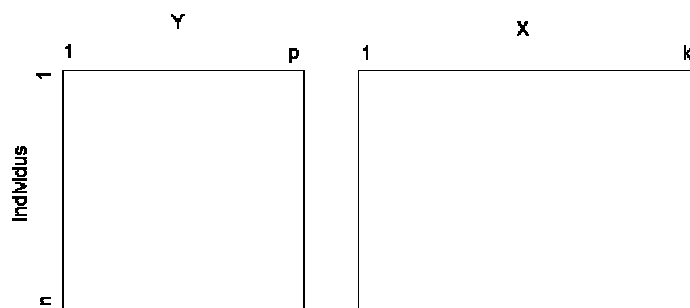


Figure 18 : Matrices Y à prédire et X prédictrice à analyser en PLS

D'autres méthodes existent pour prédire une matrice Y par une matrice X (Abdi, 2003), mais la PLS2 est particulièrement adaptée à nos types de données, pour plusieurs raisons. Tout d'abord, lorsque la matrice X comporte beaucoup de variables par rapport au nombre d'observations ($k > n$), il est probable que les variables de X soient très fortement corrélées entre elles. D'autres méthodes que la PLS ont été élaborées pour palier à ce problème. La première méthode est la régression progressive. Elle consiste à ne retenir dans le modèle prédictif que les variables de X les plus corrélées aux variables de Y . La deuxième méthode, appelée régression en composantes principales, consiste à faire une ACP de la matrice X puis à ne choisir que quelques composantes principales de X comme prédicteurs de Y .

L'inconvénient de la régression en composantes principales est de choisir pour prédire Y des composantes qui expliquent l'information de X, mais pas forcément l'information de Y. Au contraire, la PLS permet de trouver les composantes principales qui résument l'information de X tout en étant également pertinentes pour prédire Y.

Nous avons utilisé la PLS2 pour prédire des données sensorielles (Y) par des données instrumentales (X), ou pour prédire des données sensorielles de profil conventionnel d'un panel (Y) par celles issues d'un autre panel (X). Avant tout traitement, les données de Y et de X ont été centrées et réduites. Le nombre optimal de dimensions a été déterminé par validation croisée (leave-one-out) en considérant le PRESS (Predictive Residual Error Sum of Squares).

4. Logiciel

Les calculs et les sorties graphiques ont entièrement été réalisés avec le logiciel gratuit R version 2.3.0 (R Development Core Team, 2006). Les fonctions `PCA`, `CA`, `MFA` et `GPA` du package `FactoMineR` version 1.00 ont été utilisées pour l'ACP, l'AFC, l'AFM, l'APG et les coefficients RV et NRV. Les fonctions `hclust`, `aov` et `manova` du package `stats` ont été utilisées pour les calculs de CAH, ANOVA et MANOVA. La fonction `pls` (Durand, 1998) a été utilisée pour les calculs de PLS2. Les fonctions `panellipse`, `panelmatch` du package `SensOMiner` version 1.05 ont été utilisées pour le tracé des ellipses de confiance autour des produits lors de la réalisation d'ACP ou d'AFM sur les données sensorielles. Les fonctions `panelperf` et `paneliperf` du package `SensOMiner` version 1.05 ont été utilisées pour l'étude des performances des panels et des panélistes de profil conventionnel. La fonction `distatis` a été programmée en langage R (Annexe 14) d'après l'algorithme d'Abdi *et al.* (2005).

Partie 4 : Résultats : influence de la culture sur la perception sensorielle des produits

Cette partie présente les résultats qui nous permettront d'identifier et de quantifier les éventuelles différences de caractérisation sensorielle entre la culture française et vietnamienne. Dans les trois chapitres de cette partie, nous présenterons une comparaison de deux cultures selon le point de vue donné par les trois méthodes sensorielles suivantes : le tri libre suivi de verbalisation, le profil flash et le profil conventionnel avec génération de descripteurs.

Chapitre 1 : Comparaison des résultats du tri libre en France et au Vietnam

La comparaison des deux cultures à l'aide du tri libre a été menée sur les critères suivants : le degré de différences entre les sujets français et vietnamiens, la dimensionnalité de l'espace produit, le degré de similarité entre les configurations des produits dans les deux cultures, le nombre de mots générés par les sujets et la caractérisation sémantique des produits dans les deux cultures.

1. Différences interindividuelles entre les sujets

En France, le coefficient RV moyen entre les sujets est de $0,44 \pm 0,09$. Au Vietnam, le coefficient RV moyen entre les sujets est également de $0,44 \pm 0,15$. **Dans les deux pays, le degré d'accord entre les sujets est faible, il n'est pas significativement plus important dans une culture que dans l'autre** ($t = -0,07$, ddl = 222, $p > 0,05$).

Afin de savoir si les différences entre les configurations individuelles des sujets étaient plus importantes entre les deux cultures qu'au sein d'une culture, nous avons examiné les résultats de l'ACP réalisée sur la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujets, sujets français et vietnamiens confondus (selon l'approche de Distatis). Les résultats de cette ACP sont présentés Figure 19. Cette carte permet d'explorer les différences et similarités entre les sujets. Le pourcentage de la variance expliqué par le premier axe étant relativement faible, on peut dire que le degré d'accord entre les sujets d'une manière générale n'est pas très élevé. Les sujets français et vietnamiens ne sont pas différenciables sur le premier axe et le deuxième axe permet de séparer seulement partiellement les sujets français et vietnamiens. **Cette analyse montre qu'avec le tri livre, les différences entre les deux cultures, si elles existent, sont faibles. Elles sont du même ordre de grandeur que les variations interindividuelles au sein d'une culture.**

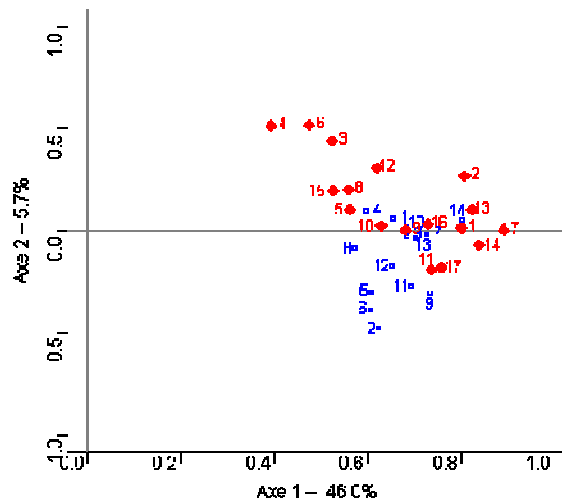


Figure 19 : Carte des sujets français et vietnamiens pour le tri libre : ACP de la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujets, sujets français (□) et vietnamiens (♦) confondus, pour le tri libre.

2. Dimensionnalité de l'espace produit

Les résultats de l'analyse Distatis en France et au Vietnam ont montré que la dimensionnalité de l'espace produit est de quatre dans les deux cultures. En effet, l'examen des pourcentages de la variance expliqués par chaque composante principale montre qu'il y a un décrochage après quatre composantes (Figure 20).

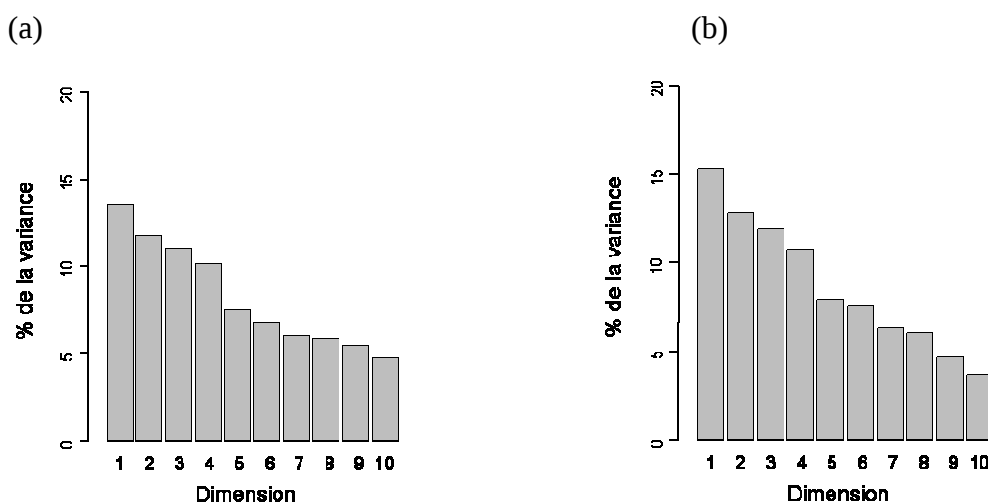


Figure 20 : Pourcentages de la variance expliqués par les différentes dimensions de l'analyse Distatis pour le tri libre (a) en France et (b) au Vietnam

3. Degré de similarité entre les configurations des produits

Un indice global de similarité entre les configurations des cartes des produits des sujets français est donné par le coefficient RV. Nous avons trouvé un coefficient RV de 0,73, et un coefficient NRV de 7,95 ($p < 0,05$), indiquant une **forte similarité globale entre les configurations des sujets français et vietnamiens**.

Nous avons affiné notre comparaison des configurations des produits vues par les sujets français et vietnamiens en utilisant Distatis (Figure 21). Dans le plan 2x1 (Figure 21 (a)), les configurations des panels français et vietnamiens coïncident pratiquement parfaitement sur les axes 1 et 2, ce qui confirme les résultats établis plus haut concernant la similarité globale entre les sujets français et vietnamiens. L'axe 2 marque une opposition entre les produits 3, 5 et les produits 14, 15 et l'axe 1 marque une opposition entre les produits 7 et les produits 16, 17. Sur l'axe 1, les produits 16,17 d'une part et 7 d'autre part sont perçus comme très différents des autres produits dans les deux cultures. Dans le plan 3x4 (Figure 21 (b)), on constate également un bon accord entre les deux cultures, sauf pour les produits 3, 5 et 6 pour lesquels les sujets français et vietnamiens ont des perceptions différentes.

Nous pouvons donc conclure que pour la majorité des produits, il y a un fort accord entre les deux cultures. Nous avons identifié trois produits pour lesquels les différences interculturelles sont plus importantes. Nous allons maintenant nous intéresser aux descriptions des produits faites par les panels français et vietnamiens.

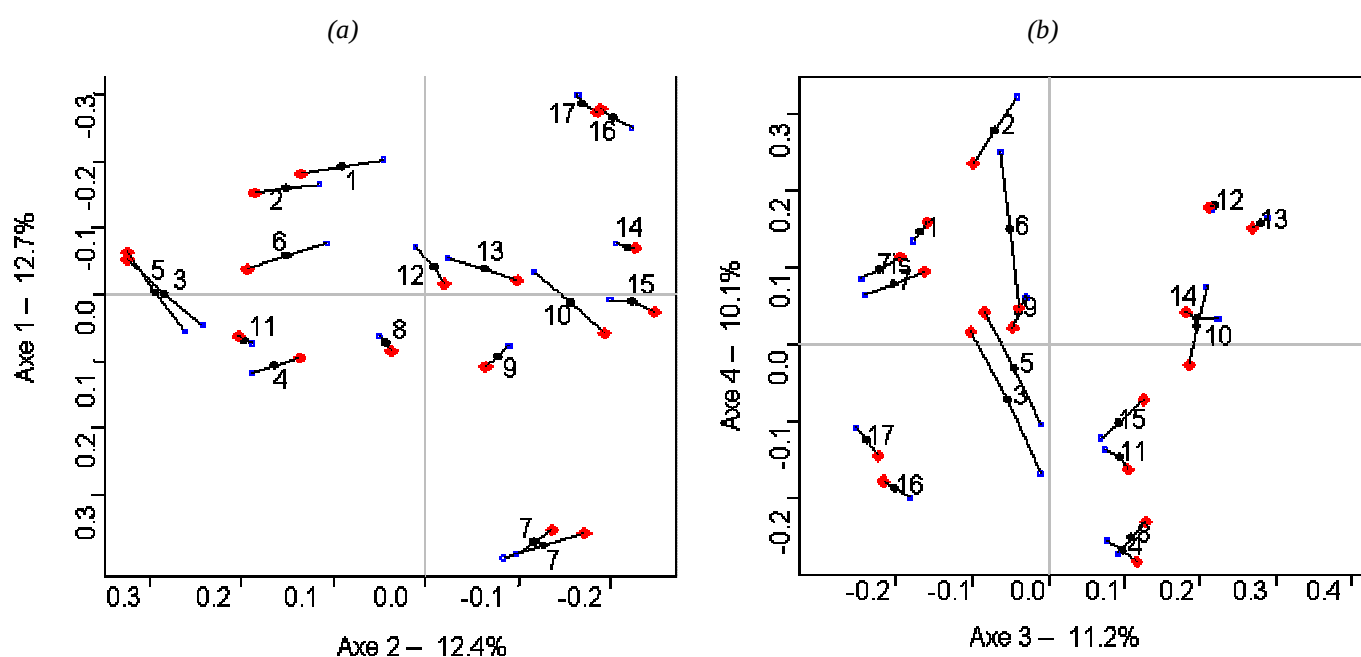


Figure 21 : Résultats de Distatis comparant les points de vue des sujets français et vietnamiens pour le tri libre. Représentation superposée des 18 produits moyens (●) et des produits partiels vus par le panel français (□) et par le panel vietnamien (♦) dans les plans (a) 2x1 et (b) 3x4.

4. Nombre de mots générés

Les nombres de mots générés par les panels français et vietnamiens de tri libre sont comparables. En effet, 103 mots ont été générés en tout par le panel français (avec 14 sujets), et 129 mots par le panel vietnamien (avec 17 sujets). Un test de Mann-Whitney a montré qu'il n'y a pas de différence significative ($W = 113,5$, $p > 0,05$) entre le nombre de mots générés par

sujet en France et au Vietnam.

5. Caractérisation sémantique des produits

Les résultats des AFC réalisées sur les mots donnés par les sujets français et vietnamiens montrent qu'il existe certaines similarités au niveau des descriptions des produits. Les produits 16 et 17 ont été décrits comme flasques, mous, élastiques et difficiles à couper par les sujets français (Figure 22 (a)) et comme très coriaces et mous par les sujets vietnamiens (Figure 22 (c)). Les produits 1, 2 et 6 ont été décrits comme fondants, mous et transparents par les sujets français (Figure 22 (a)) et au Vietnam, les produits 1, 2, 3 et 5 ont été décrits comme mous, fondants, pâteux et faciles à casser (Figure 22 (c)). Le produit 7 a été décrit en France comme cassant et croquant (Figure 22 (b)) et au Vietnam les produits 7 et 9 ont été décrits comme collants au couteau, compacts et ayant une couleur différente (Figure 22 (d)).

Pour d'autres produits, les informations apportées par les deux panels sont complémentaires. Ainsi, les produits 10, 12, 13 et 14 ont été décrits comme humides, compacts et moyennement durs en France (Figure 22 (b)) et les produits 13, 14 et 15 ont été décrits comme durs et coriaces au Vietnam (Figure 22 (d)). Au Vietnam, les produits 4, 6, 8 et 11 ont été décrits comme croquants, durs et pas coriaces (Figure 22 (c)).

Enfin, d'autres éléments montrent que les panels des deux cultures n'ont pas toujours pris en considération exactement les mêmes critères pour faire leurs groupes de produits. Ainsi, le produit 6 a plutôt été regroupé avec les produits 1 et 2 en France, à la fois sur la base de critères de texture et d'apparence visuelle, alors qu'au Vietnam, le produit 6 a plutôt été regroupé avec les produits 4, 8 et 11 qu'avec les produits 1 et 2, sur la base de critères de texture uniquement (Figure 22 (c)).

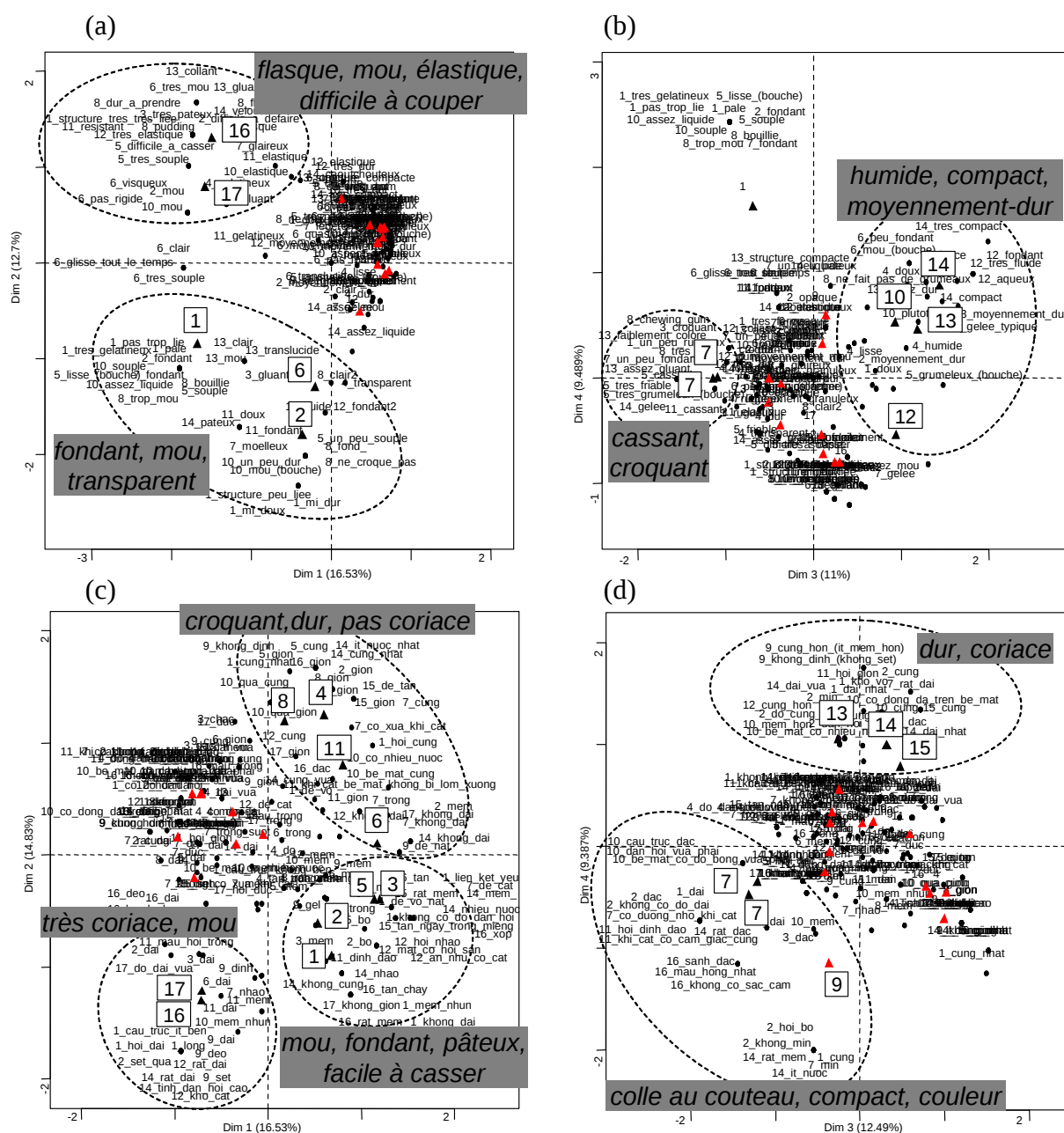


Figure 22 : Résultats de l'AFC réalisée sur les mots donnés pour décrire les produits à l'issue de l'épreuve de tri par les sujets français (dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4) et vietnamiens (dans les plans (c) 1x2 et (d) 3x4) Les notions associées à chaque groupe de mots sont représentés en italique et en grisé.

Chapitre 2 : Comparaison des résultats du profil flash en France et au Vietnam

La comparaison des deux cultures à l'aide du profil flash a été menée sur les critères suivants : le degré de différences entre les sujets des deux cultures, la dimensionnalité de l'espace produit, le degré de similarité entre les configurations des produits, le nombre de descripteurs générés par les sujets et la caractérisation sémantique des produits dans les deux cultures.

1. Différences interindividuelles entre les sujets

Dans la même approche que celle adoptée pour le tri libre, nous avons comparé le coefficient RV moyen entre les sujets français ($0,51 \pm 0,12$) et les sujets vietnamiens ($0,52 \pm 0,15$). **Dans les deux pays, le degré d'accord entre les sujets est faible et il n'est pas significativement plus important dans une culture que dans l'autre** ($t = -0,720$, $ddl = 166$, $p > 0,05$).

Nous avons également réalisé une ACP sur la matrice des coefficients RV entre les données des sujets français et vietnamiens (Figure 23). Comme pour le tri libre, le pourcentage de la variance expliqué par le premier axe est relativement faible : le degré d'accord global entre les sujets n'est pas très élevé. Les sujets français et vietnamiens ne sont pas différenciables sur la première composante mais la deuxième dimension de l'ACP permet de séparer partiellement les sujets français et vietnamiens. **Les différences entre les sujets français et vietnamiens semblent légèrement plus marquées avec le profil flash** (Figure 23) qu'avec le tri libre (Figure 19).

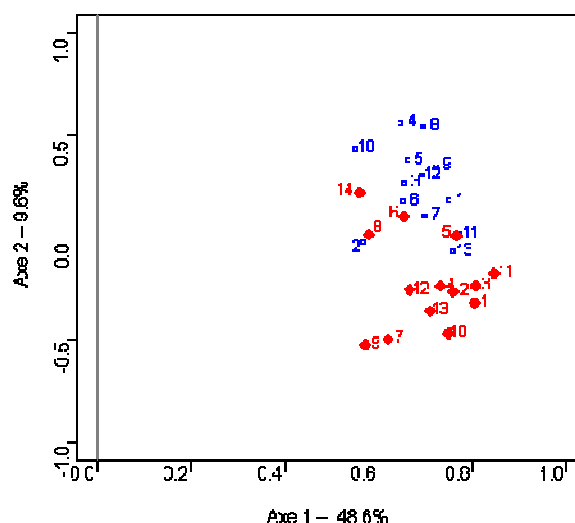


Figure 23 : ACP de la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujets, sujets français (□) et vietnamiens (♦) confondus, pour le profil flash.

2. Dimensionnalité de l'espace produit

A l'échelle des sujets, nous avons utilisé un test du χ^2 pour tester si la dimensionnalité de l'espace produit était la même pour les sujets français et les sujets vietnamiens (Tableau 17). Les résultats montrent qu'il existe une différence significative entre les deux populations ($\chi^2(3) = 3,85$, $p > 0,05$) : **la dimensionnalité est plus élevée pour les sujets français.**

Tableau 17 : Répartition des sujets français et vietnamiens de profil flash en fonction de la dimensionnalité de l'espace-produit (1, 2 ou 3).

		Dimensionnalité de l'espace produit			
		1	2	3	total
sujets	français	2	8	3	13
	vietnamiens	8	6	0	14
total		10	14	3	27

A l'échelle du panel, en France, la dimensionnalité de l'espace produit à l'échelle du panel est de 4, alors qu'elle est de 3 au Vietnam (Figure 20)

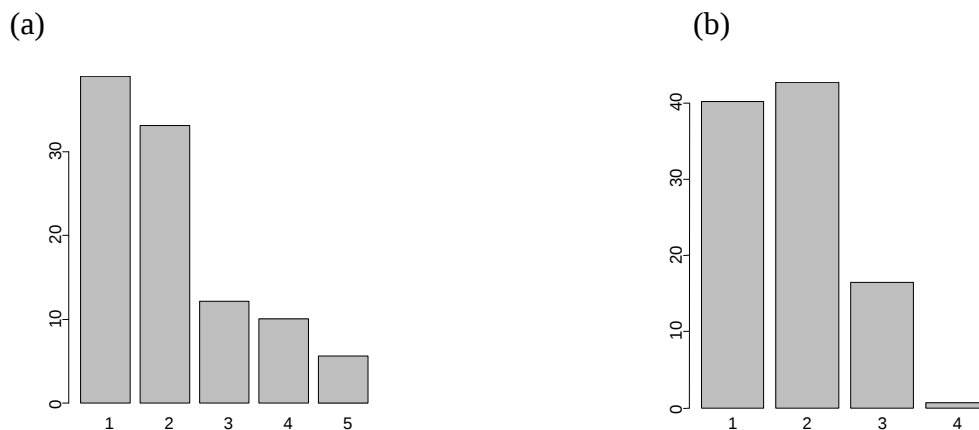


Figure 24 : Pourcentages de la variance expliqués par les différentes dimensions de l'APG pour le profil flash (a) en France et (b) au Vietnam

3. Degré de similarité entre les configurations des produits

Nous avons trouvé un coefficient RV de 0,66, et un coefficient NRV de 7,32 ($p < 0,05$), indiquant une **forte similarité globale entre les configurations des sujets français et vietnamiens**.

Pour affiner notre comparaison des configurations des sujets français et vietnamiens, nous avons réalisé une AFM (Figure 25). Sur l'axe 1 (Figure 25 (a)), les projections des configurations des panels français et vietnamien coïncident pratiquement parfaitement. Sur l'axe 2, les projections des configurations des panels français et vietnamiens coïncident pour la majorité des produits (produits 1, 2, 4, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16 et 17). Pour les 5 autres produits (3, 5, 6, 7 et 10) on observe quelques différences entre les deux cultures.

Dans le plan 3x4 (Figure 25 (b)), les configurations des panels français et vietnamien coïncident beaucoup mieux sur l'axe 3 que sur l'axe 4. Sur l'axe 3 (Figure 25 (b)), on observe des différences importantes entre les deux cultures pour 4 produits : 3, 5, 9 et 13. Les différences très importantes observées sur l'axe 4 sont certainement en partie dues au fait que la dimensionnalité de l'espace produit est plus faible au Vietnam qu'en France, comme cela a été établi précédemment.

Certaines différences observées entre les deux cultures avec le tri libre ont également été observées avec profil flash. En France, le produit 6 semble plus proche des produits (1, 2) et les produits (3, 5) semblent plus proches des produits (4, 11), alors qu'au Vietnam, le produit 6 semble plus proche des produits (4, 11), et les produits (3, 5) plus proches des produits (1, 2).

En conclusion, nous avons trouvé avec le profil flash que pour la plupart des produits, les sujets français et vietnamiens partagent un même espace perceptif, mais aussi que pour certains produits il existe des différences systématiques entre les deux cultures.

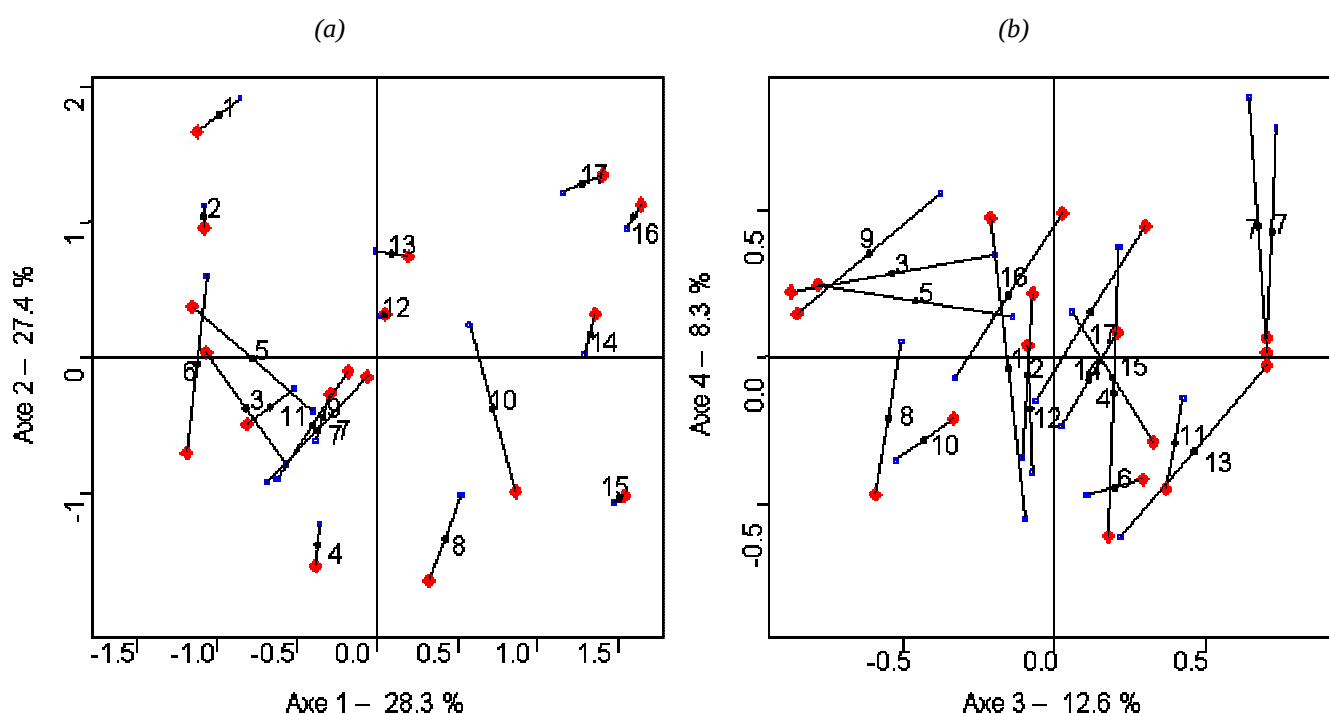


Figure 25 : Résultats de l'AFM comparant les points de vue des sujets français et vietnamiens pour le profil flash. Représentation superposée des 18 produits moyens (●) et des produits partiels vus par le panel français (□) et par le panel vietnamien (♦) dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4.

4. Nombre de descripteurs générés

Le nombre de mots généré par sujet est significativement plus élevé en France (4,7) qu'au Vietnam (2,8) (d'après le test de Mann-Whitney, $W = 173$, $p < 0,05$). Les différences sont également significatives pour le nombre de descripteurs visuels ($W = 136,5$, $p < 0,05$) et de texture ($W = 129,5$, $p < 0,05$).

5. Caractérisation sémantique des produits

Des récapitulatifs des descripteurs et des protocoles utilisés par les sujets français et vietnamiens sont présentés en Annexe 15 et Annexe 16.

Afin d'évaluer les éventuelles différences de caractérisation sémantique des produits dans les deux cultures, nous présentons ici de manière complète les résultats des deux APG réalisées en France (Figure 26) et au Vietnam (Figure 27).

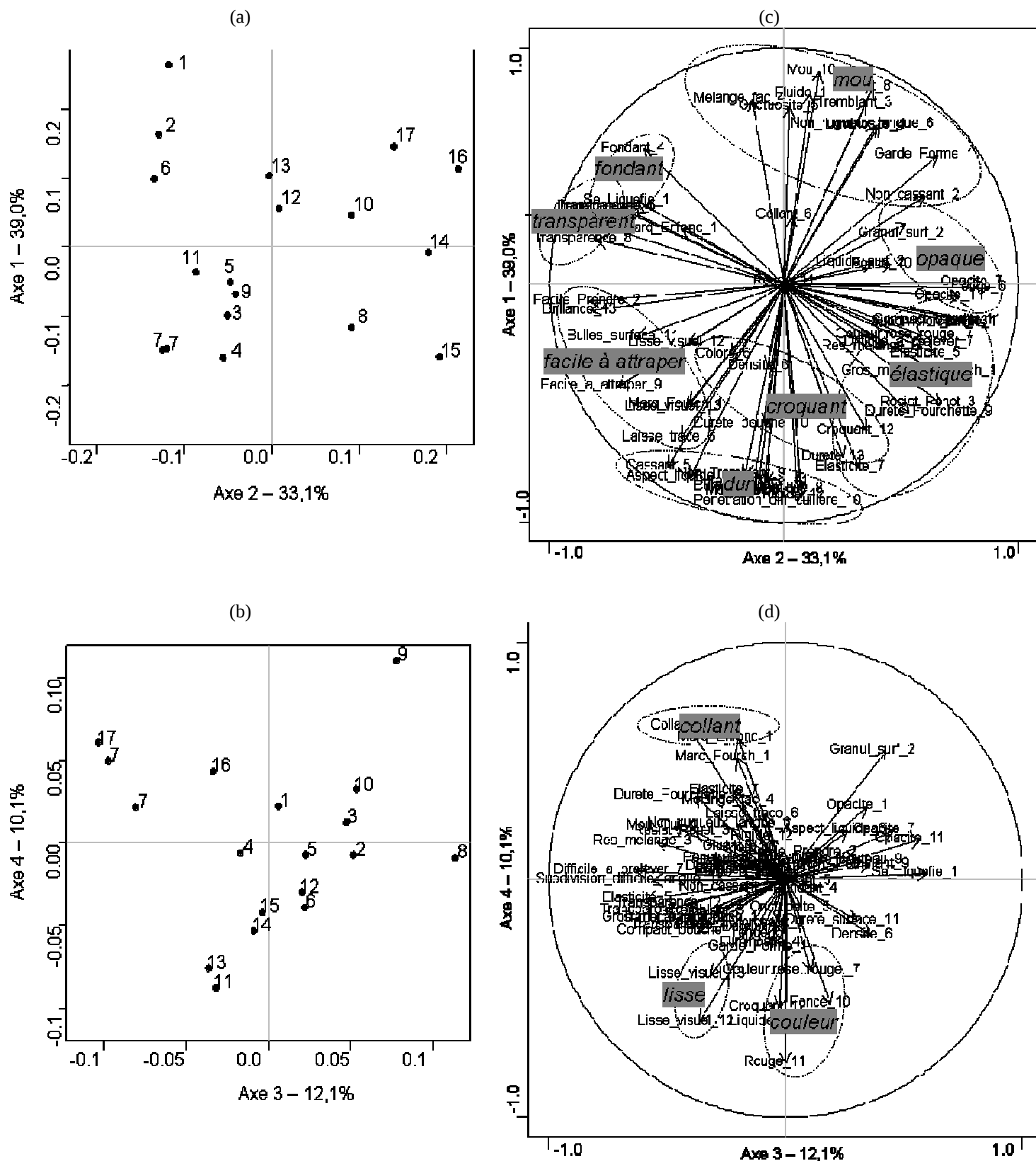


Figure 26 : Résultats de l'APG pour le profil flash en France. Représentation des produits moyens dans les plans (a) 2x1 et (b) 3x4, et représentation des descripteurs sur les cercles des corrélations dans les plans (c) 2x1 et (d) 3x4. Sur les cercles des corrélations, les notions associées à chaque groupe de descripteur sont représentées en italique et en grisé. Les groupes de descripteurs ont été identifiés par CAH sur les coordonnées des descripteurs.

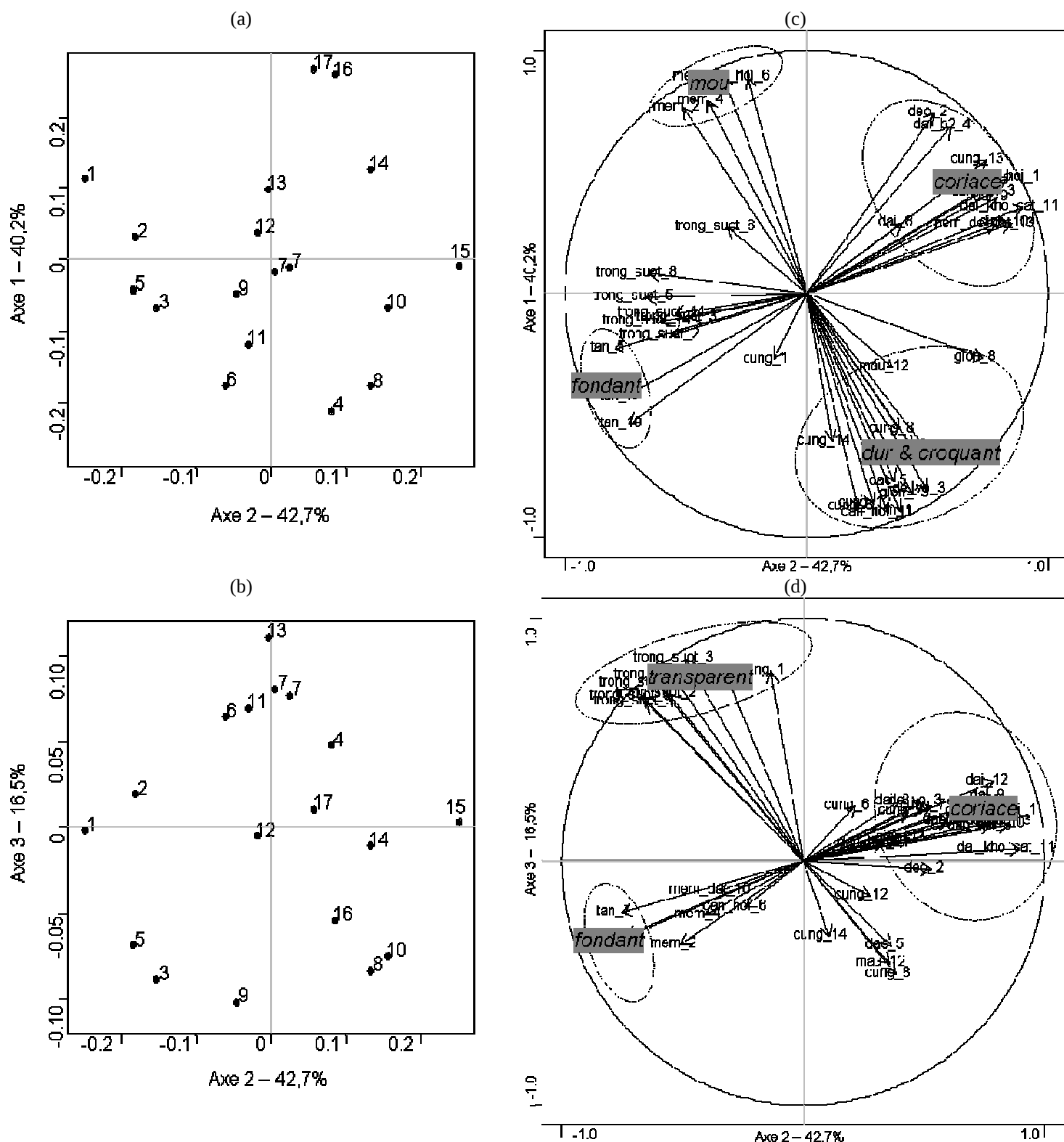


Figure 27 : Résultats de l'APG pour le profil flash au Vietnam. Représentation des produits moyens dans les plans (a) 2x1 et (b) 2x3, et représentation des descripteurs sur les cercles des corrélations dans les plans (c) 2x1 et (d) 2x3. Sur les cercles des corrélations, les notions associées à chaque groupe de descripteur sont représentées en italique et en grisé (en français). Les groupes de descripteurs ont été identifiés par CAH sur les coordonnées des descripteurs.

Il existe certaines similarités au niveau de la description sensorielle des produits dans les

deux cultures. Dans les deux cultures, on trouve une opposition entre les produits (1, 2) d'une part et le produit 15 d'autre part (Figure 26 (a), Figure 27 (a)). Pour les français, ceci correspond à une opposition entre les produits *fondants* et les produits *élastiques* (Figure 26 (c)), et pour les vietnamiens, ceci correspond à une opposition entre les produits fondants et coriaces (Figure 27 (c)). Une deuxième similarité entre les deux cultures réside dans l'opposition des produits (16, 17), perçus comme *mous* dans les deux cultures (Figure 26 (a & c), Figure 27 (& & c)), et des produits (4, 8, 11), perçus comme *durs* en France et comme *durs et croquants* au Vietnam (Figure 26 (a & c), Figure 27 (& & c)).

Il existe également certaines différences entre les deux cultures. Une première observation est d'ordre qualitatif. Sur les cercles des corrélations, on remarque que les descripteurs des sujets français pointent dans des directions différentes de l'espace, alors que les descripteurs des sujets vietnamiens pointent vers quelques directions bien précises. Cela signifie que **les sujets français ont eu tendance à utiliser des descripteurs qui ont donné lieu à des classements de produits différents, alors que les sujets vietnamiens ont utilisé des descripteurs qui ont donné lieu à des classements de produits similaires.**

Une deuxième différence réside dans la manière dont la « dureté » a été évaluée dans les deux cultures. En France, la notion de « mou » rassemble en réalité des descripteurs aux sens complexes et variés selon les sujets. En particulier, on trouve deux descripteurs (« mélange facile » et « onctuosité ») qui caractérisent la texture des produits après la cassure initiale (voir Annexe 15). Les produits 1, 2, 6 et 10, en particulier, ont été considérés comme plus onctueux (en bouche) que les autres produits par le sujet 5. A l'inverse, ce sujet a trouvé le produit 7 comme très peu onctueux (comme les produits 4 et 8). En France, la notion de « dur » rassemble également des notions complexes et variées (voir Annexe 15). Au Vietnam, en considérant les protocoles utilisés par les sujets pour évaluer leurs descripteurs, il semble que les sujets ont davantage caractérisé la dureté des produits *avant* leur cassure initiale, et que les français aient davantage caractérisé les produits *après* leur cassure initiale. Ceci pourrait expliquer les différences de classement des produits 3, 5, 6, 7 et 10 observées entre les français et les vietnamiens sur l'axe 2 de l'AFM (Figure 25 (a)).

Une troisième différence entre les deux cultures réside dans le fait qu'en France les descripteurs relatifs à l'aspect *fondant* sont corrélés aux descripteurs relatifs à l'aspect *transparent* (Figure 26 (a)), alors qu'au Vietnam ces notions sont mieux différenciées (Figure 27 (b)). Ainsi, les produits 3, 5 et 9 sont très peu transparents, mais sont quand même

fondants, et à l'inverse le produit 13 est très transparent, mais très peu fondant. C'est l'association entre les notions de fondant et de transparent chez les sujets français qui semble être à l'origine des différences observées sur l'axe 3 de l'AFM (Figure 25 (b)).

Chapitre 3 : Comparaison des résultats du profil conventionnel en France et au Vietnam

La comparaison des deux cultures à l'aide du profil conventionnel a été menée sur les critères suivants : le nombre de descripteurs générés par les panels générés_FR et générés_VN, les performances des panels, le degré de différences entre les sujets français et vietnamiens, la dimensionnalité de l'espace produit et le degré de similarité entre les configurations des produits dans les deux cultures. Nous concluons par un bilan des relations existantes entre les profils générés par les panels des deux cultures.

1. Nombre de descripteurs générés

Durant la phase de génération de vocabulaire, nous avons constaté que **le panel générés_FR avait généré davantage de descripteurs que le panel générés_VN** : après la phase de réduction qualitative, une liste provisoire de 83 termes avait été retenue en France, contre 52 au Vietnam. **Ceci est en accord avec les résultats du profil flash, qui ont montré que les sujets vietnamiens avaient généré moins de descripteurs que les sujets français.**

Concernant le nombre final de descripteurs retenus, peu de différences ont été constatées entre les deux panels (24 pour le panel générés_FR et 22 pour le panel générés_VN).

2. Performances des panels

De manière générale, les résultats des ANOVA à trois facteurs (produit, sujet, séance) avec interactions ont montré que les performances des deux panels ont été satisfaisantes. Ainsi, les deux panels ont discriminé les produits avec l'ensemble de leurs descripteurs (au niveau 0,1%). Pour le panel générés_VN, cependant, l'effet produit est significatif seulement pour au niveau 1% pour le descripteur *động lại lợn cợn ở cổ* (*granuleux, impression résiduelle en bouche*) et pour le descripteur *mịn* (*lisse, en bouche*) l'effet produit n'est pas significatif (au niveau 5%). Ces deux descripteurs ont cependant été gardés dans les analyses multidimensionnelles. L'effet séance n'est significatif (au niveau 0,1%) que pour 2 descripteurs sur 24 pour le panel générés_FR, et n'est significatif pour aucun descripteur du panel générés_VN (au niveau 5%). Ceci indique qu'il n'y a pas eu de différences systématiques d'une séance à une autre. L'effet sujet est significatif pour tous les descripteurs des panels générés_FR et générés_VN (au niveau 0,1%). L'interaction produit x sujet est très souvent significative (au niveau 0,1%) : 20 descripteurs sur 24 pour le panel générés_FR et 13 descripteurs sur 22 pour le panel générés_VN. Ceci indique que les sujets ont évalué les

produits différemment.

Selon une approche plus globale à l'aide d'une MANOVA, nous avons trouvé que le panel généré_FR a globalement mieux discriminé les produits que le panel généré_VN (les valeurs des F_{produit} sont respectivement de 19,47 et 6,76). Le fait qu'il n'y ait pas le même nombre de sujets dans les deux panels nous empêche théoriquement de comparer ces deux valeurs. Nous avons donc fait une simulation pour le panel généré_FR en calculant le F_{produit} en prenant au hasard sans remise 10 fois 7 sujets parmi les 14 sujets. Nous avons obtenu un F_{produit} de $11,8 \pm 0,82$ pour le panel généré_FR. Ceci montre que le panel généré_FR a été plus discriminant que le panel généré_VN, indépendamment du nombre de sujets. Par ailleurs, nous observons que le $F_{\text{produit:sujet}}$ est plus élevé pour le panel généré_VN que pour le panel généré_FR (respectivement 2,31 contre $1,95 \pm 0,22$). Une hypothèse pour expliquer cela est que durant la phase de définition des protocoles du panel généré_VN, il y a eu un effet leader non contrôlé. En effet, au Vietnam, les étudiants respectent beaucoup la parole des professeurs. Comme le panel était composé à la fois de professeurs et d'étudiants, les professeurs ont eu tendance à imposer leur point de vue dans la définition des protocoles des descripteurs. Il est donc possible que le moins bon accord entre les sujets vietnamiens et leur moins bon pouvoir discriminant par rapport aux sujets français proviennent de cet effet leader des professeurs vietnamiens.

En conclusion, les deux panels généré_FR et généré_VN ont globalement bien discriminé les produits et ont été répétables, même si le consensus entre les sujets n'a pas été parfait. De manière plus fine, nous avons également mis en évidence que le panel généré_FR a été plus discriminant que le panel généré_VN, et qu'il y a eu un meilleur accord entre les sujets du panel généré_FR qu'entre les sujets du panel généré_VN.

3. Différences interindividuelles entre les sujets

Dans la même approche que celle développée pour le tri libre et le profil flash, nous avons comparé le coefficient RV moyen entre les sujets français ($0,86 \pm 0,04$) et entre les sujets vietnamiens ($0,71 \pm 0,08$). **Dans les deux pays, le degré d'accord entre les sujets est beaucoup plus élevé qu'avec le tri libre ou le profil flash. De plus, le degré d'accord entre les sujets est significativement plus élevé entre les sujets français du panel généré_FR qu'entre les sujets vietnamiens du panel généré_VN** ($t = 8,349$, ddl = 23, $p < 0,001$).

Nous avons également analysé les différences interindividuelles entre sujets français et vietnamiens (Figure 28). Le pourcentage de la variance expliqué par le premier axe est beaucoup plus élevé qu’avec le tri libre ou le profil flash : le degré d’accord global entre les sujets est plus élevé. **On constate également qu’il existe des différences entre sujets français et vietnamiens.** En particulier, la deuxième dimension de l’ACP permet de discriminer les sujets français et vietnamiens. Les différences entre les sujets français et vietnamiens sont beaucoup plus marquées avec le profil conventionnel qu’avec le profil flash (Figure 23) ou qu’avec le tri libre (Figure 19).

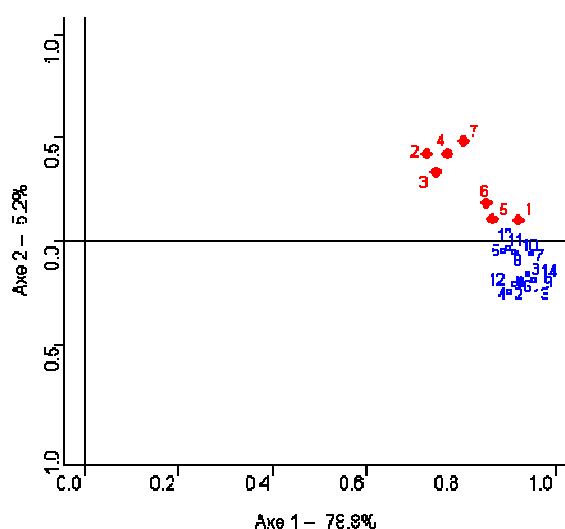


Figure 28 : ACP de la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujets, sujets français (□) et vietnamiens (♦) confondus, pour le profil conventionnel avec génération de descripteurs.

4. Dimensionnalité de l’espace produit

A l’échelle des sujets, nous avons utilisé un test du χ^2 pour tester si la dimensionnalité de l’espace produit était la même pour les sujets français et vietnamiens (Tableau 18). Les résultats montrent qu’il n’existe pas de différence significative entre les deux populations ($\chi^2(3) = 3,56$, $p > 0.05$) : **les sujets français et vietnamiens ont eu une vision multidimensionnelle de l’espace-produit, généralement supérieure ou égale à 4.**

Tableau 18 : Répartition des sujets français et vietnamiens de profil conventionnel en fonction de la dimensionnalité de l’espace-produit (de 3 à 6).

		Dimensionnalité de l’espace produit				
		3	4	5	6	total
sujets	français	0	3	6	5	14
	vietnamiens	1	0	3	3	7
total		1	3	9	8	21

A l’échelle du panel, la dimensionnalité de l’espace produit est égale à 4 pour les deux

panels généré_FR et généré_VN (selon la règle de la valeur propre supérieure à 1, 4 dimensions ont été identifiées par ACP pour les configurations des produits vues par les panels généré_FR et généré_VN).

5. Degré de similarité entre les configurations des produits

La comparaison des configurations des produits à l'aide des coefficients RV et NRV indique une **très forte similarité globale entre les configurations des panels généré_FR et généré_VN** : le coefficient RV vaut 0,86 et le coefficient NRV vaut 9,69 ($p < 0,05$).

Pour affiner la comparaison des configurations des deux panels généré_FR et généré_VN, nous avons réalisé une AFM, dont nous présentons maintenant les principaux résultats.

5.1. Cartes des produits

La représentation simultanée des cartes des produits vues par les panels généré_FR et généré_VN permet d'identifier les ressemblances et les différences de points de vues de ces deux panels (Figure 29).

Dans le plan 1x2, nous constatons une ressemblance importante entre les configurations des panels généré_FR et généré_VN pour la majorité des produits (1, 2, 3, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15). Pour ces produits, les ellipses de confiance des 2 panels se recoupent, indiquant une très forte similarité. Sur l'axe 1, nous notons des différences de position pour les produits 4 et 5. Les sujets vietnamiens ont mieux discriminé les produits 4 et 5 des produits 3 et 6 que les sujets français (Figure 29 (a)). Sur l'axe 2, nous notons que les produits vus par le panel généré_VN sont systématiquement plus proches du centre, alors que les produits vus par le panel généré_FR sont plus éloignés du centre. Ceci est dû au fait que le rapport entre la 1^{ère} et la 2^{ème} composante principale des ACP séparées pour chaque panel est plus faible pour le panel généré_FR que pour le panel généré_VN (Pagès et Husson, 2001). Pour le panel généré_VN, le poids donné à la première dimension sensorielle sous-jacente est proportionnellement plus élevé que pour le panel généré_FR. Sur l'axe 2, on note aussi que le panel généré_FR est plus discriminant : les produits 10 et 11 sont différenciés des produits (4, 5, 10, 7, 12, 14) alors que pour le panel généré_VN, ces produits sont très proches.

Sur les axes 3 et 4, les différences entre les deux panels sont beaucoup plus importantes. Sur l'axe 3, on remarque une opposition entre les produits (8, 9, 3) et (1, 13) qui est commune aux deux panels, même si elle est plus marquée pour le panel généré_FR. Sur l'axe 4, le produit 7 a été considéré comme beaucoup plus atypique par le panel généré_FR que par le

panel généré_VN.

Ces résultats montrent qu'il y a une bonne correspondance entre les configurations des produits vues par les panels généré_FR et généré_VN. Cette correspondance est meilleure dans le plan 1x2 que dans le plan 3x4. Nous allons maintenant examiner les correspondances existant entre les descripteurs des deux panels

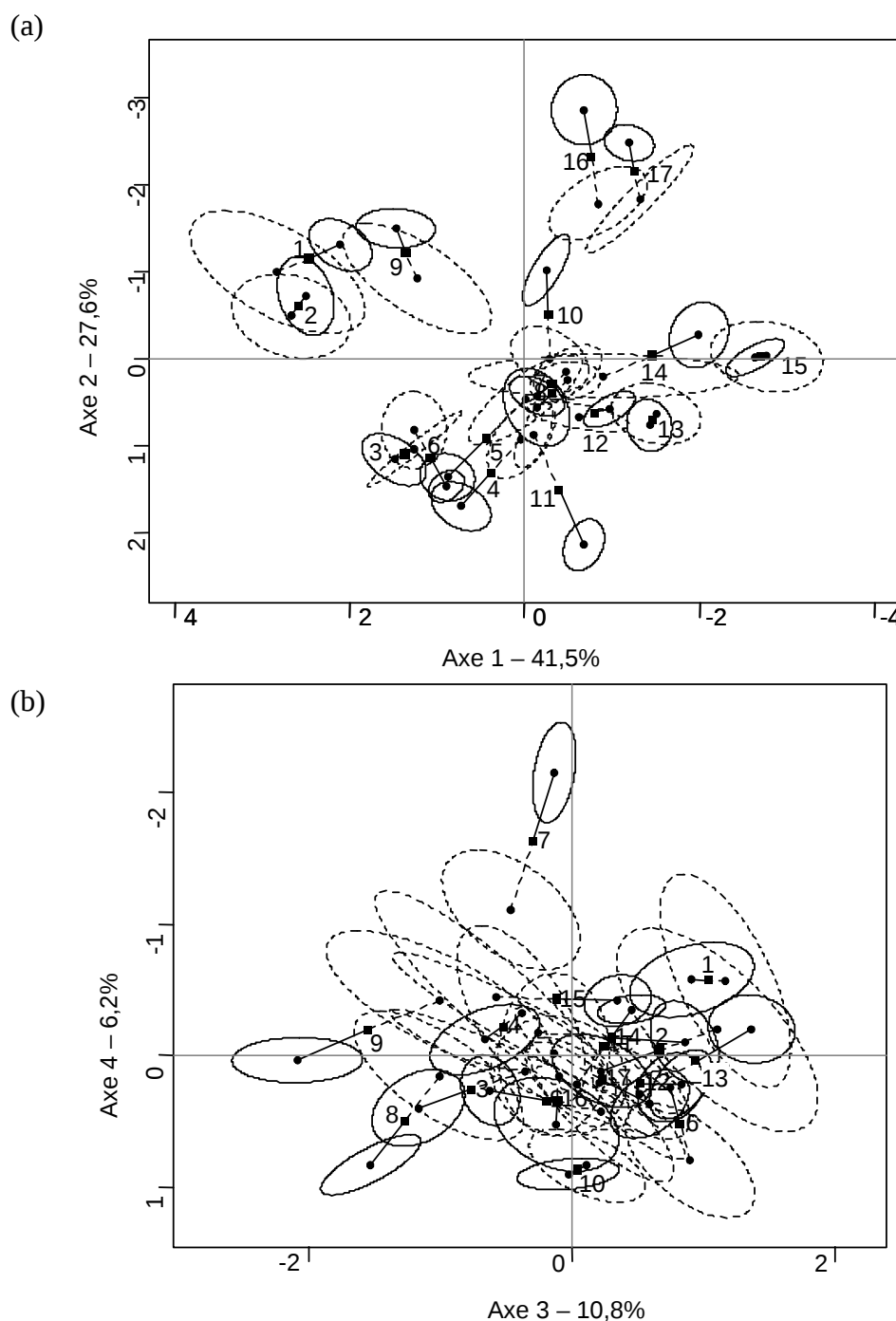


Figure 29 : Résultats de l'AFM comparant les points de vue des panels français et vietnamiens ayant généré leurs descripteurs (généré_FR et généré_VN). Représentation superposée des 17 produits moyens (■) et des produits vus par le panel français et par le panel vietnamien dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4. Autour des produits partiels des français (—) et des vietnamiens (----) sont représentées des ellipses de confiance à 95% créées par ré-échantillonnage au sein de chaque panel.

5.2. Cercle des corrélations

La représentation simultanée des descripteurs des deux panels généré_FR et généré_VN (Figure 30) permet d'identifier les descripteurs qui ont été utilisés de manière similaire.

Dans le plan 1x2, une grande partie des descripteurs des panels généré_FR généré_VN peuvent être reliés : 16 sur 24 pour le panel généré_FR et 18 sur 22 pour le panel généré_VN.

Ainsi, le descripteur *élastique (avant mise en bouche)* est relié au descripteur *đàn hồi (élastique, avant mise en bouche)*, bien que ces deux descripteurs n'aient pas été évalués de la même manière : en France il a été évalué en étirant le produit comme un élastique, alors qu'au Vietnam les sujets ont évalué dans quelle proportion le produit reprend sa forme après déformation. Le descripteur *caoutchouteux (en bouche)* est relié au descripteur *dai (coriace, en bouche)*. Le descripteur *glissant (en bouche)* est relié au descripteur *trơn (glissant, en bouche)*. Le descripteur *glissant (avant mise en bouche)* est relié aux descripteurs *trơn láng (glissant, avant mise en bouche)* et *có nước (eau en surface, visuel)*. Le descripteur *lisse (visuel)* est relié au descripteur *bề mặt láng (lisse, visuel)* et opposé au descripteur *bề mặt có bọt (bulles d'air, visuel)*. Les descripteurs *nombre de morceaux (en bouche)* et *se coupe facilement (avant mise en bouche)* sont reliés au descripteur *dễ nhai (facile à mâcher, en bouche)*, même si dans ce cas les notions exprimées par les descripteurs français et vietnamiens semblent différentes sur le plan sémantique. Le descripteur *facilité à pénétrer (avant mise en bouche)* est relié au descripteur *dễ cắt (facile à couper, avant mise en bouche)*. Les descripteurs *rayable (avant mise en bouche)* et *fond (avant mise en bouche)* sont reliés à un ensemble de descripteurs vietnamiens exprimant le caractère pâteux et mou des produits : *dễ nát (pâte, en bouche)*, *dễ tan (fondant, en bouche)*, *dễ vỡ nát (facile à écraser, avant mise en bouche)* et *mềm (mou, en bouche)*. Le descripteur *pâteux(en bouche)* et son opposé *dur (en bouche)* sont reliés à un ensemble de descripteurs vietnamiens exprimant le caractère pâteux ou mou des produits : *nhão (pâteux, avant mise en bouche)*, *nhão (pâteux, en bouche)*, *mềm (mou, avant mise en bouche)*, *dính (collant, en bouche)*. Le descripteur *vibrant (avant mise en bouche)* et son opposé *ferme (avant mise en bouche)* sont reliés au descripteur *lỏng (avant mise en bouche)*. Le descripteur *eau en surface (visuel)* est relié au descripteur *có nước (eau en surface, visuel)*.

Dans le plan 3x4, les descripteurs des deux panels semblent moins bien reliés. Les descripteurs *opaque (visuel)* et *brillant (visuel)* ne sont que mal reliés aux descripteurs *bề mặt có bọt (bulles d'air, visuel)* et *trong (transparent, visuel)*. Ces descripteurs semblent n'avoir pas été utilisés exactement de la même manière par les deux panels. Le descripteur *facilité à démouler (avant mise en bouche)*, utilisé par les sujets du panel généré_FR pour isoler le produit 7 des autres (Figure 29 (b) et Figure 30(b)) n'a pas d'équivalent parmi les descripteurs vietnamiens du panel généré_VN.

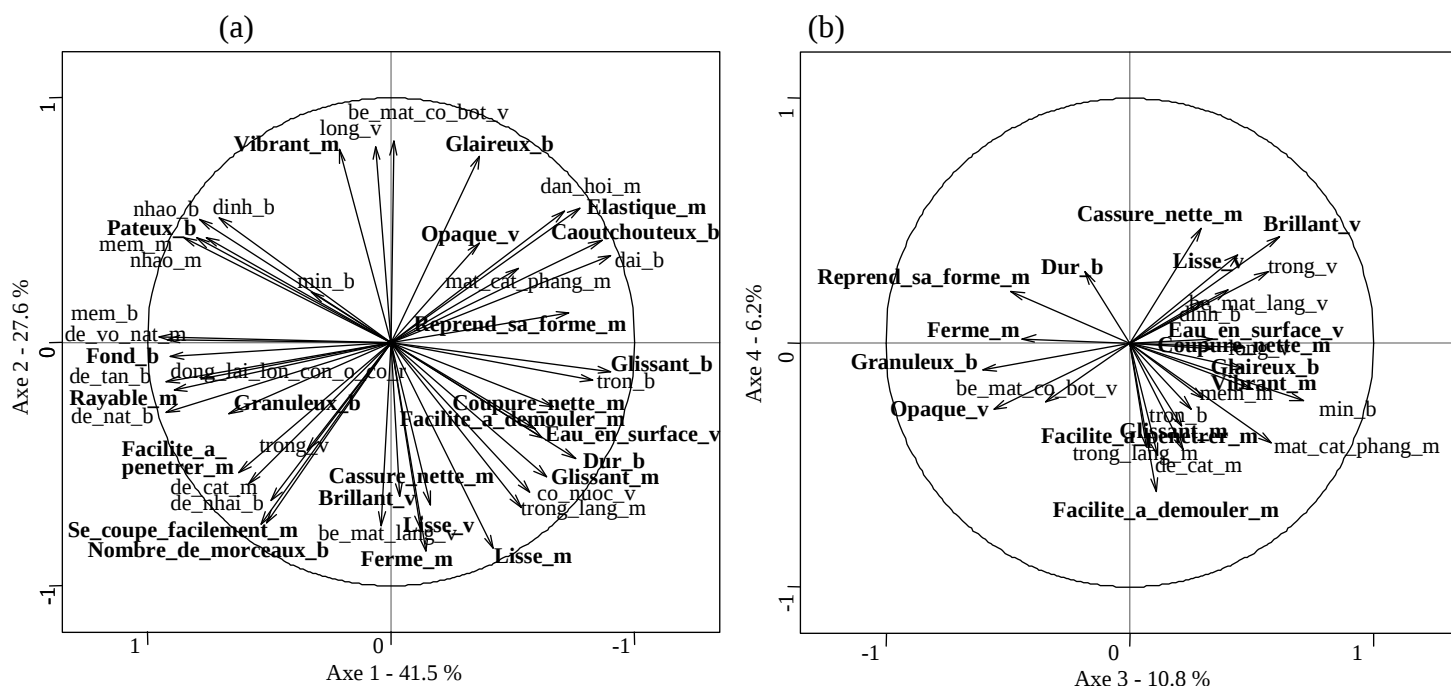


Figure 30 : Résultats de l'AFM comparant les points de vue des panels français et vietnamiens ayant généré leurs descripteurs (généré_FR et généré_VN). Représentation superposée des descripteurs du panel généré_FR (en gras) et des descripteurs du panel généré_VN dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4.

En conclusion, seul un nombre limité de descripteurs des deux panels ne sont pas reliés de manière simple à un descripteur de l'autre panel. Pour le panel généré_FR, il s'agit des descripteurs *opaque* (visuel), *brillant* (visuel), *reprend sa forme* (avant mise en bouche), *coupure nette* (avant mise en bouche), *facilité à démouler* (avant mise en bouche), *cassure nette* (avant mise en bouche), *granuleux* (en bouche), *glaireux* (en bouche) et *lisse* (avant mise en bouche). Pour le panel généré_VN, il s'agit des descripteurs *mịn* (*lisse, en bouche*) *động lại lợn cợn ở cổ* (*granuleux, impression résiduelle en bouche*) et *mặt cắt phẳng* (*coupure lisse, avant mise en bouche*).

6. Bilan des relations entre les profils des panels généré_FR et généré_VN

La comparaison des profils des panels généré_FR et généré_VN a montré qu'il existe une forte similarité au niveau des configurations des produits : les sujets des deux panels ont globalement identifié les mêmes grandes différences et similarités entre les produits. D'autre part, pour la majorité des descripteurs, il est possible de trouver un ou deux équivalents simples parmi les descripteurs de l'autre panel. Pour beaucoup de ces relations, il semble exister une similarité voire une équivalence sur le plan sémantique. Par exemple, le descripteur *glissant* (*en bouche*) du panel généré_FR est très proche sur le plan sémantique du descripteur *tron* (*glissant, bouche*) et ces descripteurs ont été utilisés de la même manière par

les deux panels.

Il semble donc possible de relier les profils panel généré_FR et généré_VN. Il existe cependant deux inconvénients dans cette approche. Le premier est que parmi les descripteurs des panels généré_FR et généré_VN, il demeure des descripteurs qui n'ont pas d'équivalent simple parmi les descripteurs de l'autre culture. Le deuxième est d'ordre sémantique. En effet, même lorsque des relations simples existent entre les descripteurs, le sens des descripteurs est parfois différent. Par exemple, les descripteurs *nombre de morceaux (en bouche)* et *se coupe facilement (avant mise en bouche)* sont reliés au descripteur *dễ nhai (facile à mâcher, en bouche)*. Or les notions associées à ces descripteurs ne sont pas parfaitement homologues.

Partie 5 : Résultats : transfert de descripteurs sensoriels d'une culture à une autre

Dans cette partie nous comparons les résultats des panels de profil conventionnel généré_FR et imposé_VN qui ont généré leurs propres descripteurs à ceux des panels de profil conventionnel imposé_VN et imposé_FR qui ont appris les descripteurs traduits des deux premiers panels. Nous cherchons à répondre à la question : est-ce qu'il a été possible de transférer les descripteurs sensoriels d'une part du panel généré_FR au panel imposé_VN et d'autre part du panel généré_VN au panel imposé_FR ?

Pour tenter de répondre à cette question, nous comparons les résultats des panels imposé_FR et imposé_VN à ceux des panels généré_VN et généré_FR selon les critères suivants : les performances des panels, les différences interindividuelles entre les sujets, la dimensionnalité de l'espace produit, le degré de similarité entre les configurations des produits et enfin les corrélations linéaires simples entre les descripteurs homologues.

Chapitre 1 : Performances des panels

De manière générale, l'examen des résultats des ANOVA à trois facteurs (produit, sujet, séance) avec interactions ont montré que les performances des deux panels imposé_FR et imposé_VN ont été satisfaisantes. Les deux panels ont discriminé les produits avec l'ensemble de leurs descripteurs (au seuil 0,1%). L'effet séance n'est significatif que pour un descripteur pour le panel imposé_FR (au seuil 0,1%) et n'est significatif pour aucun descripteur pour le panel imposé_VN (au seuil 0,1%) : il n'y a donc pas eu de différences systématiques d'une séance à une autre. L'effet sujet est significatif pour tous les descripteurs des panels imposé_FR et imposé_VN au seuil 0,1% (sauf un descripteur du panel imposé_VN, significatif au seuil 1%). L'interaction produit x sujet est très souvent significative (au seuil 0,1%) : 14 descripteurs sur 22 pour le panel imposé_FR et 15 descripteurs sur 24 pour le panel imposé_VN. Ceci indique que les sujets ont évalué les produits différemment.

De manière plus globale, nous avons comparé les pouvoirs discriminants des panels imposé_FR et imposé_VN à ceux des panels généré_VN et généré_FR à l'aide du F_{produit} de la MANOVA. Etant donné le nombre différent de sujets dans les différents panels, nous avons choisi d'effectuer des simulations (voir page 111), en prenant 7 sujets pour comparer les performances des panels généré_VN et imposé_FR et 13 sujets pour comparer les performances des panels généré_FR et imposé_VN.

Dans les deux cas, le pouvoir discriminant du panel ayant généré ses propres descripteurs est plus élevé que le pouvoir discriminant du panel ayant appris les descripteurs. En effet, le panel généré_FR a un pouvoir discriminant plus élevé que celui du panel imposé_VN (le F_{produit} vaut respectivement $18,27 \pm 0,42$ et $11,56$), et le panel généré_VN a également un pouvoir discriminant légèrement supérieur à celui du panel imposé_FR (le F_{produit} vaut respectivement $6,76$ et $6,41 \pm 1,39$).

Globalement, les performances des panels imposé_FR et imposé_VN sont satisfaisantes : les panels ont bien discriminé les produits et ont été répétables, même si le consensus entre les sujets n'est pas parfait. Par ailleurs, nous avons montré que le pouvoir discriminant global des panels ayant appris les descripteurs traduits est toujours moins élevé que celui des panels ayant généré leurs propres descripteurs.

Chapitre 2 : Différences interindividuelles

Nous avons comparé les similarités entre les configurations individuelles des sujets d'une part pour les panels généré_FR et imposé_VN et d'autre part pour les panels généré_VN et imposé_FR.

En considérant les résultats des panels généré_FR et imposé_VN, nous avons trouvé que le degré d'accord entre les sujets est plus élevé pour les sujets qui ont généré eux-mêmes leurs propres descripteurs par rapport aux sujets qui ont appris les descripteurs traduits. En effet, le coefficient RV moyen entre les sujets du panel généré_FR ($0,86 \pm 0,04$) est significativement plus élevé ($t = 6,59$, $ddl = 25$, $p < 0,001$) que le coefficient RV moyen entre les sujets du panel imposé_VN ($0,76 \pm 0,06$).

A l'inverse, nous avons observé que le coefficient RV moyen entre les sujets du panel généré_VN ($0,71 \pm 0,08$) est significativement plus faible ($t = 3,84$, $ddl = 30$, $p < 0,001$) que le coefficient RV moyen entre les sujets du panel imposé_FR ($0,78 \pm 0,07$).

D'une manière plus globale, les différences entre les sujets des panels généré_FR et imposé_VN d'une part (Figure 31 a) ou entre les sujets des panels généré_VN et imposé_FR (Figure 31 b) d'autre part sont assez peu marquées : dans les deux cas, la valeur de la première composante principale est élevée, et on observe un recouvrement partiel entre les

deux nuages de points. Les différences constatées ici sont moins importantes que celles constatées entre les sujets des panels généré_FR et généré_VN (Figure 28).

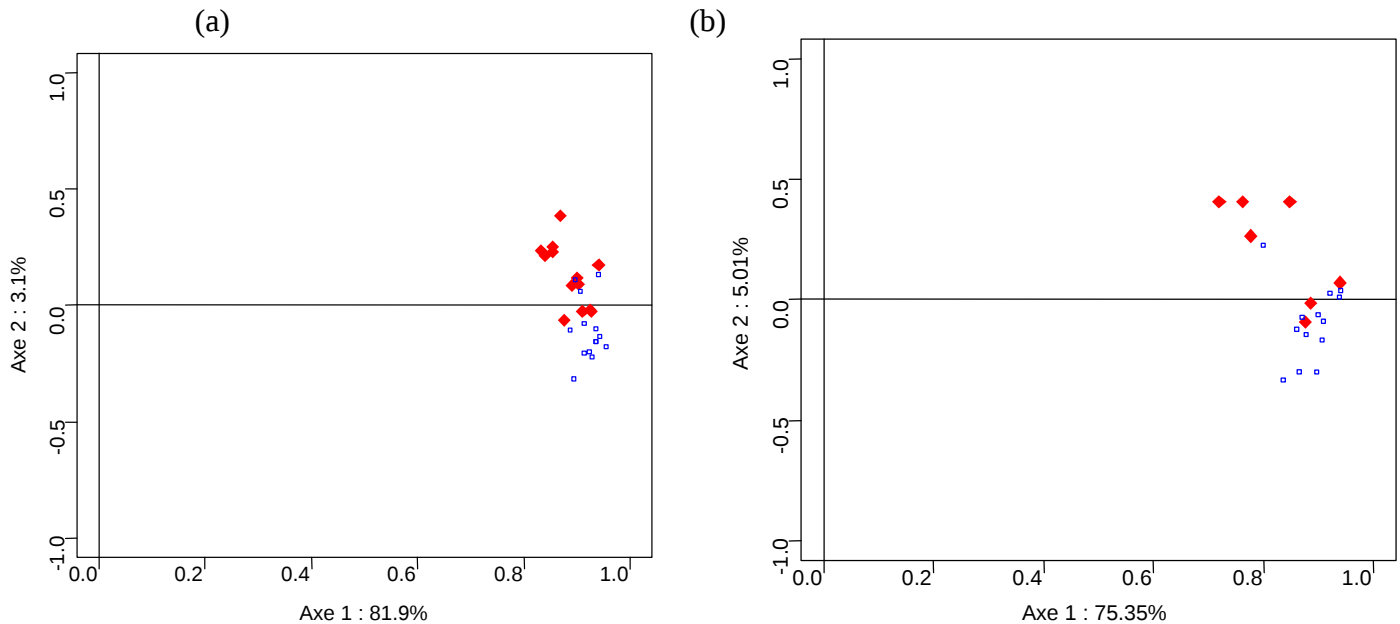


Figure 31 : (a) ACP de la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujets du panel généré_FR ($\square$) et les sujets du panel imposé_VN ($\blacklozenge$) confondus ; (b) ACP de la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujets du panel généré_VN ($\blacklozenge$) et les sujets du panel imposé_FR ($\square$) confondus.

Chapitre 3 : Dimensionnalité de l'espace produit

A l'échelle des sujets, nous avons trouvé que la dimensionnalité de l'espace produit était la même d'une part pour les sujets des panels généré_FR et imposé_VN (Tableau 19 ; $\chi^2(3) = 6,86, p > 0.05$) et d'autre part pour les sujets des panels généré_VN et imposé_FR (

A l'échelle du panel, la dimensionnalité de l'espace produit est égale à 4 pour les deux panels imposé_FR et imposé_VN (selon la règle de la valeur propre supérieure à 1).

Tableau 20 ; $\chi^2(3) = 4,61, p > 0.05$).

Tableau 19 : Classification des sujets des profils conventionnels généré_FR et imposé_VN en fonction de la dimensionnalité de l'espace-produit (de 4 à 7).

	Dimensionnalité de l'espace produit				
	4	5	6	7	total
sujets du panel généré_FR	3	6	5	0	14
sujets du panel imposé_VN	1	9	2	1	13
total	4	15	7	1	27

A l'échelle du panel, la dimensionnalité de l'espace produit est égale à 4 pour les deux panels imposé_FR et imposé_VN (selon la règle de la valeur propre supérieure à 1).

Tableau 20 : Classification des sujets des profils conventionnels généré_VN et imposé_FR en fonction de la dimensionnalité de l'espace-produit (de 3 à 6).

	Dimensionnalité de l'espace produit				
	3	4	5	6	total
sujets du panel généré_VN	1	0	3	3	7
sujets du panel imposé_FR	0	4	6	3	13
total	1	4	9	6	20

Chapitre 4 : Degré de similarité entre les configurations des produits

La comparaison des configurations des produits à l'aide des coefficients RV et NRV indique une très forte similarité globale aussi bien entre les configurations des panels généré_FR et imposé_VN ($RV = 0,95$ et $NRV = 10,7$, $p < 0,05$) qu'entre les configurations des panels généré_VN et imposé_FR ($RV = 0,89$ et $NRV = 10,1$, $p < 0,05$).

Pour affiner notre comparaison, nous avons réalisé une AFM d'une part pour comparer les configurations des panels généré_FR et imposé_VN (Figure 32) et d'autre part pour comparer les configurations des panels généré_VN et imposé_FR (Figure 33). Pour les panels généré_FR et imposé_VN (Figure 32), l'AFM confirme qu'il existe une très grande similarité entre les deux configurations, aussi bien dans les plans 1x2 que 3x4. Pour les panels généré_VN et imposé_FR (Figure 33), on note cependant une moins bonne correspondance entre les deux configurations, surtout dans le plan 3x4. Ceci laisse supposer une utilisation différente des descripteurs.

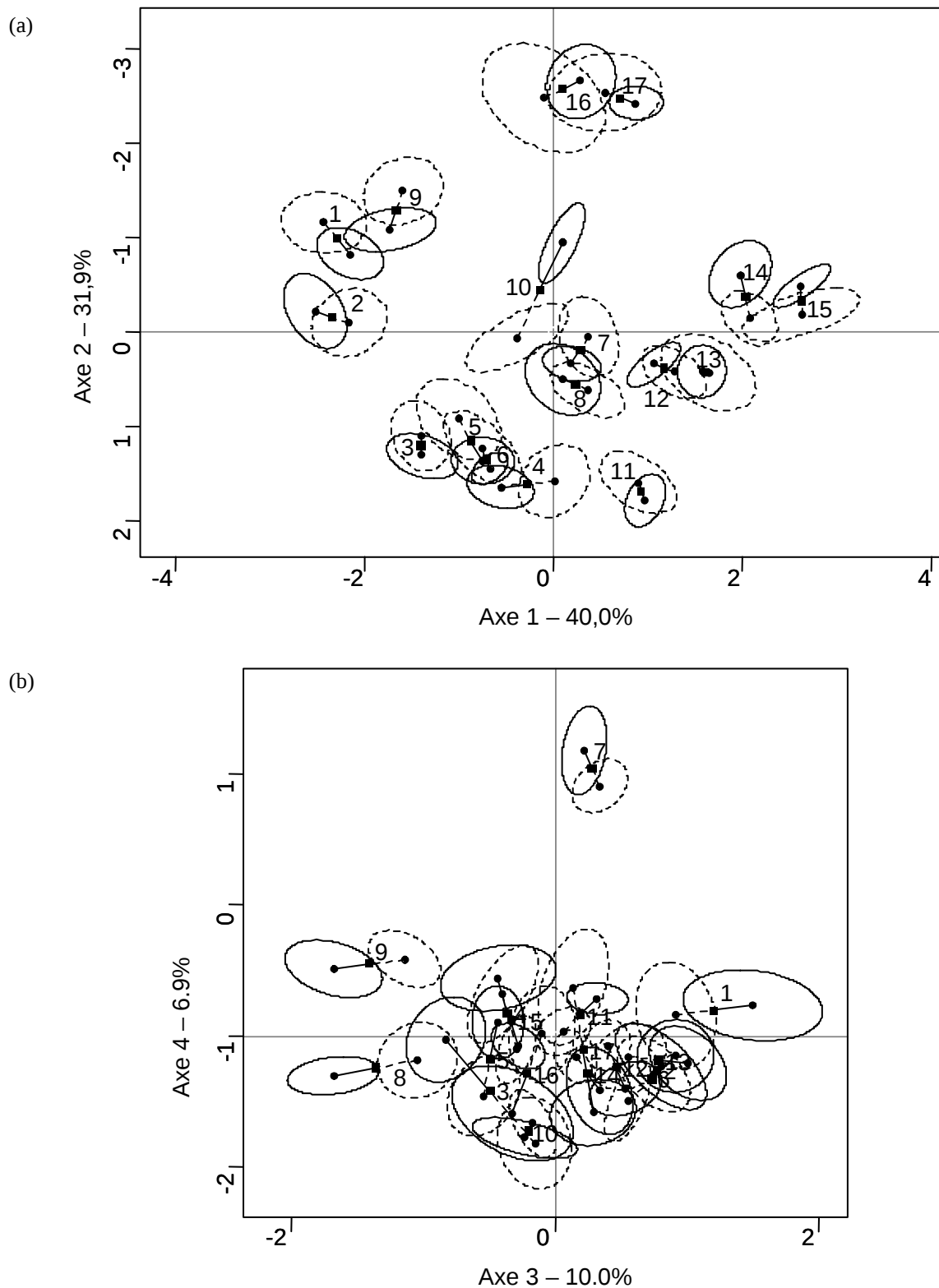


Figure 32 : Résultats de l'AFM comparant les points de vue des panels généré_FR et imposé_VN). Représentation superposée des 17 produits moyens (■) et des produits vus par le panel français et par le panel vietnamien dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4. Autour des produits partiels des français (—) et des vietnamiens (---) sont représentées des ellipses de confiance à 95% créées par ré-échantillonnage au sein de chaque panel.

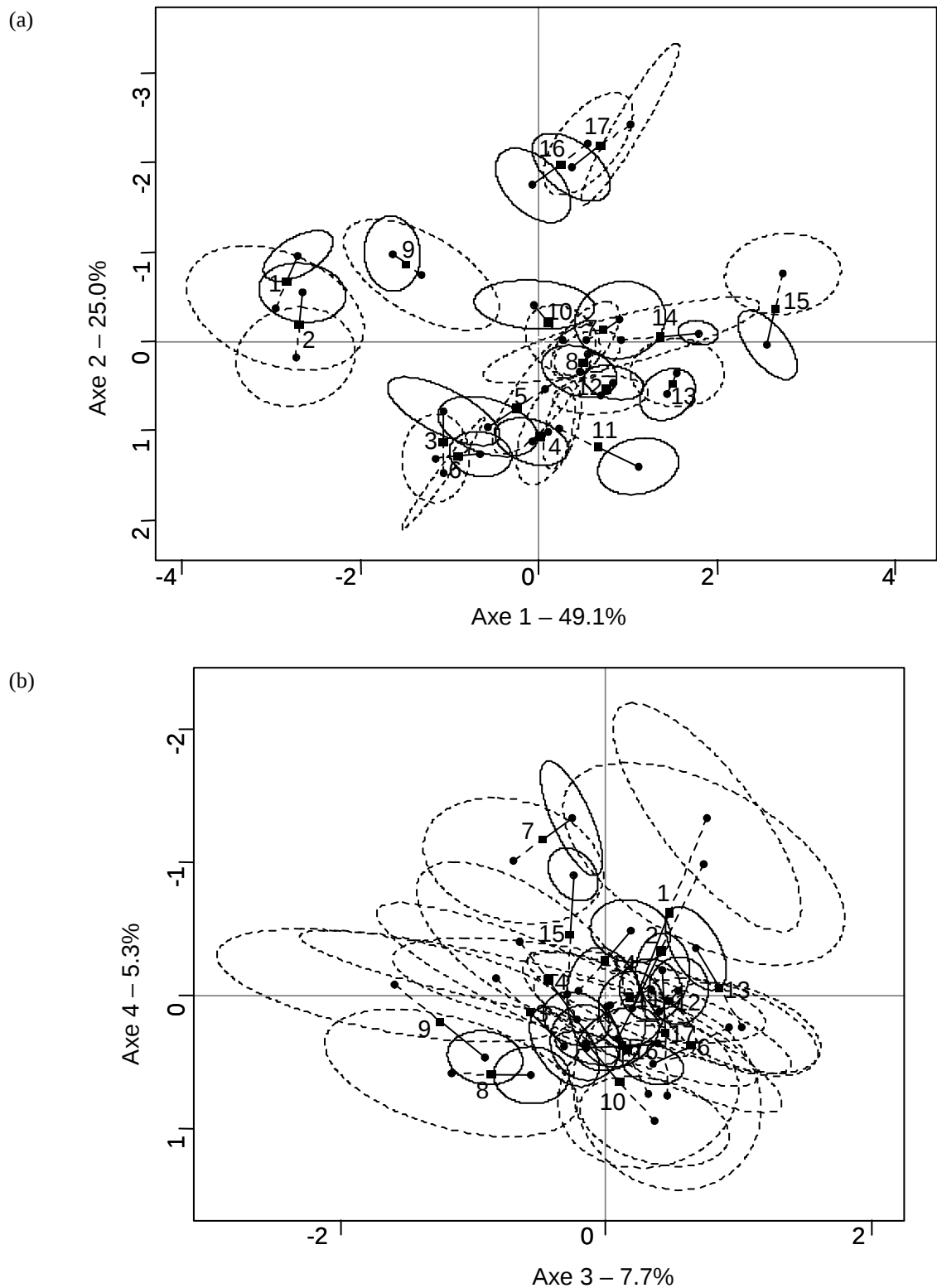


Figure 33 : Résultats de l'AFM comparant les points de vue des panels *général_VN* et *imposé_FR*.
 Représentation superposée des 17 produits moyens (■) et des produits vus par le panel français et par le panel vietnamien dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4. Autour des produits partiels des français (—) et des vietnamiens (---) sont représentées des ellipses de confiance à 95% créées par ré-échantillonnage au sein de chaque panel.

Chapitre 5 : Corrélations linéaires simples entre descripteurs homologues

Nous avons calculé les coefficients de corrélations linéaires simples entre descripteurs homologues, d'une part pour les panels généré_FR et imposé_VN, et d'autre part pour les panels généré_VN et imposé_FR.

Le R^2 moyen entre les descripteurs de généré_FR et imposé_VN ($0,84 \pm 0,12$) est significativement plus élevé ($t = 2,07$, ddl = 44, $p < 0,05$) que le R^2 moyen entre les descripteurs de généré_VN et imposé_FR ($0,71 \pm 0,27$). De plus, tous les R^2 entre descripteurs homologues sont significatifs entre les panels généré_FR et imposé_VN, alors que pour les panels généré_VN et imposé_FR, le R^2 est non significatif pour deux descripteurs : *đong lại lợn cợn ở cổ* (impression de granuleux résiduel dans la gorge, résiduel) et *mịn* (lisse, en bouche).

Chapitre 6 : Bilan

D'une manière globale, les résultats montrent que la traduction et le transfert des descripteurs d'une culture à une autre a été satisfaisant, aussi bien dans le sens France → Vietnam que dans le sens Vietnam → France, comme en témoignent les faibles différences interindividuelles entre sujets de panels homologues, ou encore le degré de similarité élevé entre les configurations des produits des panels homologues.

Cependant, un certain nombre d'éléments semblent suggérer, à première vue, que le transfert de descripteurs ait été meilleur dans le sens France → Vietnam que dans le sens Vietnam → France. En particulier, le degré de similarité entre les configurations des panels homologues est plus fort dans le sens France → Vietnam que dans l'autre sens, et le R^2 entre descripteurs homologues est plus fort également dans le sens France → Vietnam. Cela signifierait que lors du transfert de descripteurs depuis le panel généré_VN vers le panel imposé_FR, des informations concernant les descripteurs auraient été perdues, par exemple à cause d'une mauvaise traduction. Cependant, comme nous l'avons signalé, les performances du panel généré_VN ont été moins bonnes par rapport à celles du panel imposé_FR. Il semble donc bien que le panel généré_VN, même s'il a défini lui-même ses propres descripteurs, a été moins discriminant que le panel imposé_FR, pour qui ces descripteurs étaient *a priori* plus difficiles à apprendre. Ceci nous amène à remettre en cause les performances du panel généré_VN par rapport aux autres panels.

En conclusion, la moins bonne qualité apparente du transfert de descripteurs dans le sens Vietnam → France que dans le sens France → Vietnam semble être dû à de moins bonne performances du panel généré_VN, plutôt qu'à une déficience lors du processus de transfert de descripteurs.

Partie 6 : Résultats : présentation des données instrumentales et prédiction des profils sensoriels des panels généré_FR et généré_VN par les données instrumentales

L'objectif de cette partie est d'étudier s'il est possible de prédire les profils sensoriels des deux panels généré_FR et généré_VN par des mesures instrumentales à l'aide de modèles PLS2.

Dans le premier chapitre, nous nous intéresserons aux mesures instrumentales en elles-mêmes et aux informations qu'elles nous apportent sur l'espace produit. Dans le deuxième chapitre, nous explorerons en détail les modèles prédictifs et les relations existantes entre les descripteurs sensoriels des deux panels généré_FR et généré_VN d'une part et les variables instrumentales d'autre part.

Chapitre 1 : Présentation des données instrumentales

Dans ce chapitre, nous présenterons de manière exhaustive les résultats des mesures instrumentales selon les familles de tests : les mesures de spectrocolorimétrie, de synérèse, puis les mesures concernant la texture des produits (mesures de relaxation, de back extrusion puis de pénétration).

Dans notre présentation, une plus grande attention sera portée aux mesures de back extrusion et de pénétration, puisqu'elles ont fait l'objet de mesures à différentes conditions de température et de lubrification : nous évaluerons quelle est l'influence de ces deux facteurs (température et lubrification du produit) sur la mesure de la texture des produits. Pour les variables instrumentales de back extrusion et de pénétration, nous nous attacherons également à réduire le nombre de variables, afin de ne retenir que celles qui apportent une information non redondante.

Une fois que les variables instrumentales issues des différents tests auront été présentées de manière exhaustive, nous effectuerons une sélection des variables instrumentales les plus fortement reliées aux descripteurs sensoriels en vue de l'établissement des modèles prédictifs dans le chapitre 2.

1. Mesures de spectrocolorimétrie en mode transmission

Les valeurs des coordonnées cylindriques des 17 produits sur L^* , C^* et h^* sont représentées Figure 34. Les résultats des ANOVA montrent que l'effet produit est très significatif ($p < 0,001$) pour les 3 variables.

Les moyennes de L^* , C^* et h^* pour les 17 produits sont de 74,0, 47,9 et 14,3. Une

valeur de clarté L de 74,0 correspond à une couleur plutôt élevée, sur une échelle de 0 (noir) à 100 (blanc). La couleur est donc relativement pâle. Une valeur de saturation de 47,9 correspond à une valeur plutôt élevée. La couleur est donc plutôt vive. Enfin, la teinte $h=14,3$ correspond au rouge, ce qui était attendu étant donné que le colorant utilisé était le rouge carmin. Le fait que la couleur est pâle rend en l'apparence des produits plutôt rose.

On remarque que les variables L^* et h^* permettent de mieux discriminer les produits que la variable C^* (Figure 35). La différence ΔE entre deux couleurs peut être considérée comme « difficilement perceptible » lorsque ΔE est inférieur à 3 (Hardeberg, 1999, p. 22, citant Abrardo *et al.*, 1996). Entre les produits 8 et 7, qui sont les deux produits pour lesquels la différence semble être la plus importante, différence entre les deux couleurs ΔE vaut 6,94, ce qui largement perceptible pour l'homme. Si nous prenons deux produits plus proches, comme 16 et 10, le ΔE vaut 0,75. Une telle différence n'est pas perceptible pour l'homme. Le ΔE entre les produits 9 et 2 vaut 2,46, ce qui est difficilement perceptible pour l'homme.

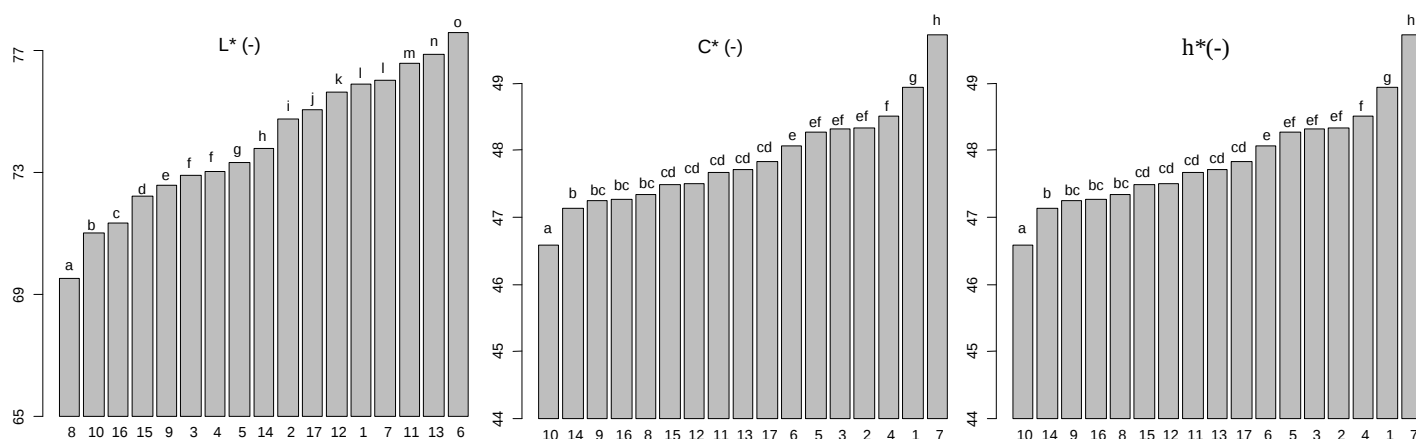


Figure 34 : Valeurs des 3 variables de spectrocolorimétrie L^* , C^* , h^* pour les 17 produits. Pour une variable donnée, deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$)

On peut donc émettre l'hypothèse que si les sujets ont perçu des différences de couleur entre les produits, ces différences devraient plutôt être liées aux paramètres L^* et h^* , selon un axe qui va du produit 8 aux produits 7 et 6. Les produits les moins clairs (produits 8, 10, 16 et 15) comportent de la caroube, qui contient des particules résiduelles à l'origine du trouble des gels.

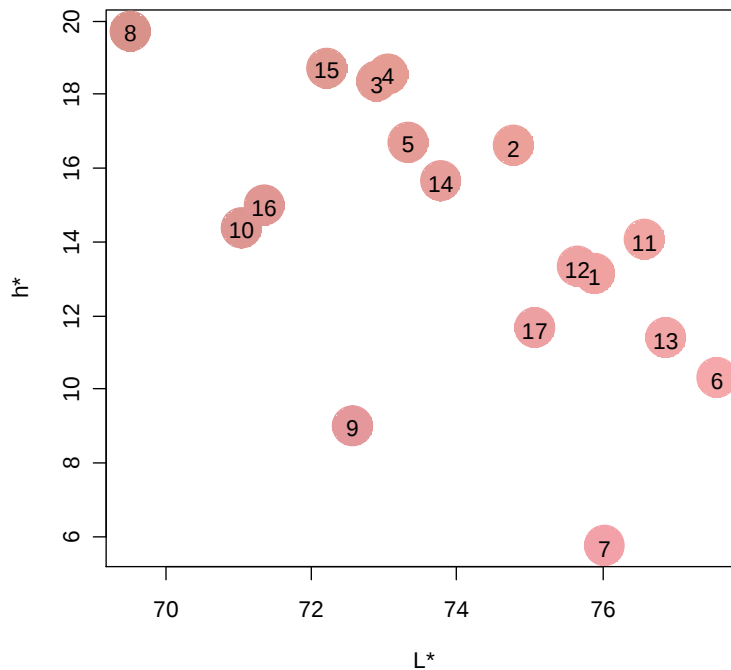


Figure 35 : Représentation des 17 produits dans le plan $L^* \times h^*$. Les couleurs des produits sur la figure représentent de la manière la mieux approchée possible les couleurs réelles des produits telles qu'elles ont été mesurées en spectrocolorimétrie.

Par la suite, les variables seront notées « S_L », « S_C » et « S_h », la première lettre « S » indiquant que les variables se rapportent à la spectrocolorimétrie.

2. Mesures de synérèse

Les valeurs de synérèse pour les 17 produits sont représentées Figure 36. Les résultats de l'ANOVA montrent que l'effet produit est très significatif ($p < 0,001$).

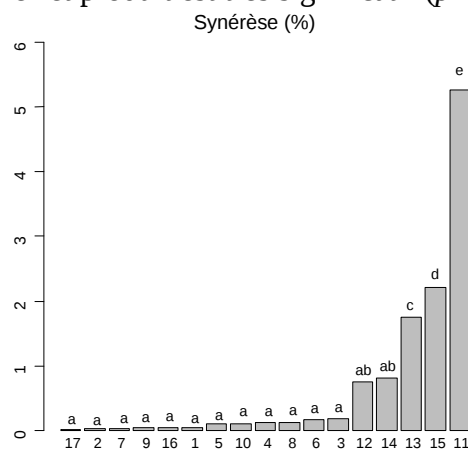


Figure 36 : Synérèse des 17 produits. Deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$)

Les gels formulés à base de carraghénanes (produits 11, 12, 13, 14, 15) exsudent beaucoup plus de liquide que les autres produits (entre 0,8 % pour le produit 12 et 5,3 % pour le produit 11). Le produit 11, formulé à partir de carraghénanes seuls est le produit qui exsude le plus de liquide alors que les produits qui comportent également des gommages ont une

synérèse moins importante, comme cela est couramment rapporté dans la littérature (Lapasin et Pricl, 1995). Les autres produits ont une synérèse très faible, voire nulle. Par la suite, la variable de synérèse sera notée « Syn ».

3. Comportement rhéologique des produits

3.1. Mesures de relaxation

Les résultats obtenus les 2 variables de relaxation du modèle de Peleg pour les 17 produits sont présentés Figure 37. Les résultats des ANOVA réalisées pour les 2 variables de relaxation montrent que l'effet produit est très significatif ($p < 0,001$). Comme les variables instrumentales sont toutes discriminantes, elles sont toutes conservées à cette étape du travail.

Pour la variable k_1 , on remarque 5 produits qui ont des valeurs significativement plus élevées : les produits 1, 2, 7, 16 et 17. Pour ces produits, la force diminue peu dans les premiers instants de la relaxation, contrairement aux autres produits. Toutes les valeurs de k_2 sont supérieures à 1, confirmant que tous les produits ont un comportement solide à 4°C. Les produits 7, 16 et 17 produits ont des valeurs de k_2 plus élevées que les autres produits. Pour ces produits, même après une relaxation longue, la force a peu diminué. Ces produits seraient donc les plus élastiques.

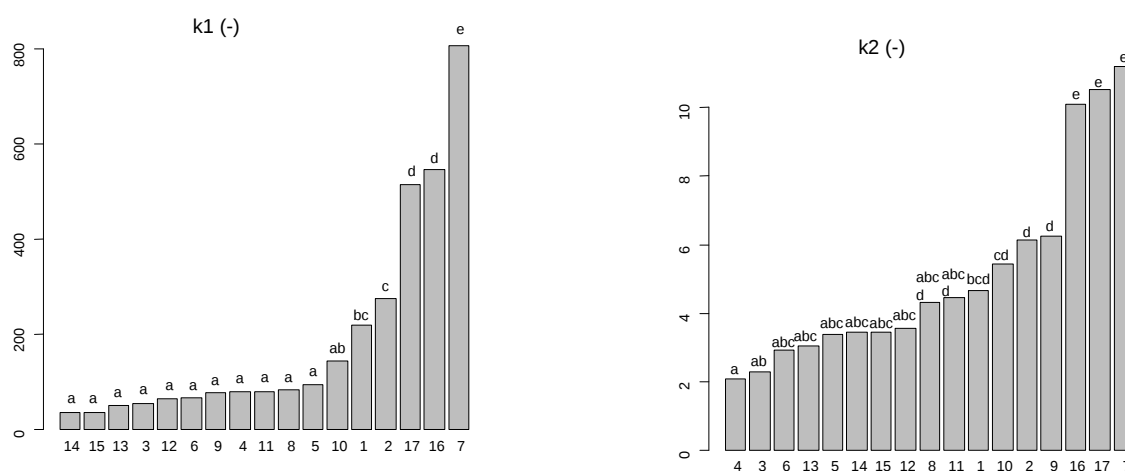


Figure 37 : Valeur des paramètres de relaxation k_1 et k_2 pour les 17 produits. Deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$)

Par la suite, les variables de relaxation seront notées « R_k1 » et « R_k2 », la première lettre « R » indiquant que les variables se rapportent au test de relaxation.

3.2. Mesures de back extrusion

Nous allons dans un premier temps faire un bilan des valeurs obtenues avec les variables de back extrusion, puis nous ferons une analyse globale des effets produit, température (les produits ont été évalués aux températures 4°C, 15°C, 25°C et 35°C) et lubrification (avec ou

sans lubrification). Dans un troisième temps, nous créons une nouvelle variable instrumentale rendant compte de l'influence de la température. Enfin, nous étudierons les éventuelles corrélations entre les variables de back extrusion, et nous réduirons leur nombre pour ne retenir que les plus pertinentes.

3.2.1. Bilan des valeurs

Dans un premier temps, nous présentons les résultats obtenus avec la condition « 4°C, sans lubrification » pour les 13 variables de back extrusion (Figure 38). Les résultats des ANOVA réalisées pour chacune des 13 variables de back extrusion pour la condition 4°C sans lubrification, montrent que l'effet produit est très significatif ($p < 0,001$). Seule la variable G_RDf est significative au seuil 0,05. Des résultats similaires ont été trouvés pour la condition 4°C avec lubrification. Comme les variables instrumentales sont toutes discriminantes, elles sont toutes conservées à cette étape du travail.

On remarque que pour 5 variables (D_rup, D_per, D_A, U_per et U_A), certains produits se détachent fortement des autres. Pour D_rup, D_per et D_A, le produit 15 est systématiquement très différent des autres : pendant la phase de descente, ce produit a une force à la rupture, un périmètre de courbe et une aire sous la courbe élevés. Le produit 15 a donc une force à la rupture élevée, et oppose une résistance beaucoup plus importante que les autres produits pendant la phase de descente du piston. Pour les variables U_per et U_A, les produits 7 et 9 ont des valeurs significativement supérieures aux autres produits. Lors de la phase de descente du piston, les produits 7 et 9 sont cassés en morceaux. Comme ces produits sont formulés à base de gélatine, ils ont la propriété d'adhérer fortement aux parois avec lesquelles ils sont en contact. Lors de la phase de remontée du piston, les morceaux adhèrent fortement aux parois de la cellule de back extrusion, à la surface du piston et les morceaux adhèrent également entre eux. Ce phénomène permet d'expliquer que l'énergie nécessaire à la remontée du piston est beaucoup plus élevée pour ces produits que pour les autres produits.

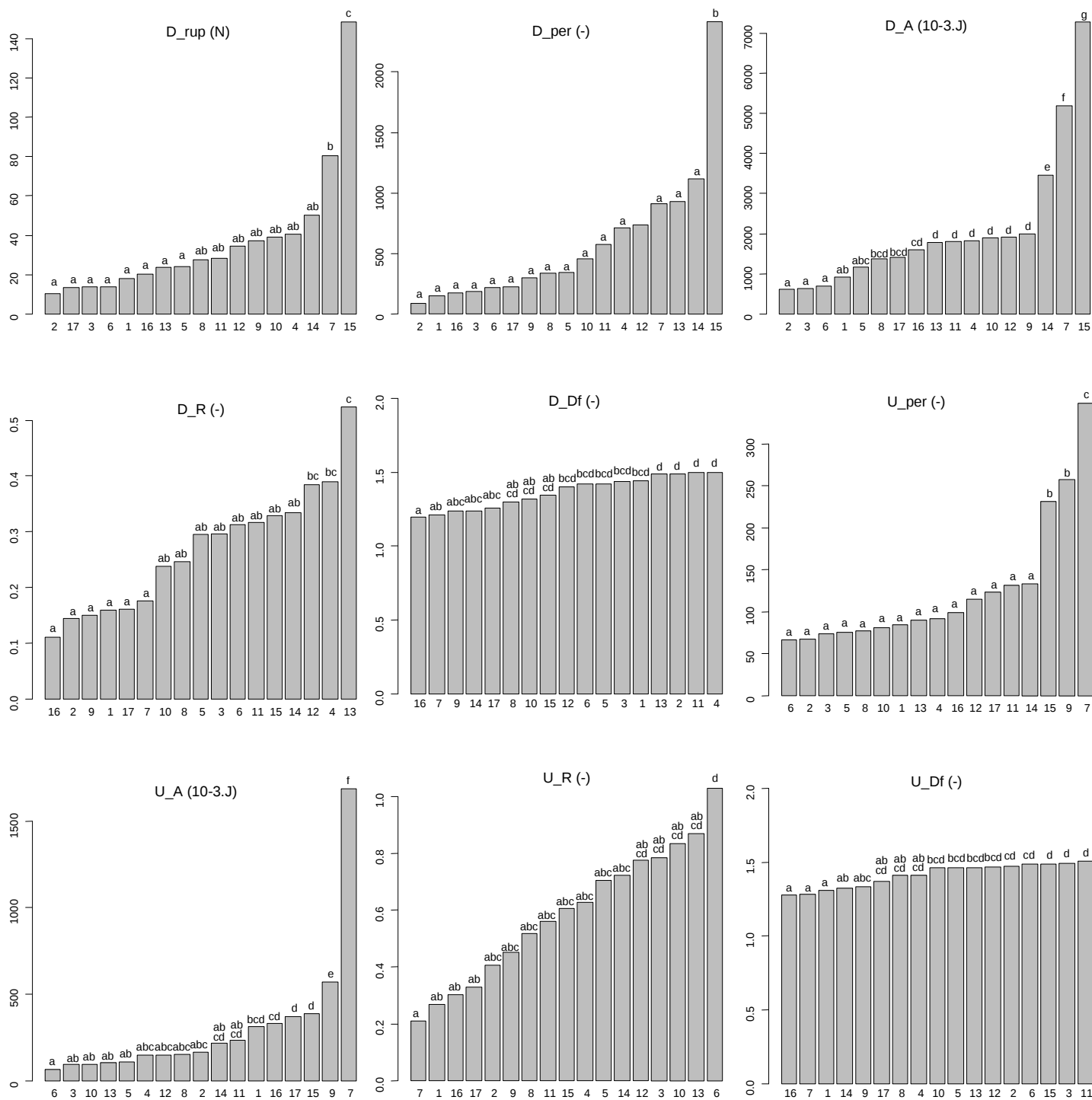


Figure 38 : Valeurs des 13 variables de back extrusion pour les 17 produits, pour la condition 4°C sans lubrification. Pour une variable donnée, deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$)

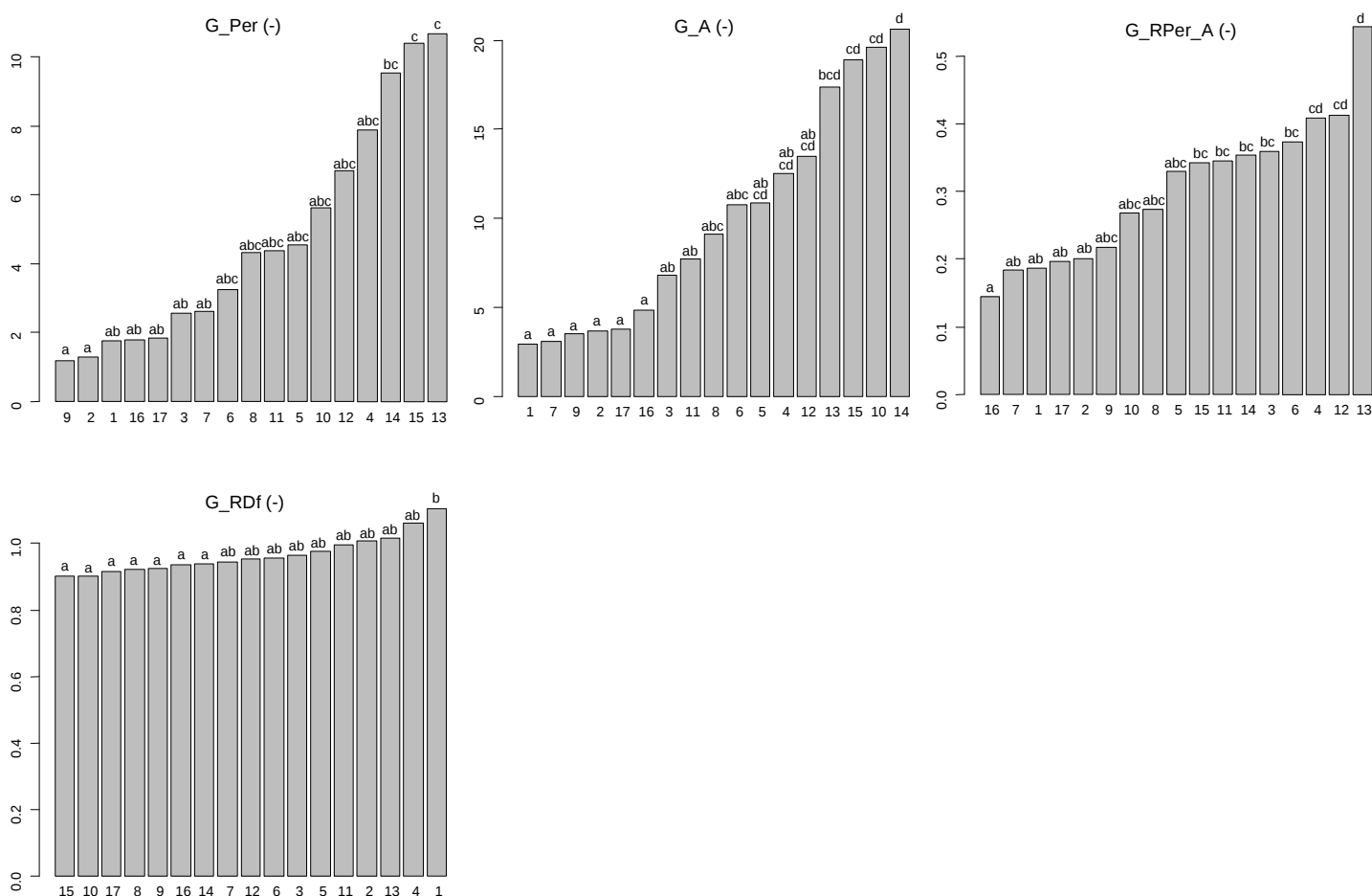


Figure 38 (suite) : Valeurs des 13 variables de back extrusion pour les 17 produits, pour la condition 4°C sans lubrification. Pour une variable donnée, deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$)

Les produits présentent des propriétés rhéologiques larges. Nous avons vu les résultats pour une condition, 4°C sans lubrification. Nous devons maintenant déterminer les effets de la lubrification et de la température sur la mesure de la texture avec les 13 variables de back extrusion.

3.2.2. Analyse globale des effets produit, température et lubrification

Afin d'évaluer l'importance des effets produit (17 produits), température (4°C, 15°C, 25°C et 35°C) et lubrification (avec ou sans), une MANOVA a été réalisée selon le modèle suivant :

$$\text{Équation 5} \quad Y \sim \text{prod} + \text{temp} + \text{lub} + \text{prod} \times \text{temp} + \text{prod} \times \text{lub} + \text{temp} \times \text{lub}$$

où Y est la matrice formée par les 13 variables de back extrusion en colonne et en ligne les produits, prod est le facteur produit, temp le facteur température, lub le facteur lubrification, et « x » dénote l'interaction entre deux facteurs.

Les résultats de la MANOVA sont présentés dans le Tableau 21. Ils montrent que tous

les effets et leurs interactions sont très significatifs ($p < 0,01$). Il est donc possible de discriminer les produits à l'aide des variables de back extrusion sélectionnées. Les effets de la température et de la lubrification sont également tous les deux significatifs.

Il est intéressant de remarquer que les deux interactions produit x température et produit x lubrification sont significatives. Cela signifie que tous les produits ne sont pas influencés de la même façon par la température et par la lubrification. Cependant, l'interaction produit x température est beaucoup plus importante que l'interaction produit x lubrification ($\Lambda_{\text{prod x temp}} = 7,844.10^{-7}$ et $\Lambda_{\text{prod x lub}} = 1,92.10^{-1}$).

Tableau 21 : Résultats de la MANOVA pour l'analyse globale des effets produit, température, lubrification et leurs interactions pour les mesures de back extrusion: test du lambda de Wilk.

Facteur	ddl	Λ de Wilk	F approximé	num ddl	den ddl	p-value
prod	16	2,113E-08	40,141	208	1774,54	<2,2.10-16
temp	3	0,002	104,219	39	510,08	<2,2.10-16
lub	1	0,668	6,562	13	172	4,429.10-10
prod x temp	48	7,844E-07	7,317	624	2213,68	<2,2.10-16
prod x lub	16	0,192	1,505	208	1774,54	1,3.10-5
temp x lub	3	0,663	1,945	39	510,08	7,407.10-4

L'influence de la température sur l'évolution de la configuration des produits a été évaluée en réalisant une AFM sur les données avec lubrification, en regroupant les variables selon les 4 températures 4°C, 15°C, 25°C et 35°C. Les résultats de cette AFM sont présentés Figure 39. Seules les deux premières composantes, qui expliquent 70,2% de l'information, sont représentées. Nous constatons que l'influence de la température est importante, car elle modifie de manière notable la structure de l'espace produit. Ceci confirme les résultats de la MANOVA : tous les produits ne sont pas affectés de la même façon par la température. Nous n'interprétons pas pour l'instant les différences observées entre les produits sur la carte d'AFM.

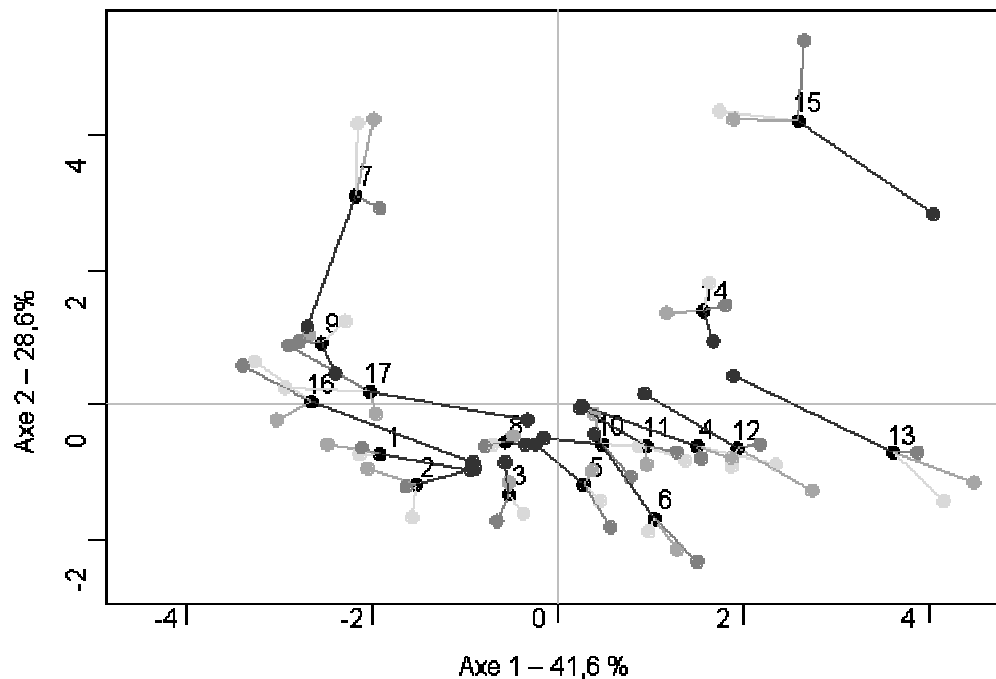


Figure 39 : Résultats de l'AFM comparant les configurations de l'espace produit aux 4 niveaux de températures avec les mesures de back extrusion, pour la condition « avec lubrification ». Représentation superposée des 17 produits moyens (●) et des produits à 4°C (●), 15°C (●), 25°C (●) et 35°C (●) dans le plan 1x2.

Afin de visualiser de manière plus simple l'influence de la température sur la texture des produits, nous avons choisi de représenter l'évolution de la variable D_A (l'énergie nécessaire pour la descente du piston) pour les 17 produits aux 4 températures, pour la condition « avec lubrification » (Figure 40). Pour tous les produits, l'augmentation de la température entraîne une diminution de l'énergie nécessaire pour la back extrusion. Cette influence est plus ou moins importante selon les produits. Les produits 7 et 9, formulés à base de gélatine, subissent l'influence la plus marquée, puisqu'ils passent de l'état de gel à 4°C à l'état sol à 35°C. Certains produits, comme le gellan (produit 6) ou l'agar-agar (produit 3) ne subissent pratiquement pas l'effet de la température. Certains produits enfin, amorcent leur transition gel-sol, sans la finir (produits 8, 10, 11, 12, 13).

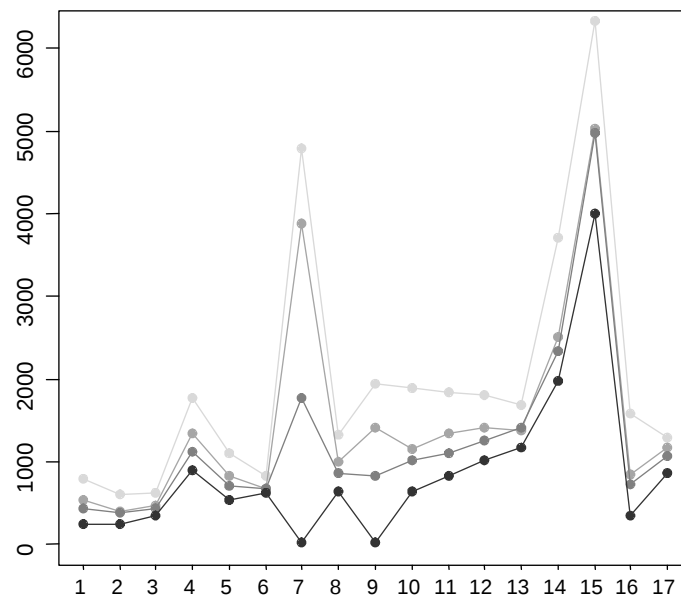


Figure 40 : Influence de la température sur la variable de back extrusion D_{rup} pour les 17 produits, pour la condition « avec lubrification ». Les 4 niveaux de température sont : 4°C (●), 15°C (●), 25°C (●) et 35°C (●). Chaque point est la moyenne des deux répétitions.

L'influence de la lubrification sur la configuration des produits a été évaluée en réalisant une AFM sur les données à 4°C, en regroupant les variables selon qu'il y a lubrification ou non. Les résultats de cette AFM sont présentés Figure 41. Nous n'interprétons pas pour l'instant les différences observées entre les produits sur la carte d'AFM. Seules les deux premières composantes, qui expliquent 76,5% de l'information, sont représentées. Contrairement au facteur température, nous constatons que le facteur lubrification ne modifie pas de manière notable la structure de l'espace produit. Cela signifie que prendre en compte à la fois les données avec et sans lubrification n'apporte que peu d'information supplémentaire. Nous choisissons donc de ne garder qu'une des deux conditions : soit « avec » lubrification, soit « sans ». Afin de choisir quelle condition doit être éliminée, nous examinons quelle est la condition qui permet de discriminer au mieux les produits. Pour cela, nous avons réalisé 8 MANOVA, pour chacun des couples température (4 niveaux) x lubrification (deux niveaux), selon le modèle suivant :

$$\text{Équation 6} \quad Y \sim \text{prod}$$

où Y est la matrice formée par les 13 variables de back extrusion en colonne et en ligne les produits, prod est le facteur produit. Le Tableau 22 présente les résultats de ces MANOVA.

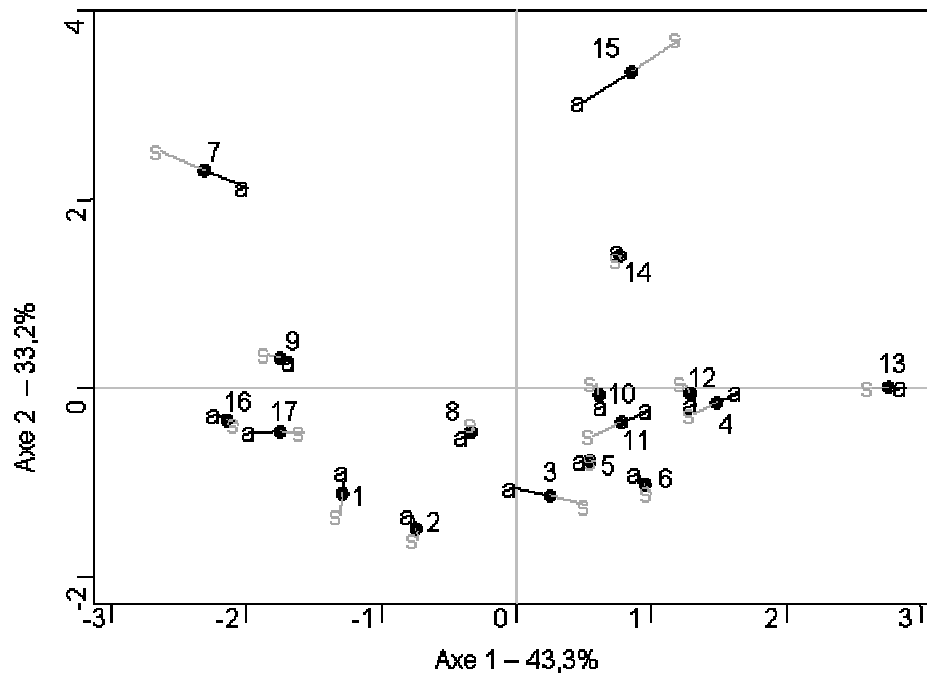


Figure 41 : Résultats de l'AFM comparant les configurations de l'espace produit avec ou sans lubrification avec les mesures de back extrusion, pour la condition « 4°C ». Représentation superposée des 17 produits moyens (●) et des produits avec lubrification (a) et sans lubrification (s) dans le plan 1x2.

Nous constatons que pour toutes les températures (sauf 35°C) le F de la MANOVA est supérieur pour la condition « avec lubrification » que pour la condition « sans lubrification ». La condition « sans lubrification » est donc abandonnée au profit de la condition « avec lubrification ».

Tableau 22 : Résultats des huit MANOVA réalisées pour chacun des couples de données température (4 niveaux) x lubrification (2 niveaux) pour les données de back extrusion : F de Fischer approximé du test du lambda de Wilk. Les F de Fischer sont tous très significatifs ($p < 2,2 \cdot 10^{-16}$).

Température	Lubrification	
	Avec	Sans
4°C	15,813	11,030
15°C	14,575	10,30
25°C	11,368	6,8754
35°C	16,990	21,506

En conclusion, l'examen global des données de back extrusion a montré que :

1- les 13 variables de back extrusion permettent de discriminer les produits.

2- la température modifie de manière importante la configuration des produits. Les produits ne sont pas affectés par la température de la même manière. Pour un premier groupe de produits, la transition gel-sol est complètement franchie. Pour un deuxième groupe de produits, la transition est amorcée mais non achevée. Enfin, un troisième groupe de produits semble peu influencé par la température.

3- la lubrification ne modifie pas de manière importante la configuration des produits. Pour les températures 4°C, 15°C et 25°C, une meilleure discrimination des produits est obtenue avec la condition « avec lubrification ». Dans la suite du texte, seules les données « avec lubrification » seront donc utilisées.

Néanmoins, l'influence de la température sur la texture des produits n'a pour l'instant pas été prise en compte par une variable instrumentale unique et synthétique. En effet, il demeure un nombre important de variables (13 variables instrumentales évaluées à 4 températures). Dans la suite du texte, nous présentons la manière dont une nouvelle variable instrumentale a été définie, dans le but de prendre en compte de manière synthétique l'influence de la température sur la texture des produits.

3.2.3. Création d'une nouvelle variable instrumentale traduisant l'influence de la température sur la texture des produits

Notre approche s'est déroulée en deux temps. Dans un premier temps, nous avons identifié parmi les 13 variables instrumentales celles pour lesquelles l'augmentation de température a un impact différent selon les produits. Dans un second temps, le but a été de créer une nouvelle variable instrumentale traduisant le changement de texture induit par l'augmentation de température, à partir des variables identifiées précédemment.

3.2.3.1. Identification de la variable d'intérêt

Notre but ici a été de choisir parmi les 13 variables instrumentales disponibles celles qui remplissent les critères suivants :

présenter une forte interaction produit x température

être peu corrélées entre elles

Pour remplir le critère n°1, nous avons réalisé une ANOVA à deux facteurs (produit, température) avec interaction, pour les 13 variables de back-extrusion. Puis nous avons classé les variables selon leur $F_{prod \times temp}$, en éliminant au préalable les variables G_RDf et G_per pour lesquelles l'interaction n'est pas significative.

Pour remplir le critère n°2, nous avons réalisé une ACP sur les 11 variables de back extrusion retenues, avec en ligne tous les couples (produit, température), et nous avons choisi deux variables qui n'étaient pas corrélées et qui avaient toutes les deux un $F_{prod \times temp}$ élevé.

Selon les critères n°1 et n°2, deux variables ont été identifiées : D_R et D_A.

3.2.3.2. Modélisation de l'effet de la température

Pour chacune des variables D_R et D_A, deux nouvelles variables ont été définies, selon l'approche par Rønn *et al.* (1998) : D_R1 et D_R2 d'une part, et D_A1 et D_A2 d'autre part. Ces nouvelles variables sont les deux premières composantes principales des deux ACP réalisées sur les deux matrices comprenant en ligne les produits (moyenne sur les deux répétitions), et en colonne la variable D_R (ou D_A) aux 4 températures 4°C, 15°C, 25°C ou 35°C. Comme D_R1 et D_A1 sont très fortement corrélées aux variables D_R et D_A à 4°C (respectivement $r = 0,98$, $p < 0,001$, ddl = 15 et $r = 0,96$, $p < 0,001$, ddl = 15), nous choisissons de ne pas les retenir. Par ailleurs, comme D_R2 et D_A2 sont corrélées ($r = -0,76$, $p < 0,001$, ddl = 15), nous choisissons de ne retenir que D_A2, dont nous présentons les valeurs Figure 42. Pour les produits 7 et 9, formulés à partir de gélatine, l'influence de l'augmentation de température est très importante, alors qu'elle est moins importante pour les autres produits.

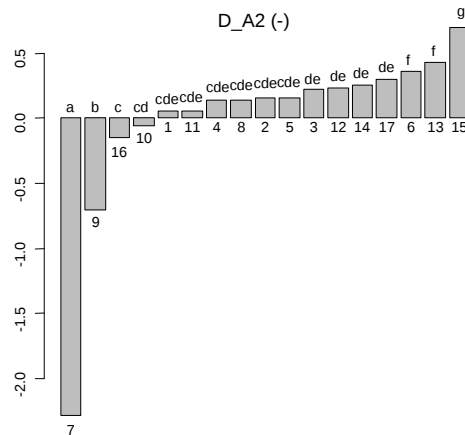


Figure 42 : Valeurs de la variable D_A2 de back extrusion pour les 17 produits, pour la condition "avec lubrification". Deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$)

Nous allons maintenant voir comment D_A2 s'intègre parmi les 13 variables de back extrusion définies auparavant.

3.2.4. Réduction du nombre de variables de back extrusion

Nous avons identifié 14 variables de back extrusion potentiellement intéressantes pour établir des modèles prédictifs des données sensorielles : les 13 variables déjà sélectionnées (évaluées pour la condition 4°C avec lubrification), plus la variable D_A2 définie ci-dessus rendant compte de l'effet de la température sur la texture. Nous allons maintenant chercher à réduire ce nombre de variables à l'aide d'une ACP, afin de ne retenir que les variables qui permettent de séparer au mieux les produits, sans apporter d'information redondante.

Une ACP a été réalisée sur les données moyennes centrées-réduites de back extrusion. Avec la règle de la valeur propre supérieure à 1, nous choisissons de garder les 3 premières

composantes principales, qui expliquent 86,6% de la variance.

La Figure 43 présente les résultats de l'ACP pour les données de back extrusion dans les plans 1x2 et 1x3. Dans le plan 1x2 (Figure 43 (a)), les produits sont distribués de manière assez homogène. Nous observons que les répétitions sont proches, confirmant que les mesures de back extrusion sont répétables et permettent de discriminer les produits. Le produit 7 présente des caractéristiques différentes des autres produits, ainsi que le produit 15, comme nous l'avons identifié lors de l'examen univarié des variables de back extrusion. Dans le plan 1x3, les produits sont distribués de manière plus homogène que dans le plan 1x2. Les répétitions sont également très proches pour l'ensemble des produits.

Une CAH sur les coordonnées des variables sur les 3 premières composantes principales de l'ACP a permis d'identifier 5 groupes de variables. Le premier groupe de variables rassemble des variables reliées à la dimension fractale : D_Df, G_RDf. Nous choisissons de retenir la variable D_Df, car elle est plus discriminante que la variable G_RDf.

Le deuxième groupe rassemble des variables reliées au périmètre ou à l'aire sous la courbe, durant les phases de descente et de remontée du piston : D_R, G_Rper_A, G_Per et G_A. Nous choisissons de retenir la variable G_A, qui est le rapport entre les aires sous la courbe mesurées pendant la phase de descente et pendant la phase de remontée du piston. Le troisième groupe rassemble des variables hétérogènes : D_A2, U_R, U_Df. D_A2 rend compte de l'aspect fondant, U_R est le rapport entre le périmètre et l'aire sous la courbe pendant la phase de remontée du piston et U_Df est la dimension fractale du signal pendant la phase de remontée. Nous choisissons de retenir la variable D_A2, car elle est peu corrélée à G_A (Figure 43 (c) et (d)). Le quatrième groupe rassemble des variables reliées à la résistance offerte par le produit à la descente du piston : D_per, D_rup et D_A. Nous choisissons de retenir la variable D_A. Le cinquième groupe rassemble des variables reliées à la résistance offerte par le produit à la remontée du piston (U_per, U_A). Nous choisissons de retenir les variables U_A.

Nous pouvons maintenant interpréter les différences entre les produits à l'aide des 6 variables de back-extrusion que nous venons de retenir. Dans le plan 1x2, les produits 7, 14 et 15 offrent une résistance beaucoup plus importante à la descente du piston (D_A) que les autres produits. Dans le plan 1x3, les produits 15, 16 et 17 sont opposés aux produits 4 et 13. Les produits 4 et 13 ont une dimension fractale plus importante (D_Df), indiquant que le signal est plus irrégulier que pour les produits 15, 16 et 17. Dans le plan 1x3, les produits 7 et 9 sont opposés au produit 15. Les produits 7 et 9 ont des valeurs de D_R2 plus importantes

que le produit 15 (et des valeurs moins importantes de D_A2), indiquant qu'ils sont plus affectés par la diminution de la température.

En conclusion, nous avons choisi de retenir 5 variables de back extrusion : la dimension fractale de la courbe pendant la phase de descente (D_Df), une variable rendant compte de l'influence de la température (D_A2), l'aire sous la courbe pendant la phase de descente du piston (D_A), l'aire sous la courbe durant la phase de remontée du piston (U_A) et le rapport entre l'aire sous la courbe pendant les phases de descente et de remontée du piston (G_A). Dans le Tableau 23, nous reprenons rapidement les définitions des 5 variables retenues, et les conditions expérimentales dans lesquelles elles ont été obtenues. Par la suite, les variables de pénétration seront précédées de la lettre « B », indiquant que les variables sont issues du test de back extrusion.

Tableau 23 : Présentation des 5 variables de back extrusion retenues

Variable	Définition	Unité	Conditions expérimentales
B_DDf	Dimension fractale de la courbe pendant la phase de descente	Sans unité	4°C, avec lubrification, phase de descente du piston
B_DA	Aire sous la courbe pendant la phase de descente	10-3.Joules	4°C, avec lubrification, phase de descente du piston
B_UA	Aire sous la courbe pendant la phase de remontée	10-3.Joules	4°C, avec lubrification, phase de remontée du piston
B_GA	Rapport entre B_DA et B_UA	Sans unité	4°C, avec lubrification, phases de descente puis de remontée du piston
B_DA2	Influence de la température sur B_DA	Sans unité	Plage de température (4°-35°C), phase de descente du piston, avec lubrification

Nous allons maintenant voir si les mesures de pénétration, également réalisées à plusieurs températures et niveaux de lubrification, apportent des informations complémentaires par rapport aux mesures de back extrusion.

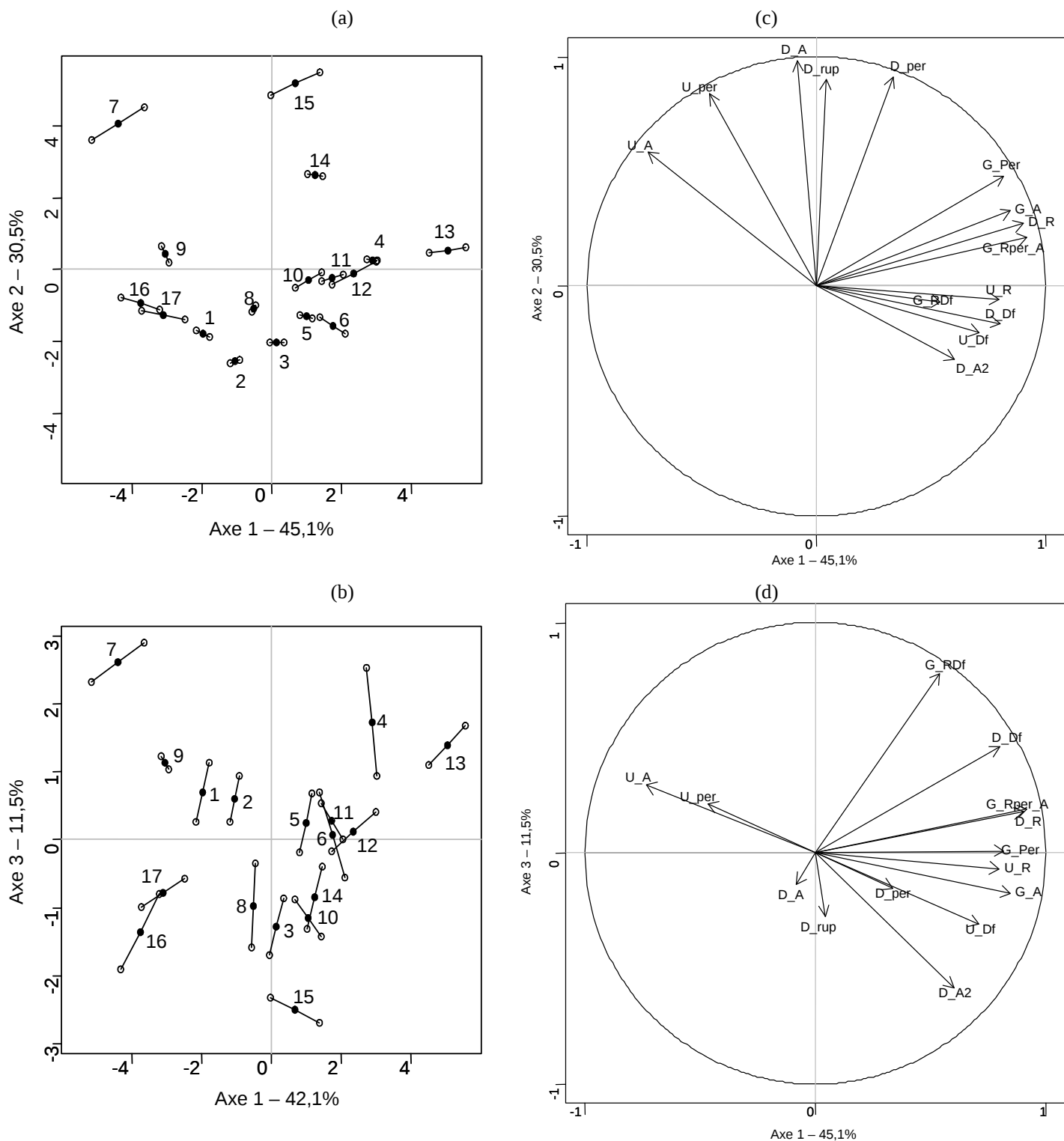


Figure 43 : Résultats de l'ACP sur les données de back extrusion. Représentation des produits dans les plans (a) 1x2 et (b) 1x3, et représentation des variables sur les cercles des corrélations dans les plans (c) 1x2 et (d) 1x3. Sur les cartes des produits, les répétitions (o) sont représentées en supplémentaire, et reliées aux produits moyens par un trait.

3.3. Mesures de pénétration

Comme pour les mesures de back extrusion, nous allons dans un premier temps faire un bilan des valeurs obtenues avec les variables de pénétration, puis nous ferons une analyse

globale des effets produit, température (les produits ont été évalués aux températures 4°C, 15°C, 25°C et 35°C) et lubrification (avec ou sans lubrification). Dans un troisième temps, nous créerons une nouvelle variable instrumentale rendant compte de l'influence de la température. Enfin, nous étudierons les éventuelles corrélations entre les variables de pénétration, et nous réduirons leur nombre pour ne retenir que les plus pertinentes.

3.3.1. Bilan des valeurs

Pour les mesures de pénétration, nous disposons de mesures réalisées avec lubrification à 4°C, et de mesures réalisées sans lubrification à 4°C, 15°C, 25°C et 35°C. Les résultats des ANOVA réalisées pour chacune des 17 variables de pénétration pour la condition 4°C sans lubrification montrent que l'effet produit est très significatif ($p < 0,001$). Des résultats similaires ont été trouvés pour la condition 4°C avec lubrification. Les variables instrumentales étant toutes discriminantes, elles ont toutes été conservées à ce stade du travail. Dans un premier temps, nous présentons les résultats obtenus avec la condition « 4°C, sans lubrification » pour les 17 variables de pénétration (Figure 44).

Nous pouvons comparer nos résultats à ceux de la littérature en considérant deux variables : la force à la rupture F_{rup} et la déformation à la rupture D_{rup} . Nous remarquons cependant que cette comparaison est effectuée sur la base d'approches méthodologiques non homogènes (par exemple, certains auteurs ont utilisé la pénétration, d'autres la compression, et la vitesse de pénétration est différente selon les études).

Dans notre cas, la contrainte à la rupture varie donc entre 5,2 kPa et 149,6 kPa (en effet, la force à la rupture varie entre 0,097 N et 2,820 N et le diamètre de notre sonde est 4,9 mm) et D_{rup} varie entre 9,9 % et 79,3 %. Ces gammes de variation de la contrainte à la rupture et de la déformation à la rupture sont plus importantes que celles rencontrées dans la littérature : entre 2 kPa et 92,6 kPa pour la contrainte à la rupture et 16,7% et 78,8% pour la déformation à la rupture (Muñoz *et al.*, 1986b, Damasio *et al.*, 1990, Clark, 2002, Costell *et al.*, 1995, Murayama *et al.*, 1995). En ce qui concerne la contrainte à la rupture, nous vérifions a posteriori que les produits présentent une large gamme : certains doivent être mâchés avec les dents alors que d'autres peuvent être dégradés entre la langue et le palais. En effet, Takahashi et Nakazawa (1992) ont fixé ce seuil entre 75 et 100 kPa, et notre espace produit comporte à la fois des produits ayant des valeurs plus élevées et des valeurs plus faibles que ce seuil. Dans notre cas, le seuil défini par Takahashi et Nakazawa se situe autour des produits 14 et 7. Clairement, le produit 15 nécessite une action des dents pour être cassé en morceaux dans la bouche (Figure 44).

Notre espace produit comporte donc à la fois des produits variant sur une large gamme de « dureté », et également sur une large gamme de « déformabilité ». L'étude dont l'espace produit semble présenter un degré de diversité comparable au nôtre est celle de Muñoz *et al.* (1986b).

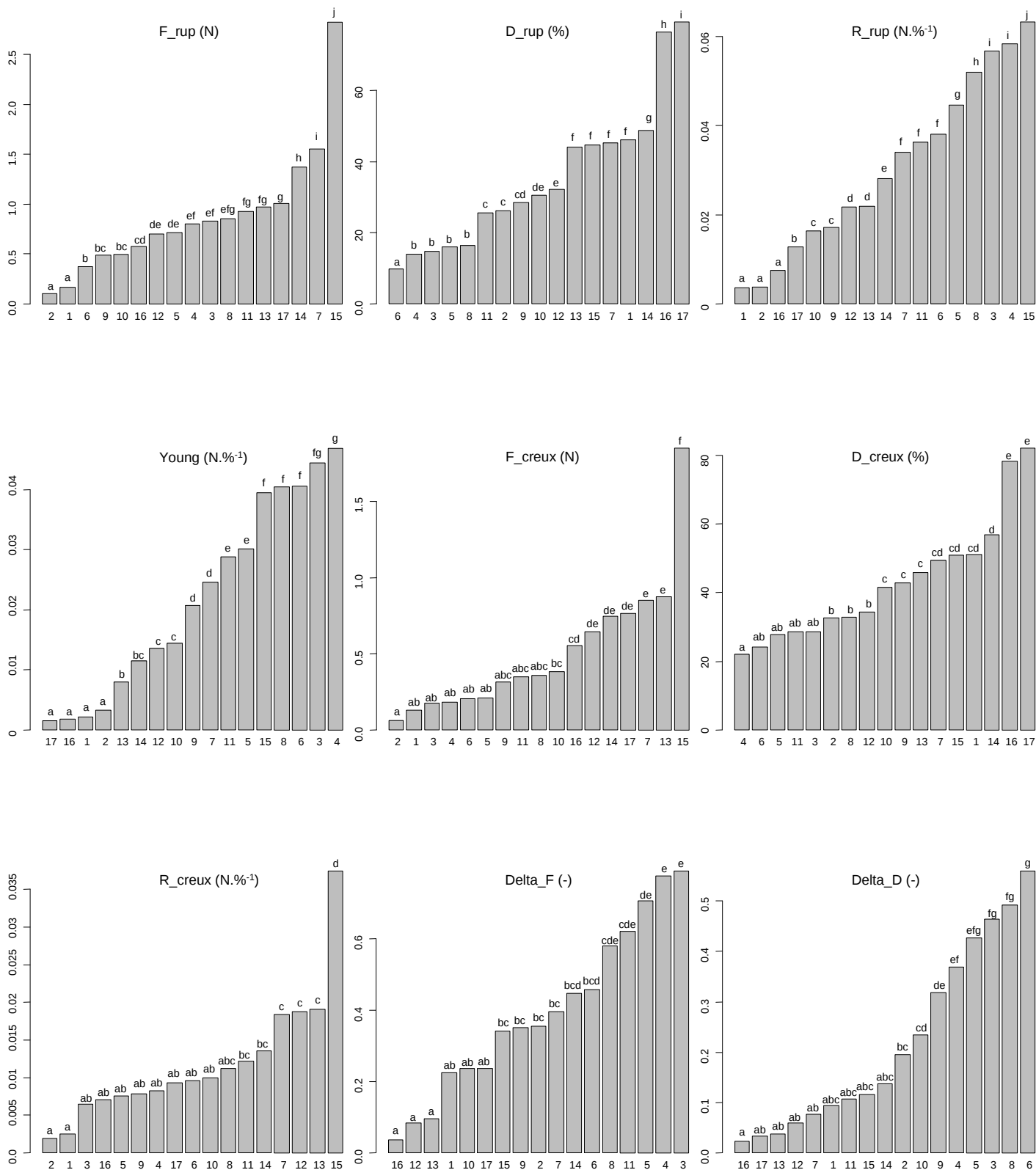


Figure 44 : Valeurs des 17 variables de back extrusion pour les 17 produits, pour la condition 4°C sans lubrification. Pour une variable donnée, deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$)

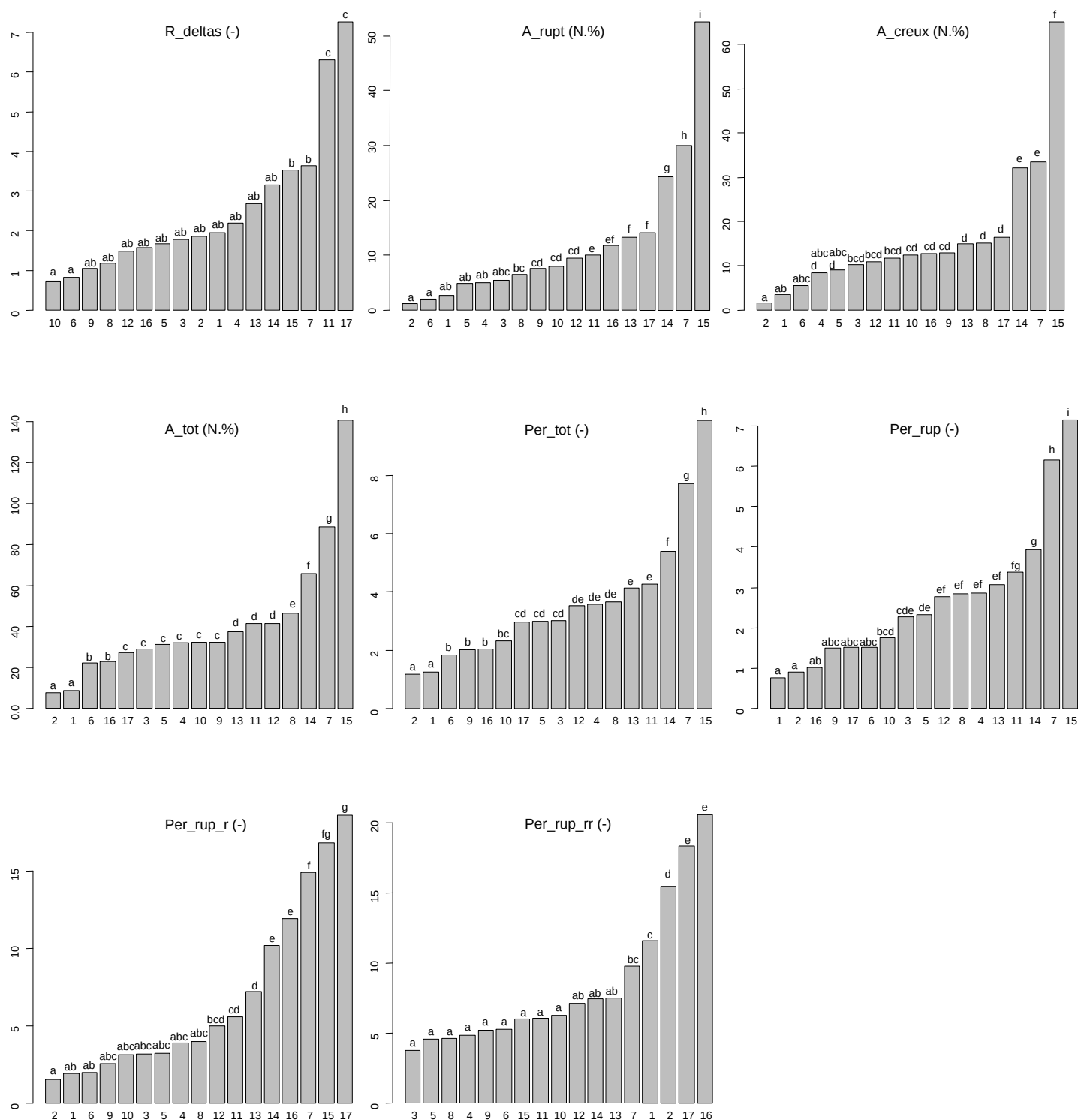


Figure 44 : Valeurs des 17 variables de back extrusion pour les 17 produits, pour la condition 4°C sans lubrification. Pour une variable donnée, deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$)

3.3.2. Analyse globale des effets produit, température et lubrification

L'effet de la lubrification sur la texture des produits à 4°C a été évalué avec une MANOVA selon le modèle suivant :

$$\text{Équation 7} \quad Y \sim \text{prod} + \text{lub} + \text{prod} \times \text{lub}$$

Les résultats de la MANOVA sont présentés dans le Tableau 24. Ils montrent que les deux effets produit et lubrification et leur interaction sont très significatifs ($p < 0,001$). Ainsi, la lubrification a une influence sur les mesures de pénétration, et cette influence n'est pas la même pour tous les produits. On constate cependant que l'effet lubrification et l'interaction produit x lubrification ont une influence beaucoup moins importante que l'effet produit ($\Lambda_{\text{lub}} = 0,684$, $\Lambda_{\text{prod} \times \text{lub}} = 0,052$ alors que $\Lambda_{\text{prod}} = 2,984.10^{-13}$).

Tableau 24 : Résultats de la MANOVA pour l'analyse globale des effets produit, lubrification et de leur interaction pour les mesures de pénétration : test du lambda de Wilk.

Facteur	ddl	Λ de Wilk	F approximé	num dll	den ddl	p-value
prod	16,0	2,984.10-13	56,660	272,0	1433,4	<2,2.10-16
lub	1,0	0,684	3,235	17,0	119,0	8,785.10-05
prod x lub	16,0	0,052	1,514	272,0	1433,4	1,547.10-06

L'influence de la lubrification sur la configuration des produits a été évaluée en réalisant une AFM sur les données à 4°C, en regroupant les variables selon qu'il y a lubrification ou non. Les résultats de cette AFM sont présentés Figure 45. Les deux premières composantes principales expliquent 85,2% de l'information. Comme pour la back extrusion, le facteur lubrification ne modifie pas de manière importante la structure de l'espace-produit. Dans la suite, nous ne considérerons donc que les mesures sans lubrification.

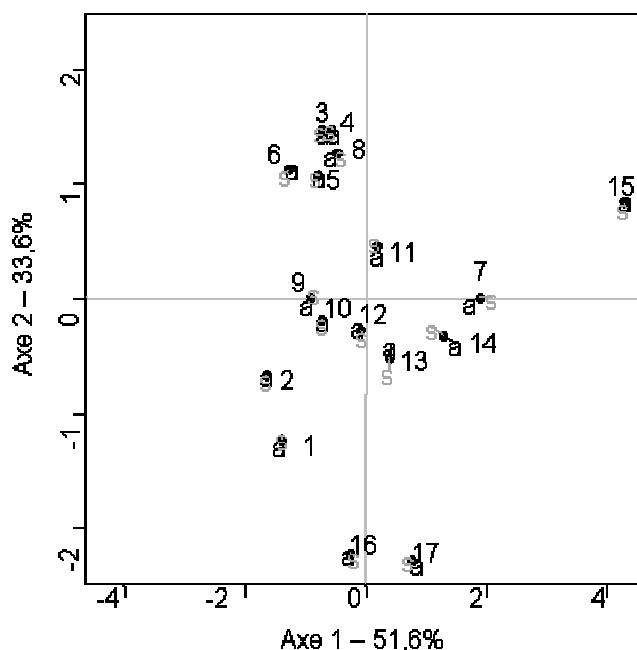


Figure 45 : Résultats de l'AFM comparant les configurations de l'espace produit avec ou sans lubrification avec les mesures de pénétration, pour la condition « 4°C ». Représentation superposée des 17 produits moyens (●) et des produits avec lubrification (a) et sans lubrification (s) dans le plan 1x2

L'effet de la température sur la texture des produits sans lubrification a été évalué avec une MANOVA selon le modèle suivant :

Équation 8

$$Y \sim \text{prod} + \text{temp} + \text{prod} \times \text{temp}$$

Les résultats de la MANOVA sont présentés dans le Tableau 25. Ils montrent que les deux effets produit et température et leur interaction sont très significatifs ($p < 0,001$). Ainsi, la température a une influence sur les mesures de pénétration, et cette influence n'est pas la même pour tous les produits. On remarque que l'interaction produit x température ($\Lambda_{\text{prod} \times \text{temp}} = 5,6 \cdot 10^{-9}$) est presque aussi importante que l'effet produit ($\Lambda_{\text{prod}} = 4,2 \cdot 10^{-12}$).

Tableau 25 : Résultats de la MANOVA pour l'analyse globale des effets produit, température et de leur interaction pour les mesures de pénétration : test du lambda de Wilk.

Facteur	ddl	Λ de Wilk	F approximé	num dll	den dll	p-value
prod	16,00	4,214.10-12	37,998	272,00	1234,45	<2,2.10-16
temp	3,00	0,001	54,064	51,00	304,48	<2,2.10-16
prod x temp	48,00	5,606.10-09	4,800	816,00	1726,33	<2,2.10-16

L'influence de la température sur l'évolution de la configuration des produits a été évaluée en réalisant une AFM sur les données sans lubrification, en regroupant les variables selon les 4 températures 4°C, 15°C, 25°C et 35°C. Les résultats de cette AFM sont présentés Figure 46. Seules les deux premières composantes, qui expliquent 75,9% de l'information, sont représentées. Comme pour les mesures de back extrusion, nous constatons que l'influence de la température est importante, car elle modifie de manière notable la structure de l'espace produit.

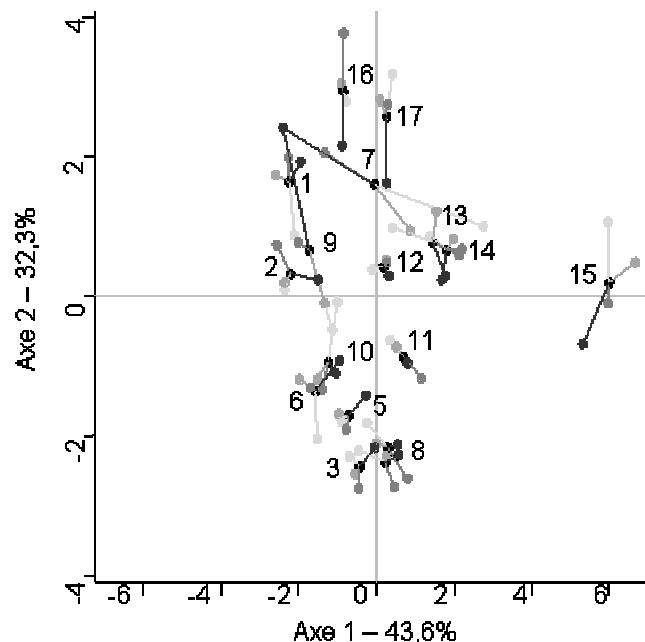


Figure 46 : Résultats de l'AFM comparant les configurations de l'espace produit aux 4 niveaux de températures avec les mesures de pénétration, pour la condition « sans lubrification ». Représentation superposée des 17 produits moyens (●) et des produits à 4°C (○), 15°C (◐), 25°C (◑) et 35°C (◒) dans le plan 1x2.

Les résultats de l'expérience de pénétration ont montré que les 17 variables de pénétration permettent chacune de discriminer les produits. Les résultats de l'expérience de pénétration confirment ceux établis avec la back extrusion concernant les effets de la lubrification et de la température : la température modifie de manière importante la configuration des produits, les produits n'étant pas tous affectés par la température de la même manière. La lubrification ne modifie pas de manière très importante la configuration des produits. Seules les données « sans lubrification » ont été retenues.

Dans la même approche que celle présentée pour la back extrusion, nous avons défini une nouvelle variable issue des données de pénétration aux différentes températures, afin de rendre compte de manière synthétique de l'effet de la température sur la texture des produits.

3.3.3. Création d'une nouvelle variable instrumentale traduisant l'effet de la température sur la texture des produits

Nous avons dans la partie « matériels et méthodes » que seules les variables de pénétration A_{tot} et Per_{tot} ont pu être réellement mesurées à toutes les températures. Nous n'avons donc utilisé que les données associées à ces deux variables pour prendre en compte l'effet de la température.

A l'issue d'une ANOVA à deux facteurs (produit, température) avec interaction, réalisée pour chacune des variables A_{tot} et Per_{tot} , nous avons identifié que le $F_{prod \times temp}$ était plus élevé pour la variable A_{tot} que pour la variable Per_{tot} . Cela signifie qu'avec A_{tot} , les produits ont réagi de manière plus différente les uns des autres à l'augmentation de température qu'avec la variable Per_{tot} . Nous avons donc choisi de garder A_{tot} .

Dans la même approche que celle présentée page 140, nous avons défini deux nouvelles variables, A_{tot1} et A_{tot2} . Comme A_{tot1} est très corrélée à A_{tot} à 4°C ($r = 0,92$, $p < 0,001$, $ddl = 15$), nous avons choisi de ne pas la retenir. Nous avons donc retenu A_{tot2} , dont les valeurs sont présentées Figure 47. Nous remarquons que les produits 7 et 9 sont beaucoup plus affectés par la température que les autres produits.

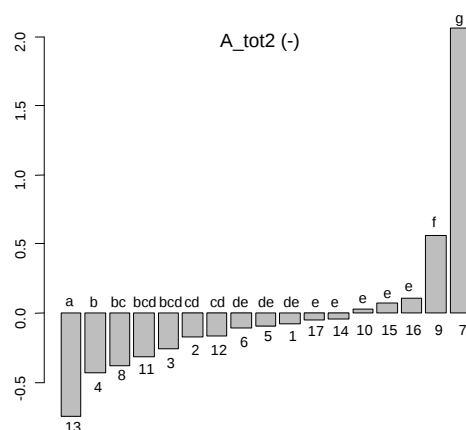


Figure 47 : Valeurs de la variable A_tot2 de pénétration pour les 17 produits, pour la condition "avec lubrification". Deux produits portant des lettres différentes sont significativement différents (test de Newman Keuls, $p < 0,05$)

En conclusion, nous avons créé une variable de pénétration supplémentaire, A_tot2, qui permet de rendre compte de manière synthétique de l'effet de la température sur la texture des produits. Nous allons maintenant voir comment cette nouvelle variable s'intègre parmi les 17 variables de pénétration définies auparavant.

3.3.4. Réduction du nombre de variables de pénétration

Nous avons identifié 18 variables de pénétration potentiellement intéressantes pour établir des modèles prédictifs des données sensorielles : les 17 variables déjà sélectionnées précédemment (évaluées pour la condition 4°C sans lubrification), plus la variable A_tot2 définie ci-dessus rendant compte de l'effet de la température sur la texture. Comme pour la back extrusion, nous allons maintenant chercher à réduire ce nombre de variables afin de ne retenir que les variables qui permettent de séparer au mieux les produits, sans apporter d'information redondante.

Une ACP a été réalisée sur les données moyennes centrées-réduites de pénétration. Avec la règle de la valeur propre supérieure à 1, nous choisissons de garder les 4 premières composantes principales qui expliquent 93,5% de la variance.

La Figure 48 présente les résultats de l'ACP pour les données de back extrusion dans les plans 1x2 et 3x4 (Figure 48). Dans le plan 1x2, les produits sont distribués de manière assez homogène. Dans une première direction, le produit 15 se détache assez nettement des autres produits. Il est opposé aux produits 1 et 2. Sur l'axe 2, les produits 16 et 17 sont opposés aux produits 3, 4, 5, 6 et 8. Sur l'axe 3, les produits sont distribués de manière homogène. Les produits 11 et 17 sont opposés aux produits 9, 10, 12 et 13. Sur l'axe 4, le produit 7 se détache très nettement des autres produits. Le produit 9 a des caractéristiques se rapprochant du produit 7. Les produits 7 et 9 sont opposés au produit 13.

Une CAH sur les coordonnées des variables sur les 4 premières composantes principales de l'ACP a permis d'identifier 6 groupes de variables. Le premier groupe de variables rassemble des variables reliées au module d'Young : R_rup et Young. Nous choisissons de retenir la variable Young.

Le deuxième groupe rassemble des variables liées à la distance à la rupture : D_rup, Per_rup_rr et D_creux. Nous choisissons de retenir la variable D_rup, qui rend compte de la déformation nécessaire pour atteindre la première rupture du produit.

Le troisième groupe rassemble les variables rendant compte de la différence de comportement du produit à la première cassure et à la deuxième cassure : Delta_F et Delta_D. Nous choisissons de retenir la variable Delta_F. Une valeur élevée sur Delta_F traduit le fait que la différence relative entre la force nécessaire pour atteindre la première et la seconde cassure est élevée. A l'inverse, une valeur faible sur Delta_F traduit le fait que la force nécessaire pour atteindre la seconde cassure du produit est du même ordre de grandeur que la force nécessaire pour atteindre la première cassure du produit.

Le quatrième groupe rassemble un grand nombre de variables très corrélées avec l'axe 1, qui sont reliées à la force à la rupture ou à l'aire sous la courbe : Per_rup, A_tot, Per_tot, F_rup, R_creux, A_creux, A_rupt et D_creux. Nous choisissons la variable la mieux corrélée à l'axe 1 : A_rupt, qui rend compte de l'énergie nécessaire pour atteindre le premier point de rupture du produit.

Le cinquième groupe rassemble les deux variables R_deltas et Per_rup_r. Nous choisissons de retenir la variable R_deltas, car elle est peu corrélée aux variables précédemment choisies, et elle est très corrélée à l'axe 3 de l'ACP. L'interprétation de la variable empirique R_deltas est moins aisée que celle des autres variables. Elle est composée des deux variables Delta_F et Delta_D. Ces variables sont corrélées (Fig. Figure 48 (c)). Néanmoins, le rapport entre ces deux variables, R_deltas, permet de séparer des produits qui ont des valeurs voisines de Delta_F et Delta_D, comme les produits 16 et 17 (Figure 48 (a) et (d)).

Le sixième groupe ne comprend qu'une variable, A_tot2, peu corrélée aux variables précédentes et très corrélée à l'axe 4 de l'ACP. Cette variable définie plus haut est supposée rendre compte de l'aspect fondant des produits.

Nous pouvons maintenant interpréter les différences entre les produits à l'aide des 6

variables de pénétration que nous venons de retenir. Dans le plan 1x2, le produit 15 requiert une énergie A_{rupt} plus importante que les autres produits pour atteindre la première rupture. A l'inverse, les produits 1 et 2 requièrent des énergies faibles pour atteindre la première rupture. Les produits 16 et 17 sont caractérisés par une distance à la rupture beaucoup plus importante que pour les autres produits (ces produits sont très déformables). Les produits 3, 4, 5, 6 et 8 ont un module d'Young élevé et la force nécessaire pour atteindre la seconde rupture du produit est beaucoup plus faible que la force nécessaire pour atteindre la première rupture (ΔF). Dans le plan 3x4, les produits 11 et 17 ont le R_{deltas} le plus élevé. Le produit 7 a la valeur de A_{tot2} la plus élevée, suivi par le produit 9. Ces produits sont donc les plus affectés par la température. Par la suite, les variables de pénétration seront précédées de la lettre « P », indiquant que les variables sont issues du test de pénétration.

En conclusion, nous avons choisi de retenir 6 variables de pénétration, dont les définitions et les conditions expérimentales sont reprises dans le Tableau 26.

Tableau 26 : Présentation des 6 variables de pénétration retenues.

Variable	Définition	Unité	Conditions expérimentales
P_{Arupt}	Aire sous la courbe jusqu'à la rupture	N. %	4°C, sans lubrification
P_{Atot2}	Influence de la température sur A_{tot}	Sans unité	Plage de température (4°-35°C), sans lubrification
$P_{\Delta F}$	Différence relative entre la force à la première et la force à la deuxième rupture	Sans unité	4°C, sans lubrification
P_{DRup}	% d'enfoncement à la rupture	%	4°C, sans lubrification
$P_{Rdeltas}$	Rapport entre ΔF et ΔD	Sans unité	4°C, sans lubrification
P_{Young}	Module d'Young pour une déformation comprise entre 0 et 8 % d'enfoncement	N. % -1	4°C, sans lubrification

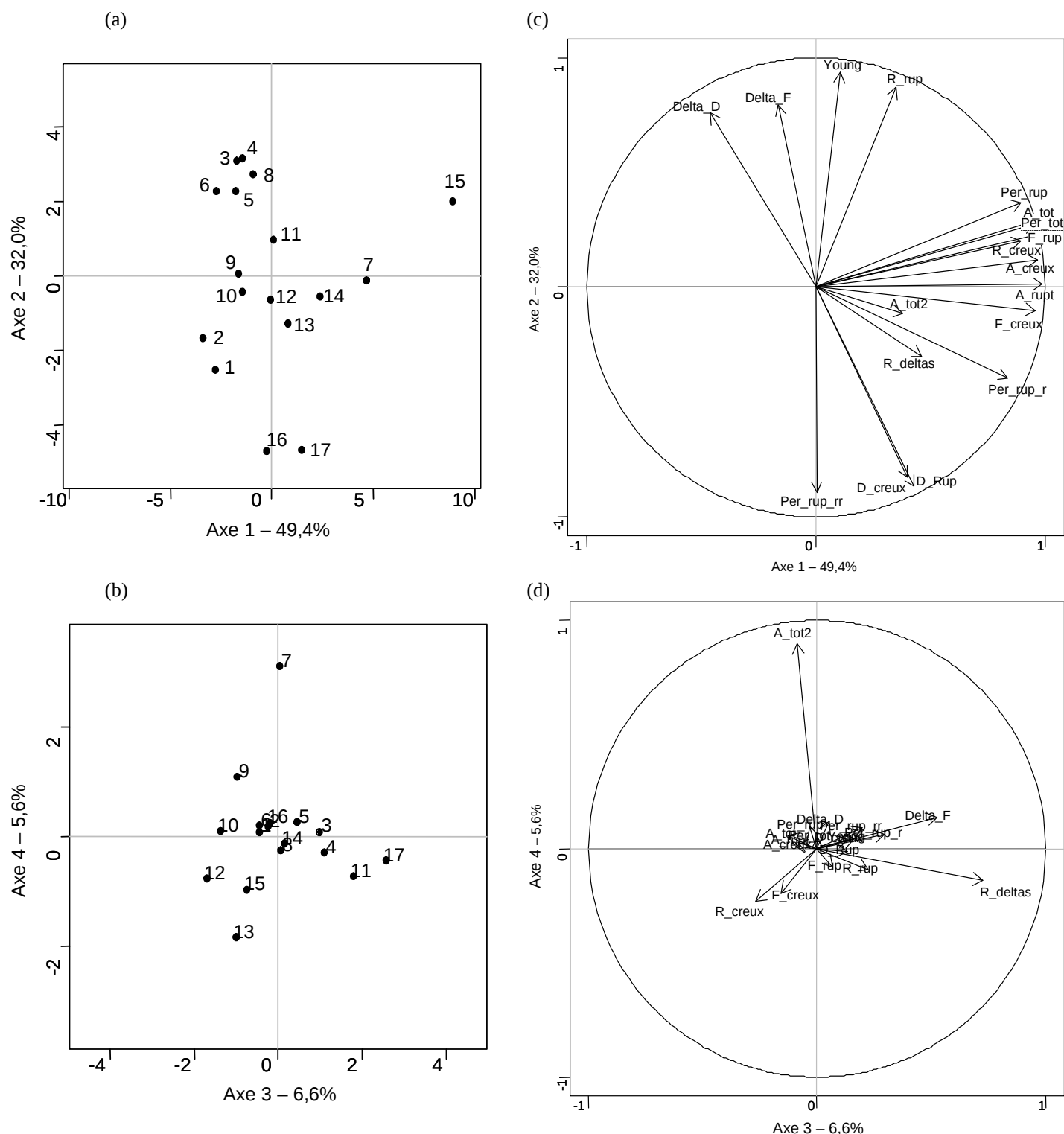


Figure 48 : Résultats de l'ACP sur les données de pénétration. Représentation des produits dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4, et représentation des variables sur les cercles des corrélations dans les plans (c) 1x2 et (d) 3x4.

4. Sélection de variables instrumentales

Avant de procéder à l'établissement de modèles prédictifs des données des profils sensoriels `généré_FR` et `généré_VN` par les mesures instrumentales, nous avons éliminé certaines variables instrumentales insuffisamment corrélées avec les descripteurs sensoriels des deux panels. Dans une première partie, nous présenterons rapidement quelles variables ont

été écartées, et sur quels critères. Une fois cette sélection de variables opérée, nous présenterons dans une seconde partie les relations entre les variables instrumentales issues des différents tests.

4.1. Elimination des variables instrumentales insuffisamment corrélées avec les descripteurs sensoriels

Parmi les variables instrumentales issues des différents tests, il est possible que certaines d'entre elles décrivent des propriétés physiques des produits qui sont sans rapport avec les descripteurs sensoriels. Inclure de telles variables instrumentales dans les modèles prédictifs des données sensorielles aurait peu d'intérêt.

Nous avons calculé les r^2 entre toutes les variables instrumentales disponibles à cette étape du travail et l'ensemble des descripteurs sensoriels des panels généré_FR et généré_VN (Annexe 17 et Annexe 18). **En prenant comme seuil un r^2 de 0,5, nous avons identifié 6 variables instrumentales qui ne sont corrélées avec aucun des descripteurs des deux panels : la variable de spectrocolorimétrie S_h, les deux variables de relaxation R_k1 et R_k2, la variable de back extrusion B_DA2 et les deux variables de pénétration P_Rdeltas et P_Atot2. Nous avons choisi de ne pas conserver ces variables par la suite.**

Il peut sembler surprenant de ne pas trouver de relations significatives entre les deux variables instrumentales prenant en compte l'effet de la température sur les produits (B_DA2 et P_Atot2) et les descripteurs sensoriels relatifs à l'aspect fondant des produits *fond* et *dẽ tan*. La Figure 49 représente la variable P_Atot2 en fonction du descripteur *fond*. Il apparaît que les deux variables sont pratiquement indépendantes. Nous reviendrons plus en détail sur les éléments qui permettent d'expliquer ces observations dans la discussion générale (page 181).

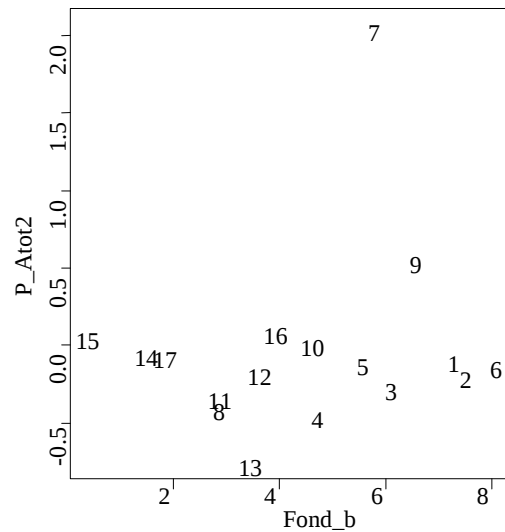


Figure 49 : Représentation de la variable instrumentale de pénétration P_Atot2 rendant compte de l'influence de la température sur la textures des produits, en fonction du descripteur sensoriel fond (en bouche) du panel généré_FR.

Il peut également sembler surprenant de ne pas trouver de relations significatives entre les deux variables instrumentales de relaxation (R_k1 et R_k2) et les descripteurs sensoriels relatifs à l'aspect élastique des produits. Il semble que cette absence de corrélations provient du fait que le test de relaxation a été réalisé dans des conditions différentes de la manière dont les panélistes ont évalué les produits. En effet, avec le test de relaxation, nous avons évalué la réaction du produit à une déformation constante au cours du test. Les sujets, quant à eux, ont évalué :

- 1- la capacité du produit à reprendre sa forme initiale, pour les descripteurs *đàn hồi* (élastique, en main), *caoutchouteux* (en bouche) et *reprend sa forme* (en main),
- 2- le caractère difficile à rompre, pour le descripteur *dai* (coriace, en bouche), ou la capacité du produit à s'étirer, pour le descripteur *élastique* (en main),
- 3- des concepts plus difficiles à définir, pour les descripteurs *glaireux* (en bouche) ou *vibrant* (en main).

Nous pouvons émettre l'hypothèse qu'un test de fluage-recouvrance aurait permis de mieux modéliser les descripteurs du groupe 1, et qu'un test de rupture en tension aurait permis de mieux prédire les descripteurs du groupe 2.

4.2. Relations entre les variables instrumentales issues des différents tests instrumentaux

Nous venons de voir que nous avons choisi d'écarter les variables instrumentales S_h ,

R_k1, R_k2, B_DA2, P_Rdeltas et P_Atot2, qui étaient insuffisamment corrélées avec les descripteurs sensoriels des panels généré_FR et généré_VN. **Les variables instrumentales sélectionnées pour l'établissement des modèles prédictifs des descripteurs sensoriels sont donc les suivantes : les 2 variables de spectrocolorimétrie S_L et S_C, la variable de synérèse Syn, les 4 variables de back extrusion B_DA, B_DDf, B_UA et B_GA et les 4 variables de pénétration P_DRup, P_Young, P_DeltaF et P_Arupt.**

Nous présentons ici les relations existantes entre ces 11 variables instrumentales et la structuration de l'espace produit avec ces variables instrumentales. Une ACP a été réalisée sur les données moyennes centrées-réduites. Avec la règle de la valeur propre supérieure à 1, nous avons choisi de retenir les premières 4 composantes principales, qui expliquent 86,5% de la variance.

La carte des produits dans le plan 1x2 (Figure 50 (a)) présente beaucoup de similitudes avec les cartes des produits dans le plan 1x2 des panels généré_FR et généré_VN (Figure 29 (a)), sauf pour le produit 7. Dans le plan 1x2 (Figure 50 (a)), les principales oppositions entre les produits sont reliées à des caractéristiques de texture. Ainsi sur l'axe 1, les produits 3, 4, 5, 6 et 11, caractérisés par des valeurs plus importantes des variables B_DDf, P_DeltaF et P_Young, sont opposés aux produits 7, 16 et 17, caractérisés par des valeurs plus importantes des variables B_UA et P_D_Rup. Sur l'axe 2, le produit 15 se distingue des autres, il a des valeurs plus élevées pour les variables B_DA et P_Arupt.

La carte des produits dans le plan 3x4 (Figure 50 (b)) présente moins de similitudes, en première approche, avec les cartes sensorielles des produits des panels généré_FR et généré_VN. Dans le plan 3x4 (Figure 50 (b)), les principales oppositions entre les produits sont expliquées par les variables de spectrocolorimétrie S_L et S_C. Une première direction oppose le produit 10 qui a une couleur moins saturée que les autres produits (S_C faible) au produit 7 qui a une couleur plus saturée que les autres produits. Une deuxième direction oppose le produit 8 aux produits 11 et 13 qui ont une couleur plus claire.

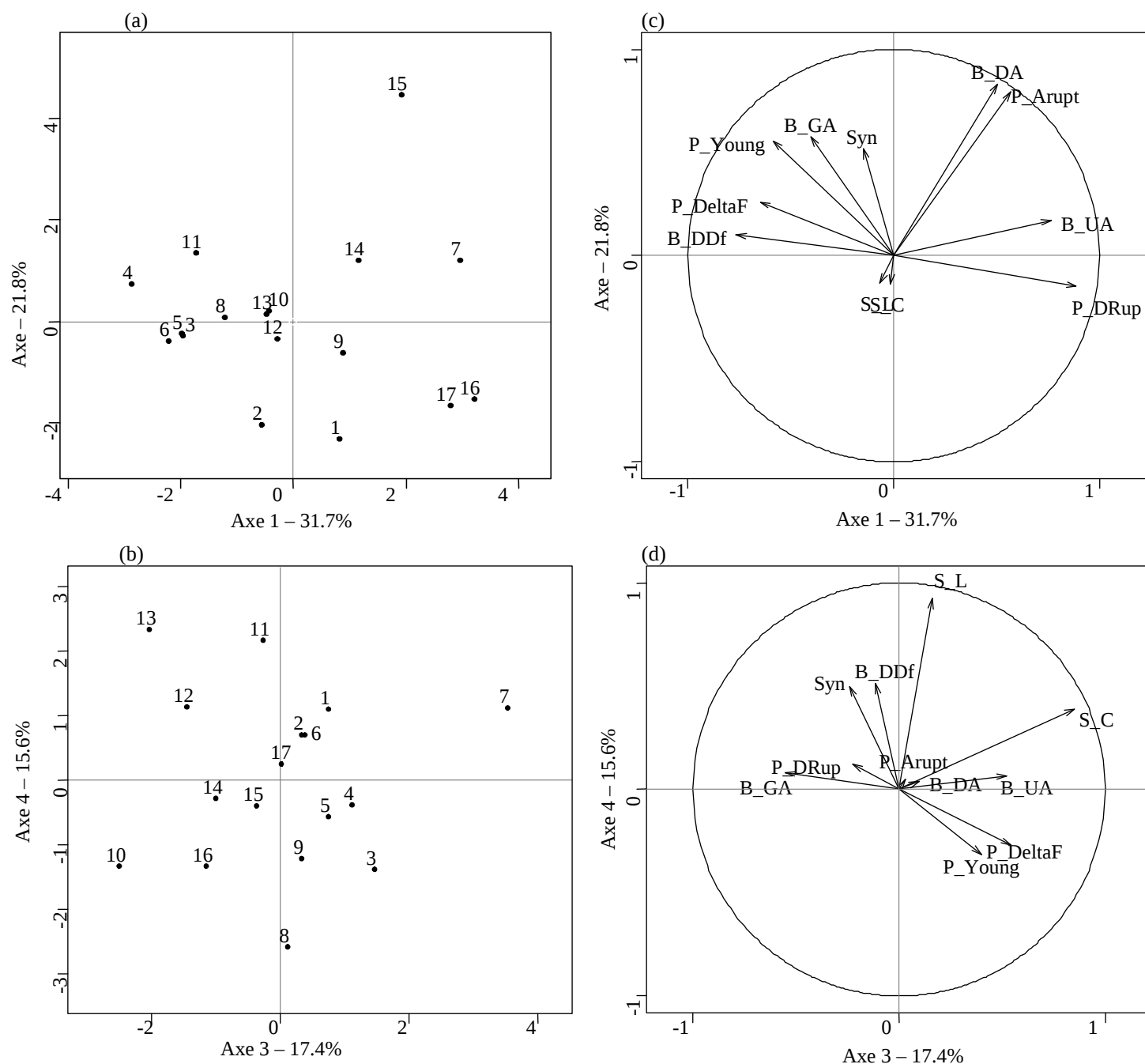


Figure 50 : Résultats de l'ACP sur les données instrumentales : représentation des produits dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4, et représentation des variables sur les cercles des corrélations dans les plans (c) 1x2 et (d) 3x4.

En conclusion, nous constatons que les variables instrumentales apportent des informations complémentaires sur les produits. De plus, au vu des premiers résultats, il semble possible de prédire les données sensorielles par les données instrumentales. La recherche de tels modèles prédictifs fait l'objet du prochain chapitre.

Chapitre 2 : Prédiction des données des profils sensoriels généré_FR et généré_VN par les données instrumentales

Le principal objectif de ce chapitre est de voir s'il est possible de prédire les données des deux panels généré_FR et généré_VN par les données instrumentales précédemment définies, à l'aide de modèles prédictifs PLS2. Nous étudierons successivement le cas où les données à prédire sont celles du panel généré_FR, puis le cas où les données à prédire sont celles du panel généré_VN.

1. Prédiction du profil du panel généré_FR par les mesures instrumentales

Nous allons tout d'abord nous intéresser au degré de similarité entre les données du panel généré_FR et les données instrumentales, puis nous examinerons les résultats du modèle de régression PLS2 visant à prédire les données du panel généré_FR par les données instrumentales.

1.1. Degré de similarité entre les données du panel généré_FR et les données instrumentales

Nous avons évalué le degré de similarité entre les données du panel généré_FR et les données instrumentales de deux manières.

Dans un premier temps, nous avons évalué le degré de similarité entre les données instrumentales et les données issues de chaque sujet du panel généré_FR. Pour cela, nous avons réalisé une ACP de la matrice des coefficients RV entre les données instrumentales et les données individuelles des sujets du panel généré_FR (Figure 51). Même si globalement il existe une certaine structure commune entre les données instrumentales et les données sensorielles des sujets (le coefficient RV moyen vaut $0,31 \pm 0,04$), nous ne pouvons pas considérer les mesures instrumentales comme un substitut parfait à un sujet du panel généré_FR.

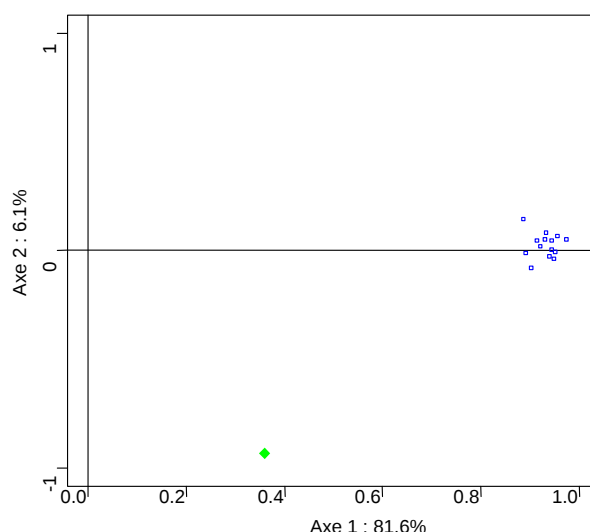


Figure 51 : ACP de la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujet du panel généré_FR (□) et les données instrumentales (◆).

Dans un deuxième temps, nous avons évalué le degré de similarité entre la configuration moyenne des produits issue des données instrumentales (Figure 51 (a) et (b)) et la configuration moyenne des produits issue des données du panel généré_FR¹, à l'aide des coefficients RV et RVs. Le degré de similarité entre les deux configurations est élevé (RV = 0,75 et RVs = 8,0, $p < 0,05$), tout en étant moins élevé que le degré de similarité entre les configurations des produits issues des panels généré_FR et généré_VN. **En conclusion, les mesures instrumentales sont donc assez proches des données du panel généré_FR.**

1.2. Résultats du modèle prédictif généré_FR ~ instrumental

Maintenant que nous avons évalué le degré de similarité entre les données instrumentales et les données du profil du panel généré_FR, nous allons évaluer la possibilité de prédire les données du profil du panel généré_FR par les données instrumentales par régression PLS2.

Pour cela, nous présenterons tout d'abord la qualité du modèle prédictif obtenu, puis nous explorerons plus en détail les résultats du modèle et explorerons les relations qui existent entre les descripteurs sensoriels et les variables instrumentales.

1.2.1. Qualité du modèle prédictif généré_FR ~ instrumental

Nous avons évalué la qualité du modèle prédictif généré_FR ~ instrumental de trois manières. Premièrement, nous avons examiné le pourcentage de la variance utilisé dans les

¹ La configuration des produits du panel généré_FR a été élaborée par ACP. Avec la règle de la valeur propre supérieure à 1, 4 dimensions ont été conservées. Par souci de concision, nous n'avons pas représenté les résultats de cette ACP.

données instrumentales et le pourcentage de la variance expliqué dans les données du panel généré_FR (Tableau 27). Nous avons constaté que les données instrumentales contenaient une part importante d'information (86,3%) qui permettaient de prédire une part importante de l'information des données du panel généré_FR (76,8%).

Deuxièmement, nous avons comparé le modèle généré ~ instrumental au modèle généré_FR ~ généré_VN pour répondre à la question : est-ce que les données instrumentales permettent de prédire les données du panel généré_FR *aussi bien* que le font les données du panel généré_VN ? Nous avons constaté que les données du panel généré_VN permettent d'expliquer une part des données du panel généré_FR très légèrement plus importante par rapport aux données instrumentales (80,1% au lieu de 76,8%, voir Tableau 27).

Enfin, l'examen du critère de validation croisée, le PRESS, nous a montré que le modèle généré_FR ~ instrumental avait un pouvoir prédictif plus élevé que le modèle généré_FR ~ généré_VN. C'est à dire que le modèle généré_FR ~ instrumental fonctionne assez bien sur les données ayant servi à sa calibration, mais moins bien sur des données nouvelles, qui n'ont pas servi à la calibration.

Tableau 27 : Pourcentage de la variance expliqué, pourcentage de la variance utilisé pour la prédiction et PRESS pour les deux modèles de régression PLS2 généré_FR ~ instrumental et généré_FR ~ généré_VN.

	modèle prédictif (*)	
	généré_FR ~ instrumental	généré_FR ~ généré_VN
% de la variance expliqué dans les données du profil du panel généré_FR	76,8	80,1
% de la variance utilisé (dans les données instrumentales ou dans le profil du panel généré_VN)	86,3	87,9
PRESS	11,13	8,34

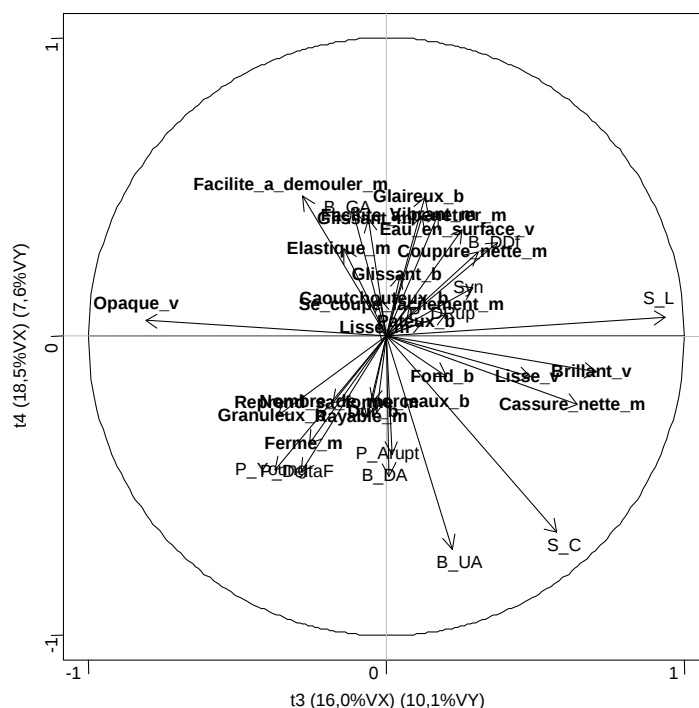
(*) : pour les deux modèles prédictifs, 4 composantes ont été gardées, en prenant comme critère l'évolution du PRESS en fonction du nombre de composantes.

En conclusion, les données instrumentales permettent d'établir un modèle prédictif des données du panel généré_FR assez satisfaisant, même si ce modèle est moins satisfaisant que le modèle généré_FR ~ généré_VN, à la fois en terme de quantité d'information expliquée dans les données du panel généré_FR et en terme de pouvoir prédictif.

1.2.2. Cartes des produits et relations entre les descripteurs sensoriels du panel généré_FR et les variables instrumentales

Nous allons maintenant examiner plus en détail les cartes des produits et les cercles des corrélations obtenus avec le modèle PLS2 généré_FR ~ instrumental (Figure 52). Concernant la carte des produits, nous avons constaté de grandes similarités entre la configuration des produits obtenue avec le profil du panel généré_FR (Figure 29) et la configuration des

(a)



L'examen des cercles des corrélations nous a permis d'identifier les relations entre les descripteurs sensoriels du panel généré_FR et les variables instrumentales. Dans le plan 1x2

(Figure 52 (c)), une partie des descripteurs du panel généré_FR peut être reliée de manière simple aux variables instrumentales. Ainsi le descripteur *glaireux (en bouche)* est relié à la variable instrumentale de pénétration P_Drup : plus un produit aura une déformation à la rupture importante, plus il sera perçu comme glaireux, élastique et caoutchouteux. Les descripteurs *facilité à pénétrer (en main)*, *se coupe facilement (en main)* et *nombre de morceaux (en bouche)* sont négativement corrélés à la variable P_DRup. Le descripteur *eau en surface (visuel)* est relié à la variable instrumentale Syn. Ici, il est normal de trouver une relation entre la quantité d'eau en surface du produit évaluée par les panélistes, et la quantité d'eau en surface réellement mesurée. Les descripteurs *rayable (en main)* et *fond (en bouche)* sont négativement corrélés aux variables B_DA et P_Arupt. Le descripteur *ferme (en main)* et son opposé *vibrant (en main)* sont reliés aux variables P_Young et B_DDf. Il est classique de trouver une relation entre la fermeté des produits et le module d'Young ou le module de déformation (e.g. Damasio *et al.*, 1990), mais moins avec un paramètre rendant compte du caractère sismique des courbes de back extrusion. Le descripteur *glissant (en main)* est relié aux variables B_GA et Syn : plus un produit a une synérèse élevée et une valeur de B_GA élevée, plus il sera glissant en main. Plus la variable B_GA est élevée, plus la différence entre l'aire sous la courbe pendant les phases de descente et de remontée est élevée (les produits offrent moins de résistance au déplacement du piston pendant la phase de remontée que pendant la phase de descente).

Sur le cercle des corrélations dans le plan 3x4, le descripteur *opaque (visuel)* est corrélé négativement à la variable de clarté S_L. Cette variable instrumentale semble être appropriée pour prédire le descripteur opaque. Le descripteur *facilité à démouler (en main)* est négativement corrélée à la variable instrumentale de back extrusion B_UA (aire sous la courbe pendant la phase de remontée du piston). Le produit le plus difficile à démouler (produit 7) a une valeur de B_UA plus élevée. Ceci s'explique par le fait que ce produit, formulé à base de gélatine, a la propriété de coller aux parois de la cellule de back-extrusion, du piston, ainsi qu'aux autres morceaux de gélatine.

Certains descripteurs sensoriels semblent ne pas pouvoir être reliés à des variables instrumentales de manière simple. Un premier groupe de descripteurs difficiles à prédire rassemble des descripteurs reliés à l'apparence visuelle de la surface après cassure ou coupure du produit : *cassure nette (en main)* et *coupure nette (en main)*. Un deuxième groupe rassemble des descripteurs relatifs à l'élasticité des produits : *élastique (en main)*, *reprend sa*

forme (en main) et *caoutchouteux (en bouche)*. Pour ces descripteurs, l'absence de corrélation avec des variables rhéologiques semble provenir du fait que les mesures de rhéologie ont été réalisées dans des conditions différentes de celles utilisées par les panélistes : les panélistes ont évalué l'élasticité en étirant le produit et le caoutchouteux en évaluant si le produit revenait à sa position initiale après déformation (Tableau 9). Un troisième groupe rassemble des descripteurs reliés à l'aspect lisse ou glissant des produits : *lisse (en main)*, *glissant (en bouche)*. Un quatrième groupe rassemble des descripteurs relatifs à l'aspect brillant ou lisse : *lisse (visuel)* et *brillant (visuel)*. Un cinquième groupe rassemble deux descripteurs opposés liés à la dureté : *pâteux (en bouche)* et *dur (en bouche)*. Il est surprenant de ne trouver aucune variable de rhéologie corrélée de manière simple à ces descripteurs, alors que nous avons trouvé des variables de rhéologie corrélées au descripteur *ferme (en main)*. Cependant, nos mesures instrumentales ne visaient pas à déterminer la facilité à former une pâte, ce qui suppose une action particulière sur le produit, a priori plus difficile à imiter avec un test instrumental. Le développement d'un test spécifique pour évaluer le caractère pâteux des produits semble donc nécessaire. Le descripteur *granuleux (en bouche)* n'est relié à aucune variable instrumentale de manière simple, mais aucune mesure instrumentale ne permettait a priori de mesurer ce paramètre.

En conclusion, **les données du profil genere_FR peuvent être prédites par les données instrumentales de manière satisfaisante**, et un nombre important de descripteurs peut être relié de manière simple à une ou plusieurs variables instrumentales. Cependant, la prédiction des données sensorielles du profil genere_FR par les données instrumentales est de légèrement moins bonne qualité qu'avec les données du profil genere_VN (comme nous l'ont montré l'examen de la quantité d'information prédite dans les données du profil genere_FR et l'examen du pouvoir prédictif des deux modèles). De manière plus détaillée, **certains descripteurs du panel genere_FR qui étaient mal reliés aux descripteurs du panel genere_VN** (voir page 118) **peuvent être reliés de manière plus simple à des variables instrumentales**. Il s'agit des descripteurs *opaque (visuel)*, *glaireux (en bouche)* et *facilité à démouler (en main)*. Il apparaît donc que les mesures instrumentales apportent des informations complémentaires par rapport aux données du panel genere_VN pour prédire les données du panel genere_FR. Nous notons également que certains descripteurs du panel genere_FR ne peuvent être reliés de manière simple ni à des descripteurs du panel genere_VN ni à des variables instrumentales : *reprend sa forme (en main)*, *coupure nette (en main)*, *lisse*

(en main), cassure nette (en main), brillant (visuel) et granuleux (en bouche). **Il apparaît donc qu'une partie de l'information du panel genere_FR ne se retrouve de manière simple ni dans les données du panel genere_VN ni dans les mesures instrumentales.**

Nous allons maintenant voir si les données instrumentales permettent de bien prédire les données du panel genere_VN.

2. Prédiction du profil du panel généré_VN par les variables instrumentales

Nous adopterons ici une présentation des résultats très similaire à celle adoptée pour le modèle généré_FR ~ instrumental : nous étudierons tout d'abord le degré de similarité entre les données du panel généré_VN et les données instrumentales, puis nous examinerons les résultats du modèle prédictif généré_VN ~ instrumental.

2.1. Degré de similarité entre les données du panel généré_VN et les données instrumentales

Nous avons évalué le degré de similarité entre les données du panel généré_VN et les données instrumentales selon les mêmes critères que lors de la présentation du modèle généré_FR ~ instrumental.

Premièrement, nous avons évalué le degré de similarité entre les données instrumentales et les données issues de chaque sujet du panel généré_VN, en réalisant une ACP sur la matrice des coefficients RV entre les données instrumentales et les données individuelles des sujets du panel généré_VN (Figure 53). Même si globalement il existe une certaine structure commune entre les données instrumentales et les données sensorielles des sujets (le coefficient RV moyen vaut $0,35 \pm 0,13$), nous ne pouvons pas considérer les mesures instrumentales comme un substitut parfait à un sujet du panel généré_VN.

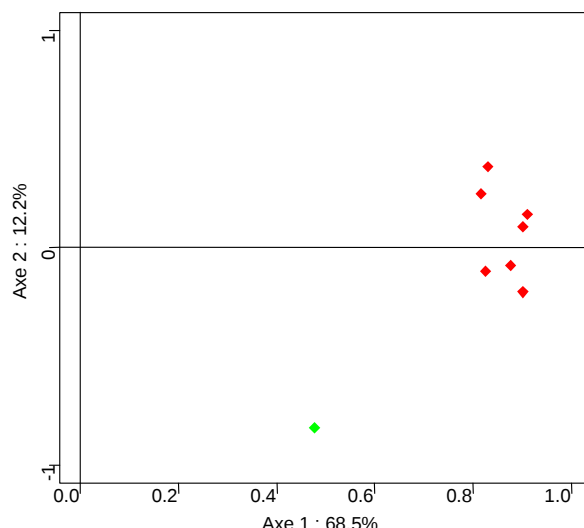


Figure 53 : ACP de la matrice des coefficients RV entre les données individuelles des sujet du panel généré_VN (♦) et les données instrumentales (◆).

Deuxièmement, nous avons évalué le degré de similarité entre la configuration moyenne des produits issue des données instrumentales (Figure 53 (a) et (b)) et la configuration moyenne des produits issue des données du panel généré_VN¹, à l'aide des coefficients RV et RVs. Le degré de similarité entre les deux configurations est assez élevé ($RV = 0,60$ et $RVs = 5,93$, $p < 0,05$), tout en étant moins élevé que le degré de similarité entre les configurations des produits issues des panels généré_FR et généré_VN. **En conclusion, les mesures instrumentales sont donc assez proches des données du panel généré_VN.**

Nous allons maintenant évaluer la possibilité de prédire les données du panel généré_FR par les données instrumentales à l'aide d'un modèle de régression PLS2.

2.2. Résultats du modèle prédictif généré_VN ~ instrumental

Nous présenterons tout d'abord la qualité du modèle généré_VN ~ instrumental, puis nous explorerons plus en détail les résultats de ce modèle et explorerons les relations entre les descripteurs sensoriels du panel généré_VN et les variables instrumentales.

2.2.1. Qualité du modèle prédictif généré_VN ~ instrumental

Nous avons évalué la qualité du modèle prédictif généré_VN ~ instrumental selon les trois mêmes critères que pour le modèle généré_FR ~ instrumental. Premièrement, nous avons examiné le pourcentage de la variance utilisé dans les données instrumentales et le pourcentage de la variance expliqué dans les données du panel généré_FR (Tableau 28). Les données

¹ La configuration des produits du panel généré_VN a été élaborée par ACP. Avec la règle de la valeur propre supérieure à 1, 4 dimensions ont été conservées. Par souci de concision, nous n'avons pas représenté les résultats de cette ACP.

instrumentales contiennent une part importante d'information (86,1) qui permet de prédire environ le tiers de l'information des données du panel généré_VN (67,2%).

Tableau 28 : Pourcentage de la variance expliquée, pourcentage de la variance utilisée pour la prédiction et PRESS pour les deux modèles de régression PLS2 généré_FR ~ instrumental et généré_VN ~ généré_FR

	modèle prédictif (*)	
	généré_VN ~ instrumental	généré_VN ~ généré_FR
% de la variance expliquée dans les données du profil du panel généré_FR	67,2	80,5
% de la variance utilisée (dans les données instrumentales ou dans le profil de généré_VN)	86,1	88,5
PRESS	13,11	7,72

(*) : pour les deux modèles prédictifs, 4 composantes ont été gardées, en prenant comme critère l'évolution du PRESS en fonction du nombre de composantes.

Deuxièmement, nous avons comparé le modèle généré_VN ~ instrumental au modèle généré_VN ~ généré_FR pour voir s'il était possible de prédire les données du panel généré_VN avec données instrumentales aussi bien qu'avec les données du panel généré_FR. Nous avons constaté que les données du panel généré_FR permettent d'expliquer une part des données du panel généré_VN plus importante par rapport aux données instrumentales (80,5% au lieu de 67,2%, voir Tableau 28).

Troisièmement, l'examen du PRESS, nous a montré que le modèle généré_VN ~ instrumental avait un pouvoir prédictif plus élevé que le modèle généré_VN ~ généré_FR : le modèle généré_VN ~ instrumental fonctionne assez bien sur les données ayant servi à sa calibration, mais moins bien sur des données nouvelles n'ayant pas servi à la calibration.

En conclusion, les données instrumentales permettent d'établir un modèle prédictif des données du panel généré_VN assez satisfaisant, même si ce modèle est moins satisfaisant que le modèle généré_VN ~ généré_FR, à la fois en terme de quantité d'information expliquée dans les données du panel généré_VN et en terme de pouvoir prédictif.

Nous allons maintenant examiner les cartes des produits et les relations entre les descripteurs sensoriels du panel généré_VN et les variables instrumentales

2.2.2. Cartes des produits et relations entre les descripteurs sensoriels du panel généré_VN et les variables instrumentales

Concernant les cartes des produits, nous avons constaté de grandes similarités entre la configuration des produits obtenue avec le profil du panel généré_VN (Figure 29) et la configuration des produits obtenue par régression PLS2 (Figure 54 (a) et (b)).

L'examen des cercles des corrélations nous a permis d'identifier les relations entre les descripteurs sensoriels du panel généré_VN et les variables instrumentales. Sur le cercle des

corrélations dans le plan 1x2, une partie des descripteurs du panel peut être reliée de manière simple à des variables instrumentales. Ainsi, le descripteur *bề mặt láng* (surface lisse, visuel) et un descripteur qui lui est opposé sur le cercle des corrélations, *lỏng* (flasque, en main), sont reliés à la variable P_Young. S'il apparaît logique de trouver une relation entre *lỏng* (flasque, en main) et P_Young, la relation entre *bề mặt láng* (surface lisse, visuel) et P_Young semble davantage être due au hasard et non à une relation de cause à effet. Les descripteurs *dễ cắt* (facile à pénétrer, en main) et *dễ nhai* (facile à mâcher, en bouche) sont négativement reliés à la variable P_Drup. Les descripteurs *mềm* (mou, en bouche), *dễ vỡ nát* (facile à écraser, en main), *dễ tan* (fondant, en bouche) et *dễ nát* (pâte, en bouche) sont négativement reliés aux variables P_A_rupt et B_DA. Le descripteur *có nước* (eau en surface, visuel) n'est qu'assez mal relié à la variable instrumentale Syn rendant compte de la synérèse du produit. Le descripteur *trơn láng* (glissant, en main) est relié à la variable B_GA.

Sur le cercle des corrélations dans le plan 3x4, le descripteur *trong* (transparent, visuel) et un descripteur qui lui est opposé sur le cercle des corrélations, *bề mặt có bọt* (bulles d'air, visuel), sont reliés à la variable clarté S_L. Ici, la relation entre *bề mặt có bọt* (bulles d'air, visuel) et S_L semble difficilement interprétable. Le descripteur *mặt cắt phẳng* (coupure lisse, en main) est négativement corrélé aux variables P_Young et P_DeltaF. Ainsi, plus un produit a un module d'Young élevé et un rapport entre la force à la première rupture et la deuxième rupture élevé, moins la surface coupée du produit sera lisse. Nous remarquons que cette association existait également avec le panel généré_FR pour le descripteur *coupure nette* (en main), mais de manière beaucoup moins forte.

Enfin, certains descripteurs semblent ne pas pouvoir être reliés à des variables instrumentales de manière simple. Un premier groupe de descripteurs difficiles à prédire rassemble des descripteurs reliés à l'aspect pâteux des produits : *nhão* (pâteux, en main), *nhão* (pâteux, en bouche), *mềm* (mou, en main) et *dính* (collant, en bouche). Un deuxième groupe rassemble des descripteurs relatifs au caractère lisse ou glissant des produits en bouche : *mịn* (lisse, en bouche), *trơn* (glissant, en bouche). Un troisième groupe rassemble des descripteurs reliés à l'élasticité : *đàn hồi* (élastique, en main) et *dai* (coriace, en bouche). Enfin, le descripteur *động lại lợn cợn ở cổ* (granuleux, impression résiduelle) n'est relié à aucune variable instrumentale de manière simple.

En conclusion, **les données du profil généré_VN peuvent être prédites par les données instrumentales de manière assez satisfaisante**, et un nombre important de

descripteurs peut être relié de manière simple à une ou plusieurs variables instrumentales. Cependant, la qualité de la prédiction des données sensorielles du profil généré_VN par les données instrumentales est de moins bonne qualité qu'avec les données du profil généré_FR (comme nous l'ont montré l'examen de la quantité d'information prédite dans les données du profil généré_VN et l'examen du pouvoir prédictif des deux modèles). De manière plus détaillée, **certain descripteurs du panel généré_VN qui étaient mal reliés aux descripteurs du panel généré_FR peuvent être reliés de manière plus simple à des variables instrumentales instrumentales : *mặt cắt phẳng* (coupure lisse, en main) et *trong* (transparent, visuel).** Les mesures instrumentales apportent donc des informations complémentaires par rapport aux données du panel généré_FR pour prédire les données du panel généré_VN. Certains descripteurs du panel généré_VN ne peuvent être reliés de manière simple ni à des descripteurs du panel généré_FR ni à des variables instrumentales : *mịn* (lisse, en bouche), *động lại lợn cợn ở cổ* (granuleux, impression résiduelle). **Une partie de l'information du panel généré_VN ne se retrouve de manière simple ni dans les données du panel généré_FR ni dans les mesures instrumentales.**

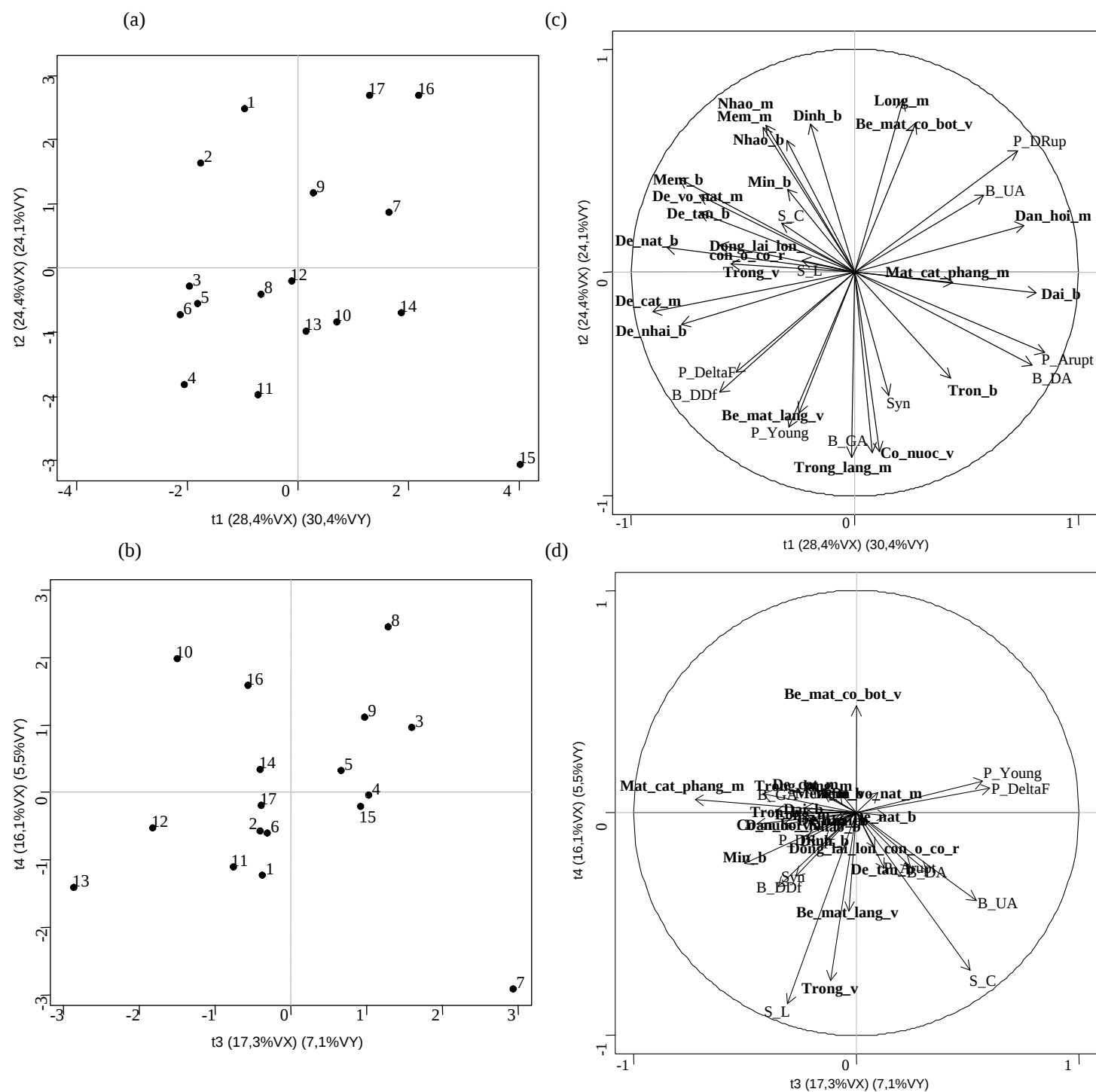


Figure 54 : Résultats de la régression PLS2 selon le modèle $Y(\text{génééré_VN}) \sim X(\text{instrumental})$. Représentation des produits dans les plans (a) 1x2 et (b) 3x4, et représentation des descripteurs sensoriels (en gras) et des variables instrumentales sur les cercles des corrélations dans les plans (c) 1x2 et (d) 3x4.

3. Bilan des prédictions des profils sensoriels des panels généré_FR et généré_VN par les données instrumentales

L'objectif principal de cette partie était de savoir s'il était possible de prédire les données de généré_FR et généré_VN par les données instrumentales. Il ressort que cela est possible, comme en témoignent la qualité des modèles prédictifs PLS2 établis. Les relations

entre les descripteurs sensoriels des deux panels généré_FR et généré_VN et les variables instrumentales identifiées grâce aux modèles PLS2 sont présentés dans le Tableau 29. Pour une partie des descripteurs, nous avons pu identifier des relations simples avec une ou deux variables instrumentales. Ces relations ont été mises en regard pour les panels des deux pays, et permettent souvent de suggérer des relations linéaires simples entre un descripteur français, un descripteur vietnamien et une variable instrumentale. Ceci constitue également une sorte de validation de ces relations. Un autre type de validation aurait consisté à demander aux panels d'évaluer une nouvelle gamme de produits formulés, aux propriétés d'apparence visuelle et de texture voisines des 17 produits étudiés (tout en restant dans la même gamme), puis à effectuer de nouvelles mesures instrumentales et enfin à vérifier si les modèles prédictifs établis ici étaient stables sur un nouveau jeu de données. Cette approche, longue, n'a pu être mise en place dans le cadre de ce travail.

Il demeure néanmoins des descripteurs sensoriels qui n'ont pu être reliés de manière simple ni à des variables instrumentales, ni à des descripteurs du panel de l'autre pays (Tableau 29). Ainsi, certains descripteurs seraient propres à chaque panel. De plus, nous avons montré que les modèles PLS2 généré_FR ~ instrumental et généré_VN ~ instrumental étaient de moins bonne qualité (au sens du pourcentage de la variance des données sensorielles expliqué) que les modèles généré_FR ~ généré_VN ou généré_VN ~ généré_FR. Ainsi, les mesures instrumentales prédisent moins bien les deux profils sensoriels que les deux profils sensoriels ne le font entre eux, bien qu'ils aient été établis de manière indépendante par deux panels de cultures différentes.

Tableau 29 : Récapitulation des relations identifiées à l'aide des modèles PLS2 entre les descripteurs sensoriels des panels *général_FR* et *général_VN* d'une part, et les variables instrumentales d'autre part. Les descripteurs sensoriels en italique sont ceux qui n'ont pu être reliés ni à un descripteur de l'autre panel, ni à une variable instrumentale).

modèle <i>général_FR</i> ~ instrumental		modèle <i>général_VN</i> ~ instrumental	
descripteurs sensoriels	variables instrumentales	variables instrumentales	descripteurs sensoriels
glacés (en bouche)	P_DRup (+)	P_DRup (-)	dễ cắt (facile à pénétrer, en main)
facilité à pénétrer (en main) ; se coupe facilement (en main) ; nombre de morceaux (en bouche)	P_DRup (-)	P_DRup (-)	dễ nhai (facile à mâcher, en bouche)
vibrant (en main)	P_Young (-) ; B_DDf (-)	P_Young (-)	lỏng (flasque, en main)
ferme (en main)	P_Young (+) ; B_DDf (+)	P_Young (+)	bề mặt láng (surface lisse, visuel)
fond (en bouche) ; rayable (en main)	B_DA (-) ; P_Arupt (-)	B_DA (-) ; P_Arupt (-)	dễ tan (fondant, en bouche) ; mềm (mou, en bouche) ; dễ vỡ nát (facile à écraser, en main) ; dễ nát (pâte, en bouche)
glissant (en main)	B_GA (+) ; Syn (+)	B_GA (+)	trơn láng (glissant, en main)
facilité à démouler (en main)	B_UA (-)		
opaque (visuel)	S_L (-)	S_L (+) ; S_L (-) ; P_Young (-) ; P_DeltaF (-)	trong (transparent, visuel) ; bề mặt có bọt (bulles d'air, visuel) ; mặt cắt phẳng (coupure lisse, en main)
eau en surface (visuel)	Syn (+)	Syn (+)	có nước (eau en surface, visuel)
<i>lisse (en main) ; glissant (en bouche)</i>	-	-	<i>mịn (lisse, en bouche) ; trơn (glissant, en bouche)</i>
<i>lisse (visuel) ; brillant (visuel)</i>	-		
élastique (en main) ; <i>reprend sa forme (en main) ; caoutchouteux (en bouche)</i>	-	-	đàn hồi (élastique, en main) ; dai (coriace, en bouche)
<i>cassure nette (en main) ; coupure nette (en main)</i>	-		
pâteux (en bouche) ; dur (en bouche)	-	-	nhão (pâteux, en main) ; nhão (pâteux, en bouche) ; mềm (mou, en main) ; dính (collant, en bouche)
<i>granuleux (en bouche)</i>	-	-	<i>động lại lợn cợn ở cổ (granuleux, impression résiduelle)</i>

Partie 7 : Discussion générale

Afin d'avoir une vision globale des différents résultats présentés dans les trois parties précédentes et d'étayer notre discussion générale par des données chiffrées et des figures, nous avons calculé les coefficients RV entre les configurations des produits obtenues avec les différentes méthodes sensorielles dans les deux pays, et avec les mesures instrumentales. Les résultats de ces calculs sont présentés en Annexe 19. Les coefficients RV sont compris entre 0,49 et 0,95 avec une moyenne de 0,67. Le calcul des coefficients NRV montre que ces coefficients sont tous significatifs (ils sont tous supérieurs à 4, $p < 0,05$). Les coefficients NRV sont présentés en Annexe 20.

Afin d'avoir une vision encore plus synthétique des relations entre les méthodes, nous avons réalisé une ACP de la matrice des coefficients RV et représenté les résultats sur la Figure 55.

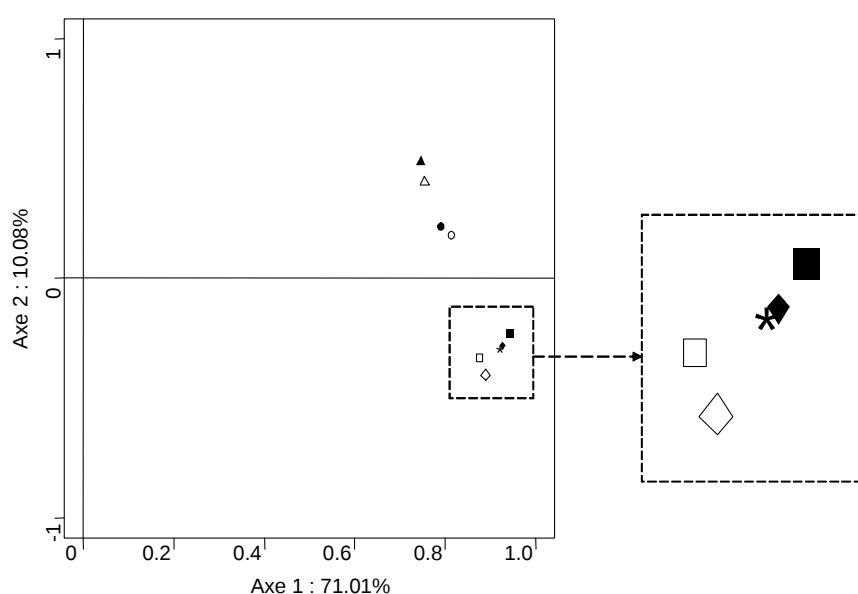


Figure 55 : ACP de la matrice des coefficients RV entre les configurations du tri libre en France ($\blacktriangle$), du tri libre au Vietnam ($\triangle$), du profil flash en France ($\bullet$), du profil flash au Vietnam ($\circ$), du profil conventionnel avec génération de descripteurs en France ($\blacksquare$), du profil conventionnel avec génération de descripteurs au Vietnam ($\square$), du profil conventionnel avec descripteurs vietnamiens traduits en français et utilisés en France ($\diamond$), du profil conventionnel avec descripteurs français traduits en vietnamiens et utilisés au Vietnam ($\blacklozenge$) et des mesures instrumentales (*).

La Figure 55 nous permet d'identifier trois grands groupes assez homogènes. Le premier rassemble les données du tri libre en France et au Vietnam. Le second rassemble les données du profil flash en France et au Vietnam. Le troisième rassemble les données des profils

conventionnels avec génération de descripteurs ou avec descripteurs imposés en France et au Vietnam, et les mesures instrumentales.

Dans une approche similaire à celle que nous avons adoptée avec celle des coefficients RV ci-dessus, nous avons également comparé le degré de similarité des configurations des produits obtenues avec les différentes méthodes sensorielles dans les deux pays, et avec les mesures instrumentales à l'aide de l'AFM (Figure 56).

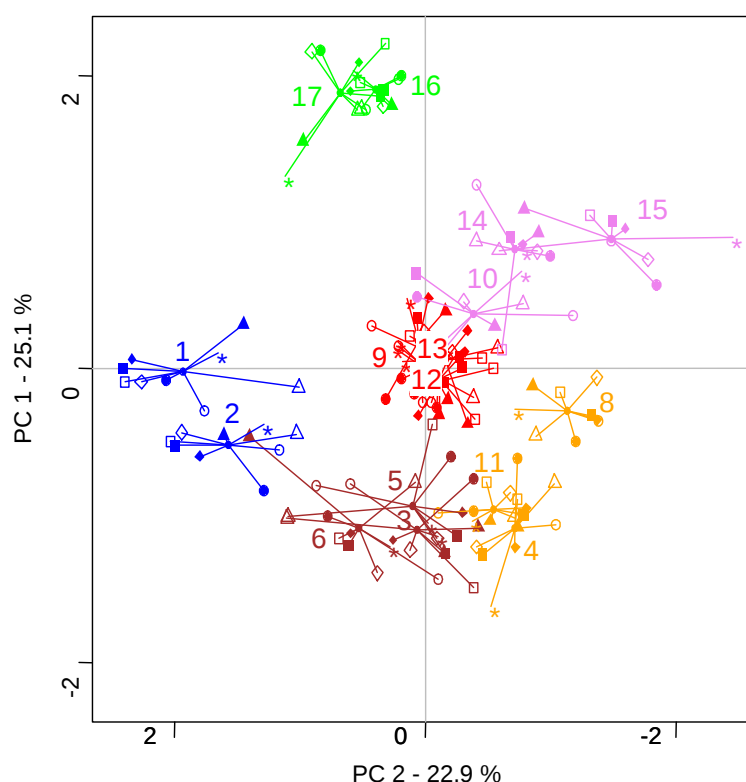


Figure 56 : Résultats de l'AFM comparant les configurations obtenues avec le tri libre en France (▲), le tri libre au Vietnam (Δ), le profil flash en France (●), le profil flash au Vietnam (○), le profil conventionnel avec génération de descripteurs en France (■), le profil conventionnel avec génération de descripteurs au Vietnam (□), le profil conventionnel avec descripteurs vietnamiens traduits en français et utilisés en France (◇), le profil conventionnel avec descripteurs français traduits en vietnamiens et utilisés au Vietnam (◆) et les mesures instrumentales (*). Les couleurs correspondent aux groupes identifiés par CAH.

La Figure 56 montre que globalement, les mesures instrumentales et les différentes méthodes sensorielles appliquées dans les deux pays apportent des résultats assez comparables en termes de position relative des produits sur les cartes sensorielles. Il existe à la fois des produits présentant des différences sensorielles faibles (e.g. les produits 3 et 5) et d'autres présentant des différences sensorielles plus importantes (e.g. les produits 1 et 15). Par ailleurs, il ressort que les propriétés de texture (et d'apparence visuelle) varient de manière assez indépendantes les unes des autres : les poids des deux premières composantes

principales de l'AFM présentée sur la Figure 56 sont assez faibles, et du même ordre de grandeur. Face à cet espace produit assez complexe, on peut se demander quelles sont les différences au niveau de la caractérisation sensorielle entre les deux cultures, au-delà des similarités entre les configurations des produits identifiées Figure 56.

1. Différences de caractérisation sensorielle entre les deux cultures

La première partie des résultats (comparaison du tri libre, du profil flash et du profil conventionnel avec génération de descripteurs, en France et au Vietnam) nous a permis d'étudier et de quantifier les différences de caractérisation sensorielle réalisées par des groupes de sujets français et vietnamiens travaillant de manière indépendante. Les résultats de la partie non verbale du tri libre nous ont montré que pour la majorité des produits, les sujets français et vietnamiens ont spontanément fait des groupes de produits qui se ressemblent : il existe peu de différence entre les deux cultures au niveau de la manière de catégoriser les produits. Ces résultats, établis sur l'apparence visuelle et la texture de 18 produits, vont dans le même sens que ceux établis par Chr  a *et al.* (2004), qui ont trouvé que des sujets français et vietnamiens, réalisant une tâche de tri libre sur 40 odeurs (alimentaires ou non alimentaires), obtenaient des groupes de produits similaires. Ces auteurs ont cependant remarqué qu'il existait des différences entre les deux cultures au niveau de la catégorisation de certaines odeurs, et ont expliqué ces différences de catégorisation par le fait que les sujets n'ont pas accordé la même fonction aux odeurs : par exemple, les Français ont décrit les odeurs de fruits comme « bonbons » et les odeurs de fleurs comme « cosmétiques », alors que les Vietnamiens ont pas utilisé de telles descriptions.

Dans notre cas, nous avons également constaté des différences de catégorisation entre les deux cultures pour certains produits. L'analyse des mots donnés par les sujets pour décrire les groupes de produits à l'issue de l'épreuve de tri suggère que lorsqu'ils ont fait leurs groupes de produits, les sujets français et vietnamiens n'ont pas utilisé exactement les mêmes critères. Par exemple, les sujets français et vietnamiens ont été en accord concernant le groupement des produits 1 et 2, formulés à base de pectine LM. Cependant les sujets français ont également associé le produit 6 aux produits 1 et 2 et ont décrit ce groupe comme « mou, fondant et transparent », alors que les sujets vietnamiens ont associé les produits 3 et 5 aux produits 1 et 2 et ont décrit ce groupe comme « mou, fondant, pâteux et facile à casser ». Ainsi, sur cet exemple, les sujets français semblent s'être basés à la fois sur des critères de texture et des critères visuels, alors que les sujets vietnamiens semblent plutôt s'être basés sur

des critères de texture uniquement. Cependant, ces différences de catégorisation de produits, si elles existent, semblent quantitativement faible : avec le tri libre, nous avons trouvé que la variabilité entre sujets français et sujets vietnamiens est du même ordre de grandeur que la variabilité entre les sujets d'une même culture. Ainsi, des sujets non entraînés, de cultures très différentes et utilisant une approche non verbale, ont spontanément catégorisé des stimuli présentant des apparences visuelles et des textures variées de manière similaire.

La comparaison des deux cultures à l'aide du profil flash, qui a également été mis en œuvre dans les deux cultures avec des sujets non entraînés, amène certains résultats qui vont dans le même sens que ceux du tri libre. En effet, nous avons montré qu'il existe une forte similarité globale entre les configurations des produits en France au Vietnam, comme avec le tri libre. Cependant, une analyse plus fine montre qu'il existe des différences systématiques entre les sujets des deux cultures avec le profil flash. Tout d'abord, davantage de mots ont été utilisés par les sujets français pour décrire l'espace produit. Ensuite, le nombre de dimensions sensorielles sous-jacentes est plus élevé en France qu'au Vietnam (aussi bien au niveau individuel qu'au niveau du groupe). Enfin, nous avons montré que les sujets vietnamiens avaient utilisé leurs descripteurs pour classer les produits de manière assez similaire, alors que les sujets français ont plutôt eu tendance à utiliser leurs descripteurs pour classer les produits de manière plus diverse. Ainsi, avec le profil flash, nous observons que les sujets vietnamiens ont utilisé moins de mots pour décrire les produits, et ont eu tendance à utiliser ces mots de la même manière.

Deux facteurs peuvent être avancés pour expliquer ces différences entre les deux cultures. Le premier facteur est la richesse du langage. Il est connu que dans certaines cultures, il y a plus d'un mot pour décrire une sensation. Par exemple les Malais ont trois mots pour décrire la sensation amère (O'Mahony et Carmen Manzano Alba, 1980). Un autre exemple fréquemment cité est celui des Esquimaux qui ont des dizaines de mots pour décrire la neige alors que les Aztèques anciens, dans un contexte de vie totalement différent, décrivaient les notions de « neige », « glace » et « froid » à l'aide d'un seul mot dont seule la terminaison changeait (Hoermann, 1971). Ou encore des japonais, qui ont une grande diversité de termes de texture, en raison d'une plus grande diversité de textures dans leur alimentation (Muñoz et Civile, 1998). De manière surprenante, nos résultats tendent à montrer un effet opposé à ce qui est décrit dans la littérature : le groupe le plus en contact avec les gels, les Vietnamiens, semble avoir eu une moins grande richesse de vocabulaire

pour décrire l'apparence visuelle et la texture des gels. Ceci nous amène à considérer notre deuxième facteur, la familiarité avec les produits. Selon Zannoni (1997), la langue et les habitudes alimentaires d'un peuple sont des signes d'appartenance à une culture, en conséquence ils sont tous deux profondément intériorisés comme des valeurs de base par les membres de chaque nation. Dans notre cas, les sujets français étaient moins familiers avec les produits que les sujets vietnamiens. Face à la découverte de la diversité de textures rencontrée dans un espace produit qui leur était peu familier, les sujets français semblent avoir cherché à décrire les produits de manière plus fouillée et aurait été plus curieux que les sujets vietnamiens. Une observation qualitative vient corroborer cette hypothèse : les descripteurs ainsi que les descriptions des protocoles utilisés par les sujets de profil flash sont beaucoup plus détaillés en France (Annexe 15) qu'au Vietnam (Annexe 16). Par ailleurs, la plus grande familiarité des sujets vietnamiens avec les produits peut expliquer pourquoi ils ont utilisé des descripteurs qui ont donné lieu à des classements similaires. Nous pouvons faire l'hypothèse que les sujets vietnamiens ont généré des mots qui sont habituellement utilisés dans leur culture pour décrire les produits de type gel. À l'inverse, les sujets français semblent avoir choisi des notions plus idiosyncratiques pour décrire les produits nouveaux qui leur étaient présentés.

Les résultats du profil conventionnel avec génération de descripteurs ont montré qu'il existe une très forte similarité globale entre les configurations des produits dans les deux pays. Ces résultats vont dans le même sens que d'autres études dont le but était de comparer le profil conventionnel établi de manière indépendante dans des cultures différentes (Mojet et de Jong, 1994 ; de Jong *et al.*, 1998 ; Nielsen et Zannoni, 1998 ; Drake *et al.*, 2005 ; Follet *et al.*, 2006). Nous avons cherché à quantifier le degré de similarité entre les configurations des produits obtenues en France et au Vietnam. Ainsi, les coefficients RV et NRV entre les profils généré_FR et généré_VN sont respectivement de 0,86 et 9,69 ($p < 0,05$), indiquant une forte similarité globale. Drake *et al.* (2005), qui ont étudié les profils de trois panels travaillant de manière indépendante sur les mêmes 12 fromages en Irlande, en Nouvelle-Zélande et aux États-Unis, ont trouvé des coefficients NRV compris entre 4,2 et 7,0. Follet *et al.* (2006), qui ont comparé les profils sensoriels de 14 rhums établis par deux panels au Royaume-Uni et un panel aux États-Unis travaillant de manière indépendante, ont trouvé des coefficients RV compris entre 0,80 et 0,84. Baty-Julien *et al.* (2003), qui ont comparé les profils sensoriels de deux panels français travaillant de manière indépendante sur deux espaces produits (haricots

verts et petits pois), ont trouvé un coefficient RV de 0,84 pour les deux espaces produits. Nos résultats, indiqueraient donc une plus forte similarité globale (ou, du moins, du même ordre de grandeur) entre deux panels de cultures très différentes (occidentale et asiatique) que ce qui a été trouvé dans la littérature entre des panels de différentes cultures occidentales, ou même au sein de la même culture. Ce résultat, a priori surprenant, est sans doute à mettre en relation avec le choix de l'espace produit et des produits qui le composent. En effet, le degré de similarité entre les profils donnés par un panel A et un panel B dépend non seulement de la similarité entre ces deux panels, mais également de la difficulté de la tâche qui leur est demandée. En particulier, il est apparu que les produits 16 et 17 d'une part (très mous, très élastiques et coriaces) et les produits 1, 2 et 9 d'autre part (pâteux, fondants et mous) ont été perçus comme très différents des autres. Il est possible que la tâche demandée aux sujets ait été plus facile (en raison de différences sensorielles importantes entre certains produits) que dans le cas de Drake *et al.* (2005) et Follet *et al.* (2006).

Une autre hypothèse qui permettrait d'expliquer cette observation est que nous avons travaillé sur la texture (et l'apparence visuelle), et non pas sur d'autres modalités sensorielles. Or, il est généralement admis en analyse sensorielle que travailler sur la texture est « plus facile » que travailler sur les saveurs, par exemple. Ainsi, Nielsen et Zannoni (1998), dans leur démarche de construction d'un langage commun pour la description sensorielle de fromages, ont montré que l'accord de 7 panels de différents pays européens dépend fortement de la modalité sensorielle : globalement, le consensus concernant la texture a été meilleur qu'avec les autres modalités. Si nous avions étudié d'autres modalités sensorielles, nous aurions peut-être mis en évidence des différences plus importantes entre les deux cultures. À l'issue de ce travail, il nous paraît potentiellement intéressant de disposer d'un moyen de mesurer la difficulté de la tâche de description demandée aux sujets. Cette mesure pourrait inclure deux aspects : la prise en compte de la dimensionnalité de l'espace produit et la distance entre les produits.

Au-delà du fait que les configurations des produits établis par les panels de profil conventionnel avec génération de descripteurs sont très similaires en France et au Vietnam, nous avons également identifié certaines différences entre les deux cultures. De manière similaire à ce que nous avons observé avec le profil flash, les sujets vietnamiens ont généré moins de mots que les sujets français durant la phase de génération de vocabulaire (83 termes pour le panel français généré_FR et 52 termes pour le panel vietnamien généré_VN, à l'issue de la phase de réduction qualitative). Par ailleurs, nous observons pour les descripteurs de

textures que, proportionnellement, le panel français a utilisé moins de descripteurs de textures en bouche que les sujets vietnamiens : le panel français généré_FR a utilisé 12 descripteurs de textures avant mise en bouche contre 8 descripteurs de texture en bouche, alors que le panel vietnamien généré_VN a utilisé 8 descripteurs de textures avant mise en bouche contre 10 descripteurs de texture en bouche. Une hypothèse pour expliquer cette différence est celle de la néophobie alimentaire (Rozin, 1976) : les sujets français, moins familiers avec les produits, ont sans doute eu davantage de réticences à mettre les produits en bouche et à décrire leurs sensations en bouche que les sujets vietnamiens.

Par ailleurs, nous avons mis en évidence que le panel généré_FR avait eu de meilleures performances globales que le panel généré_VN en termes de pouvoir discriminant et d'accord entre les sujets. Pour expliquer ces moins bonnes performances du panel généré_VN, nous avons émis l'hypothèse qu'il y avait eu un effet leader des professeurs par rapport aux étudiants, au Vietnam, lors de la phase de définition des descripteurs. Ceci nous amène à poser la question de la validité de la démarche qui consiste à considérer que la méthodologie du profil conventionnel, développée dans des cultures européennes, peut être appliquée sans problème dans des cultures très différentes. Cette question a déjà été soulevée par Forde (2006). Dans notre cas, il est possible que le profil conventionnel avec génération de descripteurs soit plus difficilement applicable au Vietnam qu'en France.

Lors de la démarche de mise en relation des profils sensoriels généré_FR et généré_VN, nous avons constaté que la majorité des descripteurs d'un panel avait un équivalent simple dans l'autre panel. Ceci suggère que les deux panels ont globalement utilisé des concepts sensoriels très similaires pour caractériser les produits. Nous avons également constaté que certains descripteurs semblaient uniques à un des deux panels. Par exemple, le descripteur « facilité à démouler » du panel généré_FR n'a pas d'équivalent dans les descripteurs du panel généré_VN. Dans ce cas, nous pouvons émettre l'hypothèse que les sujets du panel généré_VN ont sans doute remarqué que certains produits étaient plus faciles à démouler que d'autres, mais n'ont peut être pas jugé approprié de le mentionner. Ici, le rôle de l'animateur semble jouer un rôle non négligeable : il peut orienter les discussions, encourager les sujets à être plus attentifs à certains détails qui passeraient peut-être inaperçus autrement.

2. Qualité du transfert de descripteurs d'un pays à un autre

La comparaison des profils sensoriels des panels imposé_FR et imposé_VN à ceux des panels généré_FR et généré_VN a montré qu'il était possible de traduire puis de transférer les

descripteurs d'une culture à une autre de manière très satisfaisante pour la majorité des descripteurs. Deux hypothèses peuvent être formulées pour expliquer ces résultats. Tout d'abord, les mêmes arguments que ceux avancés pour expliquer la similarité des profils généré_FR et généré_VN peuvent être avancés ici : peut-être la tâche demandée aux sujets était-elle « facile », parce qu'il existait des différences sensorielles importantes entre les produits, et peut-être que le fait de travailler sur la texture a constitué un avantage pour le transfert des descripteurs. En effet, dans le domaine de la texture, il est possible d'amener les sujets à entrer en interaction avec le produit d'une certaine manière, grâce à un protocole d'évaluation précis, et ainsi à avoir une expérience sensorielle particulière. Il est ainsi possible d'amener des sujets de cultures très différentes à faire des expériences sensorielles quasi identiques. Ceci aurait sans doute été plus délicat à réaliser avec des odeurs, pour lesquels les liens avec les émotions ou les souvenirs passés sont plus forts, propres à chaque individu, et prennent davantage d'importance dans la manière dont l'expérience sensorielle est vécue. Pour Holley (1999, pp. 122 – 125), les sens du toucher et de la vision seraient plus « objectifs » que le sens de l'odorat. La deuxième hypothèse qui permet d'expliquer le succès de transferts de descripteurs d'une culture à une autre est qu'un certain nombre de précautions méthodologiques ont été prises :

1- les descripteurs et leurs protocoles ont été traduits en utilisant le système de la double traduction (Brislin, 1970). Il n'est pas apparu de problème de traduction insurmontable. On remarque simplement que lors du transfert de descripteurs dans le sens France → Vietnam, le descripteur *opaque* a été traduit par son contraire *độ trong suốt (transparent)* en vietnamien, car « opaque » était une notion moins facilement utilisable au Vietnam ;

2- les mêmes produits de référence ont été utilisés pour l'apprentissage du sens de variation des descripteurs, d'une part pour les panels généré_FR et imposé_VN et d'autre part pour les panels généré_VN et imposé_FR ;

3- juste avant l'évaluation finale, les sujets de tous les panels de profils conventionnels ont été « calibrés » en étant familiarisés avec l'ensemble des produits évalués pendant l'évaluation finale ;

4- les panels ont été entraînés par des animateurs parlant la langue des sujets ;

5- l'influence de l'animateur a été minimisée au maximum par l'utilisation du même protocole d'entraînement dans les deux pays.

Nos résultats ont ainsi montré qu'il est possible pour des panels de cultures différentes d'apprendre les mêmes descripteurs sensoriels, lorsque ceux-ci sont accompagnés de références montrant clairement le sens de variation des descripteurs. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Stampanoni (1994), pour qui l'utilisation de références physiques permet de diminuer la variabilité des sujets, de contrebalancer les différences culturelles dans les études interlaboratoires, et de calibrer des panels dans l'utilisation des descripteurs. Pour Findlay *et al.* (2006), l'entraînement des sujets sur des produits spécifiques semble même jouer un rôle beaucoup plus important que l'expérience sensorielle sur des produits différents pour obtenir des résultats reproductibles. Drake *et al.* (2005) mettent également en avant l'importance non seulement des définitions des descripteurs, mais également des produits de référence dans la compréhension et la reproductibilité de langages sensoriels. Pour Hunter et McEwan (1998), l'absence de références pour les descripteurs dans le cadre de leur étude a joué un rôle important pour expliquer que différents panels de différentes cultures n'ont pas utilisé tous les descripteurs de la même manière (même si un grand soin avait été apporté à la traduction des descripteurs dans les différentes langues). Concernant l'utilisation des références, Cardello (1993) suggère de contourner les problèmes de traduction en utilisant des références physiques, non seulement durant l'entraînement des sujets, mais également lors de l'évaluation finale en tant que *substitut* aux définitions.

Ce dernier point de vue est peut-être un peu extrême. En effet, la présence d'une définition accompagnant le descripteur permet aux sujets d'échanger des idées lors de la phase d'entraînement : lorsque les sujets ne sont pas d'accord sur la manière de noter un produit, ils peuvent alors se référer à la définition (et aux protocoles). Afin de concilier ces points de vue, nous pouvons émettre l'hypothèse que dans notre cas, le succès du transfert de descripteurs d'un pays à un autre est lié au fait que durant l'apprentissage des descripteurs et durant l'entraînement, l'accent a été mis à la fois sur la partie non déclarative de la mémoire à long terme (apprentissage de la manière « intuitive » de noter les produits) et sur la partie déclarative (sémantique). La partie déclarative de la mémoire à long terme (nom de descripteurs, définitions et protocoles des descripteurs) a été mise en œuvre entre autres en tant que moyen de communication entre l'animateur et les sujets.

3. Qualité de la prédiction des profils sensoriels par des données instrumentales

L'approche instrumentale a montré que globalement, les profils sensoriels des panels généré_FR et généré_VN peuvent être prédits de manière satisfaisante par un nombre restreint

de variables instrumentales (4 variables issues du test de pénétration, 4 variables issues du test de back extrusion, 2 variables issues de la mesure de spectrocolorimétrie et une variable issue de la mesure de synérèse). De plus, nous avons identifié (page 170) de nombreuses relations simples entre un descripteur sensoriel du panel généré_FR, un descripteur du panel généré_VN et une ou deux variables instrumentales. Ceci montre qu'un certain nombre de concepts sensoriels très similaires ont été identifiés spontanément dans les deux cultures, et peuvent être reliés de manière simple à des paramètres physiques. Plutôt que de reprendre de manière exhaustive l'ensemble des relations entre données sensorielles et instrumentales, il nous a semblé intéressant de revenir ici plus précisément sur la prédiction du caractère fondant en bouche des produits, puisque des mesures instrumentales spécifiques ont été mises en œuvre pour tenter de prédire ce descripteur. Contrairement à ce que nous avons supposé, la prise en compte des effets de la température dans les tests de pénétration et de back extrusion n'a pas permis de réellement mieux prédire les descripteurs sensoriels français et vietnamien liés au caractère fondant des produits. Cependant, la manière dont les mesures instrumentales ont été réalisées ne permet pas de prendre en compte l'aspect *cinétique* de la fusion de produits. Ainsi, le produit 7 qui est liquide à 35 °C, fond cependant assez lentement en bouche. Il a donc été noté comme peu fondant par les sujets français et vietnamiens. À l'inverse, les produits 1 et 2, formulés à base de pectine LM, voient peu leurs propriétés rhéologiques changer dans la gamme de températures étudiée. Ils sont par contre très mous, et se mélangent facilement à la salive. Placés entre la langue et le palais des sujets, ces produits sont donc apparus comme fondants, alors qu'ils ne subissent pas de transition sol-gel. À défaut de prédire le caractère fondant en prenant en compte des effets de la température, nous avons trouvé une relation entre le caractère fondant de produits et des variables instrumentales (B_DA et P_Arupt) rendant compte de la résistance du produit à 4 °C. Daget et Collyer (1984) ont trouvé un lien entre l'aspect fondant de gel formulé et les variables instrumentales suivantes : forces ou énergies à la rupture (en compression), énergie totale (test d'extrusion) et élasticité (test de « piqure »). Nous constatons une certaine similarité entre nos variables instrumentales et celle de Daget et Collyer (1984). Autio *et al.* (2003) ont tenté de prédire les profils sensoriels de texture de gels (composés de pectine et d'amidon) à l'aide de méthodes instrumentales : d'une part une mesure de rhéologie oscillatoire avec augmentation constante de température et d'autre part une mesure de back extrusion (à température constante). Ces auteurs n'ont pas trouvé de relation entre le descripteur fondant et l'évolution du G' avec l'augmentation de température. Ces auteurs ont souligné que la vitesse d'augmentation de température imposée aux produits dans le cadre de leurs mesures de rhéologie oscillatoire (1,5

°C/min) est sans doute différente de celle qui a lieu en bouche. Rønn *et al.* (1998) quant à eux, sont parvenus à prédire de manière satisfaisante le caractère fondant de pâtes à tartiner allégées à l'aide de l'étude de l'évolution du module complexe G^* en fonction d'une augmentation de température (1 °C/min). Ces résultats apparemment contradictoires d'Autio *et al.* (2003) et Rønn *et al.* (1998) montrent que la mise au point d'une méthode instrumentale imitative qui reproduirait parfaitement les conditions en bouche pour le descripteur « fondant » pose encore des problèmes pratiques. Dans l'état actuel de l'instrumentation disponible, la réalisation d'un test d'extrusion (ou de back extrusion) ou d'un test de pénétration (ou de compression) à la température à laquelle le produit est servi au sujet semble pour l'instant une stratégie satisfaisante pour obtenir des variables instrumentales corrélées à l'aspect fondant en bouche du produit. La mise au point d'un dispositif permettant de soumettre le produit de manière concomitante à des déformations et à des variations de température similaires à ce que le produit subit en bouche constitue une voie de recherche potentielle pour l'amélioration de la prédiction du caractère fondant en bouche.

4. Part relatives de la culture (France vs. Vietnam) et de la méthode de caractérisation choisie

Notre travail a également permis de comparer trois méthodes sensorielles présentant différents niveaux de verbalisation (tri libre suivi de verbalisation, profil flash, profil conventionnel avec génération de descripteurs), mises en œuvre pour caractériser le même espace produit : des gels. La comparaison des configurations des produits à l'aide de coefficients RV (Figure 55) et à l'aide de l'AFM (Figure 56) a montré qu'il existe une structure commune forte entre les configurations données par les trois méthodes (quel que soit le pays). Ainsi, le tri libre et le profil flash peuvent fournir des cartes sensorielles similaires à celles du profil conventionnel. Ces résultats vont dans le même sens que ceux d'autres études qui visaient à comparer les cartes sensorielles obtenues avec le profil conventionnel et des méthodes alternatives (Williams et Arnold, 1985 ; Chauhan et Harper, 1986 ; Faye *et al.*, 2004 ; Saint-Eve *et al.*, 2004 ; Gilbert et Heymann, 1995 ; Dairou et Sieffermann, 2002 ; Delarue et Sieffermann, 2004 ; Cartier *et al.*, 2006).

Plus particulièrement, les résultats suggèrent que les caractérisations sensorielles faites par des sujets naïfs (tri libre et profil flash) sont similaires à celles faites par des sujets entraînés (profil conventionnel). Ces résultats sont en accord avec ceux de Chollet et Valentin (2000) qui ont comparé les caractérisations sensorielles de vins faites par des experts et des

novices. Ces auteurs ont montré que des experts et des novices, réalisant une tâche de comparaison par paires de 13 vins rouges, percevaient les similitudes et les différences entre les produits de manière similaire.

Cependant, la comparaison des similarités globales à l'aide des coefficients RV (Figure 55) a également montré que, quelle que soit la culture considérée (française ou vietnamienne), la configuration des produits obtenue avec le profil flash est plus proche de celle du profil conventionnel que de celle du tri libre. La meilleure hypothèse pour expliquer cet effet semble être que le tri libre est essentiellement une méthode non verbale, alors que le profil flash et le profil conventionnel sont toutes deux des méthodes verbales qui imposent d'évaluer les produits selon des caractéristiques prédéterminées. Il est possible que le fait d'utiliser ou non le langage ait une influence sur la manière dont les sujets se représentent l'espace produit. Certains auteurs (Chauhan et Harper, 1986 ; Bárcenas *et al.*, 2003 ; Saint-Eve *et al.*, 2004) remettent en question un des principes de base des techniques de profil (dont le profil conventionnel) selon lequel l'analyse des propriétés sensorielles d'un produit devrait être séparée en descripteurs sensoriels indépendants. D'après Saint-Eve *et al.* (2004), les interactions complexes entre la texture et les saveurs peuvent ne pas être représentées de manière adéquate par la simple juxtaposition de sensations. En effet, pour ces auteurs, ces types d'interactions sensorielles sont traités comme des expériences sensorielles uniques. Cette approche peut être rattachée à la théorie du « Gestalt » (e.g. Szczesniak, 2002). Dans notre cas, il est possible que les différences observées entre le tri libre et les deux autres techniques de profil (profil flash et profil conventionnel) trouvent en partie leur origine dans des interactions entre l'apparence visuelle et la texture. En effet, avec le tri libre, les sujets doivent se concentrer sur les *ressemblances*, les similarités entre les produits, alors que dans les techniques de profil, les sujets dissèquent leur perception en descripteurs, dont le choix dépend fortement de leur capacité *discriminer* les produits.

Dans notre approche sensorielle, nous avons à la fois comparé des cultures (France vs Vietnam) et des méthodes (tri libre, profil flash et profil conventionnel). Nous pouvons nous interroger sur les parts relatives de l'influence de la culture et du choix de la méthode sur les résultats obtenus. La Figure 55 suggère que l'effet dû à la culture serait plus faible, dans notre cas, que l'effet dû à la méthodologie sensorielle.

Nous pouvons enfin envisager la comparaison des trois méthodologies sensorielles selon leurs capacités à discriminer les sujets de deux cultures. Si les résultats du tri libre ont montré

qu'il semblait difficile de discriminer les sujets des deux cultures (Figure 19), les résultats du profil flash ont montré une meilleure discrimination (Figure 23) et le profil conventionnel avec génération de descripteurs une discrimination assez nette (Figure 28). De manière paradoxale, c'est avec le profil conventionnel que la plus grande similarité globale entre les deux cultures a été trouvée ($RV = 0,86$) par rapport au profil flash ou au tri libre (les coefficients RV valent respectivement 0,70 et 0,69). Ceci est dû au fait qu'avec le profil conventionnel, les sujets sont entraînés, ce qui réduit la variabilité au sein d'une culture (les coefficients RV entre les sujets valent en moyenne 0,86 en France et 0,71 au Vietnam). À l'inverse, comme l'avons déjà mentionné, la variabilité au sein d'une culture est plus élevée avec les méthodes de profil flash (les coefficients RV entre les sujets valent en moyenne 0,51 en France et 0,52 au Vietnam) et de tri (les coefficients RV entre les sujets valent en moyenne 0,44 en France et 0,44 au Vietnam), où, dans notre cas, les sujets n'étaient pas entraînés. Ainsi, de manière paradoxale, les méthodes qui utilisent des sujets non entraînés présentent l'avantage de comporter moins de biais lié à l'entraînement des sujets, mais ne permettent pas de discriminer les sujets français et vietnamiens comme avec le profil conventionnel, parce que la variabilité entre les sujets au sein d'une culture est susceptible de masquer les éventuelles différences entre les cultures.

La réflexion menée sur la comparaison de méthodes sensorielles peut être mise en perspective avec la comparaison entre mesures instrumentales et mesures sensorielles. L'analyse des similarités des configurations des produits à l'aide des coefficients RV (Figure 55) a montré que les mesures instrumentales sont globalement plus proches du profil conventionnel (avec génération de descripteurs ou avec descripteurs posés) que des deux autres méthodes sensorielles. Selon Martens (1999) citant Pangborn (1987) à propos d'une étude comparative des instruments et des humains, nos sens se comportent comme des intégrateurs (d'une manière multivariée et relative), alors que les instruments sont caractérisés par le fait qu'ils sont des séparateurs (d'une manière univariée et absolue). Dès lors il semble naturel, dans notre cas, de trouver le plus de similarité entre les mesures instrumentales et les données obtenues avec le profil conventionnel. Cette méthodologie sensorielle a en effet pour but d'utiliser les sujets comme de véritables *instruments de mesure*. Néanmoins, la question demeure de savoir quelle est la « meilleure » méthodologie sensorielle à appliquer a priori. Sans doute le choix de l'outil sensoriel doit avant tout dépendre des objectifs de l'expérimentateur (Gilbert et Heymann, 1995).

Le tri libre semble être approprié pour caractériser de manière très rapide les similarités et les différences entre des produits dont on a peu de connaissances. Les conditions d'utilisation du profil flash ont été discutées par Dairou et Sieffermann (2002) puis Delarue et Sieffermann (2004) : le profil flash ne saurait constituer un substitut au profil conventionnel, mais plutôt un outil pratique pour établir de manière rapide des cartes sensorielles dans des phases préliminaires d'études sensorielles plus approfondies. Dans notre étude, il s'est avéré un outil précieux pour identifier des différences entre deux groupes de sujets naïfs appartenant à des cultures différentes. Le profil conventionnel reste, quant à lui, la méthode de référence pour établir une description quantifiée des propriétés sensorielles d'un ensemble de produits.

Partie 8 : Conclusions générales et perspectives

La problématique de cette thèse était soutendue par trois axes. Les deux premiers se situent dans le cadre de l'analyse sensorielle descriptive dans un contexte cross culturel. Ainsi, le premier axe, exploratoire, visait à qualifier et quantifier les éventuelles différences de caractérisation sensorielle dans deux pays de cultures très différentes : la France et le Vietnam. Le deuxième axe avait pour objectif de savoir s'il était possible de traduire puis de transférer des descripteurs sensoriels d'une culture à une autre. Enfin, le troisième axe se situe dans le cadre de la prédiction de mesures sensorielles par des mesures instrumentales. Il visait à savoir dans quelles mesures il est possible de prédire la texture et l'apparence visuelle des produits de notre étude, des gels formulés, par des mesures instrumentales variées.

Les données de la bibliographie nous laissaient penser qu'il existerait des différences importantes entre les cultures françaises et vietnamiennes au niveau de la manière de caractériser la texture des gels. La première partie de nos résultats invalide partiellement cette hypothèse. En effet, la comparaison des résultats du profil conventionnel avec génération de descripteurs dans les deux cultures a montré qu'il existe une structure commune forte entre les configurations des produits (les sujets des deux cultures ont globalement perçu les mêmes différences et similarités entre les produits). De plus, la mise en relation des descripteurs sensoriels générés de manière indépendante en France et au Vietnam a montré que pour la majorité des descripteurs, il semble exister un équivalent sensoriel simple parmi les descripteurs sensoriels de l'autre culture. Ainsi, il semble que les mêmes concepts sensoriels-clés aient été identifiés dans les deux cultures, même si le poids accordé aux différentes dimensions sensorielles sous-jacentes n'est pas tout à fait le même dans les deux cultures. Les approches du tri libre et du profil flash – mises en œuvre avec des sujets « naïfs » – nous ont apporté un éclairage complémentaire à celui du profil conventionnel sur le comportement de réponse des sujets dans les deux cultures. Dans un contexte non verbal (le tri libre), les sujets des deux cultures ont catégorisé les produits de notre étude de manière très semblable, suggérant qu'il existe peu de différences entre les deux cultures au niveau des expériences sensorielles faites par les sujets, et au niveau de la manière dont les sujets classent, catégorisent ces expériences les uns par rapport aux autres. Dans un contexte verbal (le profil flash), nous avons vu que les sujets vietnamiens ont utilisé moins de mots que les français, et les ont utilisés de manière similaire, contrairement aux français qui semblent avoir utilisé des descripteurs plus idiosyncrasiques (propres à chaque sujet). Tout comme avec le tri libre ou le

profil conventionnel, nous avons également identifié une structure commune forte au niveau des configurations des produits dans les deux cultures. En conclusion, les résultats des trois approches sensorielles mises en œuvre dans la première partie de nos travaux montrent une forte similarité globale entre les caractérisations sensorielles dans les deux cultures.

Les résultats de notre première partie laissaient donc penser qu'il était potentiellement envisageable de traduire et de transférer des descripteurs sensoriels entre les deux cultures. En nous appuyant sur la bibliographie, nous avons proposé un protocole de transfert de descripteurs sensoriels. Ce protocole présente la particularité chercher à maîtriser certains points-clés du transfert, dans le but d'assurer une compréhension et une utilisation identique des descripteurs dans les deux cultures : la traduction des descripteurs (ainsi que de leurs définitions et de leurs protocoles) comprend une étape de validation ; les descripteurs sensoriels sont accompagnés de références physiques illustrant leur sens de variation ; le panel qui émet les descripteurs et le panel qui reçoit les descripteurs sont exposés à la même diversité de produits pendant la phase d'entraînement ; et les panels des deux cultures sont animés par deux analystes sensoriels de la même culture que les sujets. La mise en œuvre de ce protocole pour transférer les descripteurs sensoriels issus des panels de profil conventionnel avec génération de descripteurs vers deux nouveaux panels de profil conventionnel en France et au Vietnam a permis de valider le protocole, aussi bien dans le sens France → Vietnam que dans le sens Vietnam → France. Dans le dernier cas, la moins bonne qualité apparente du transfert a davantage été attribuée à de moins bonnes performances du panel ayant généré ses descripteurs au Vietnam (le panel généré_VN) lors de l'évaluation finale, plutôt qu'à une déficience lors de la traduction et du transfert de descripteurs. Les résultats de cette deuxième partie de travail de thèse ont donc montré que, dans notre cas, l'application du protocole de transfert que nous avons proposé permet à un panel donné d'apprendre des descripteurs sensoriels issus d'un panel ayant une culture très différente de la sienne.

Pour répondre à la troisième problématique de ce travail de thèse, nous avons mis en œuvre des méthodes instrumentales variées, afin de prédire les profils sensoriels des panels généré_FR et généré_VN ayant généré leurs descripteurs en France et au Vietnam. Les données de la littérature laissent supposer que la prise en compte de l'effet de l'augmentation de la température et du degré de lubrification du produit pourraient permettre

une meilleure prédiction de la perception sensorielle de la texture en bouche. Des mesures de pénétration et de back extrusion ont donc été mises en œuvre à différentes températures, avec des produits lubrifiés ou non lubrifiés. Les autres mesures instrumentales incluaient une mesure de synérèse, une mesure de spectrocolorimétrie ainsi qu'une mesure de relaxation. L'analyse des résultats des modèles prédictifs a montré qu'il était possible de prédire de manière assez satisfaisante les profils des panels généré_FR et généré_VN à l'aide de 11 variables instrumentales : deux variables de spectrocolorimétrie, une variable de synérèse, quatre variables de pénétration et quatre variables de back extrusion. De plus, pour beaucoup des descripteurs sensoriels, il est possible de trouver une ou deux variables instrumentales associées. Pour le panel généré_FR, il s'agit des descripteurs opaque (visuel), eau en surface (visuel), facilité à pénétrer (en main), se coupe facilement (en main), vibrant (en main), ferme (en main), rayable (en main), glissant (en main), facilité à démouler (en main), fond (en bouche), nombre de morceaux (en bouche) et glaireux (en bouche). Cependant, contrairement à ce que nous avons supposé, la prise en compte de la lubrification lors des tests de pénétration ou de back extrusion n'a pas amené une vision différente de l'espace produit. Par ailleurs, la réalisation des tests de pénétration et de back-extrusion à différentes températures n'a pas permis d'améliorer la prédiction du caractère fondant des produits, vraisemblablement parce que l'aspect cinétique de changement de température des produits en bouche n'a pas été pris en compte. Si nos résultats ont montré que la prédiction des données des panels généré_FR et généré_VN par les mesures instrumentales était possible, nous avons également trouvé que ces modèles prédictifs sont de moins bonne qualité que les modèles prédisant les données de généré_FR par celles de généré_VN, et inversement. En conclusion, nous pouvons dire que nous n'avons que partiellement atteint notre objectif de prédire les données sensorielles par des mesures instrumentales.

Ce travail de thèse a donc permis d'identifier et d'évaluer l'importance des différences de caractérisations sensorielles dans deux cultures très différentes. L'utilisation complémentaire du profil conventionnel et de deux méthodes dans lesquelles nous avons choisi d'utiliser des sujets naïfs (tri libre et profil flash) a permis d'apporter des éclairages différents et a permis de mieux comprendre les différences de comportement de réponse entre les deux cultures. Le succès du transfert de descripteurs sensoriels de texture et d'apparence visuelle entre les deux cultures suggère la possibilité de disposer de deux panels de profil conventionnel fournissant des résultats comparables dans deux pays de cultures différentes.

Ceci pourrait être appliqué, par exemple, lorsqu'on souhaite transférer des connaissances à un panel de culture différente de la sienne, ou lorsqu'on a besoin de disposer en deux endroits de panels de profil conventionnel ayant des cultures très différentes.

Les perspectives de ce travail de thèse peuvent être placées sur plusieurs plans. Tout d'abord, dans le cadre de la comparaison cross-culturelle, il semble intéressant de chercher à mieux comprendre les facteurs qui soutendent les différences de comportement de réponse sensorielle entre les deux cultures. Par exemple, l'influence de la familiarité avec les produits, de la fonction attribuée aux produits, du contexte d'utilisation des produits ou encore la valeur hédonique associée aux produits semblent être des facteurs importants.

Concernant le transfert de descripteurs, il semblerait intéressant de chercher à valider le protocole de transfert avec d'autres espaces produits, présentant éventuellement des différences sensorielles moins importantes que dans notre étude, et également avec d'autres modalités sensorielles (goût, odeur). Il pourrait également être intéressant d'étudier d'autres cultures, afin de mieux évaluer dans quelles limites nos résultats sont généralisables.

Sur le plan de la prédiction des descripteurs sensoriels de texture par des mesures instrumentales, plusieurs améliorations sont possibles. Concernant l'aspect fondant des produits, il semble nécessaire de considérer les changements de température dans leur aspect dynamique, lors de la réalisation des mesures instrumentales. Lors du bilan des descripteurs sensoriels français et vietnamiens pouvant être reliés à des variables instrumentales, il est apparu que certains descripteurs relatifs à l'aspect de surface ne pouvaient être reliés de manière simple à des paramètres rhéologiques. La mise en œuvre de mesures de rugosité de surface ou encore d'adhésion (de type probe-tack) devrait permettre de mieux prédire ces descripteurs. Par ailleurs, la mise en œuvre de tests de traction devrait permettre d'amener des variables rhéologiques complémentaires, permettant de mieux prédire certains descripteurs reliés à l'élasticité des produits.

Partie 9 : Références bibliographiques

Abdi, H. (2003). Partial Least Squares (PLS) Regression. In : M. Lewis-Beck, A. Bryman & T. Futing (Eds.), *Encyclopedia of Social Sciences Research Methods*. Thousand Oaks (CA): Sage.

Abdi, H., Valentin, D., O'Toole, A., Edelman, B. (2005). Distatis : the analysis of multiple distance matrices. In : Proceedings of the IEEE Computer Society. International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. San Diego (CA) USA.

Abrardo, A., Cappellini, V., Cappellini, M., Mecocci, A. (1996). Art-works colour calibration using the VASARI scanner. In : Proceedings of IS&T and SID's 4th Color Imaging Conference: Color Science, Systems and Applications. Scottsdale, Arizona, p 94-97.

Adam, M., Delsanti, M. (1996). Gels. In: *Encyclopædia Universalis*, vol. 10. Encyclopædia Universalis.

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, 872-879.

Anonyme (2002). Food texture : perception and measurement. Report of an international workshop held at the conference center "De Wageningse Berg" Wageningen, The Netherlands, 28 November-1 December 1999, *Food Quality and Preference*, 13, 237-255.

Autio, K., Kuuva, T., Roininen, K., Lahteenmaki, L. (2003). Rheological properties, microstructure and sensory perception of high-amylose starch-pectin mixed gels, *Journal of Texture Studies*, 33, 473-486.

Bárcenas, P., Pérez Eltortondo, F.J., Albisu, M. (2003). Comparison of free choice profiling, direct similarity measurements and hedonic data for ewes' milk cheeses sensory evaluation, *International Dairy Journal*, 13, 67-77.

Bartoshuk, L.M. (2000). Comparing sensory experiences across individuals: recent psychophysical advances illuminate genetic variation in taste perception, *Chemical Senses*, 25, 447-460.

Baty-Julien, C., Cornu, B., Sauvageot, F. (2003). Comparaison entre profils sensoriels de haricots verts et de petits pois établis par deux groupes descriptifs entraînés, *Sciences des Aliments*, 23, 689-716.

Bot, A., van Amerongen, I.A., Groot, R.D., Hoekstra, N.L., Agterof, G.M. (1996). Large deformation rheology of gelatin gels, *Polymer Gels and Networks*, 4, 189-227.

Bourne, M.C. (1978). Texture profile analysis, *Food Technology*, 32, 62-66 72.

Bourne, M.C. (2002). Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement, second edition. Academic Press, London.

Brandt, M.A., Skinner, E., Coleman, J. (1963). Texture profile method, *Journal of Food Science*, 28, 404-410.

Brislin, R.W. (1970). Backtranslation for cross-cultural research., *Journal of Cross-cultural psychology*, 1, 185-216.

Browsey, G.J., Morris, V.J. (1988). Mixed and filled gels - models for foods. In : J.M.V. Blanshard & J.R. Mitchell (Eds.), *Food structure - its creation and evaluation*. Butterworths.

Cardello, A.V. (1993). Cross-cultural sensory testing: a changing tide?, *Cereal Foods World*, 38, 699-701.

Carson, K., Meullenet, J.-F.C., Reische, D.W. (2002). Spectral stress strain analysis and partial least squares regression to predict sensory texture of Yogurt using a compression/penetration instrumental method, *Journal of Food Science*, 67, 1224-1228.

Cartier, R., Rytz, A., Lecomte, A., Poblete, F., Krystlik, J., Belin, E., Martin, N. (2006). Sorting procedure as an alternative to quantitative descriptive analysis to obtain a product sensory map, *Food Quality and Preference*, 17, 562-571.

Chai, E., Oakenfull, D.G., McBride, R.L., Lane, A.G. (1991). Sensory perception and rheology of flavored gels, *Food Australia*, 43, 256-259.

Chauhan, J., Harper, R. (1986). Descriptive profiling versus direct similarity assessments of soft drinks, *Journal of Food Technology*, 21, 175-187.

Chollet, S., Valentin, D. (2000). Le degré d'expertise a-t-il une influence sur la perception olfactive ? Quelques éléments de réponse dans le domaine du vin, *L'Année psychologique*, 100, 11-36.

Chr  a, C. (2005). Odeurs et catégorisation :    la recherche d'universaux olfactifs. Thèse, 301, Université de Bourgogne.

Chr  a, C., Valentin, D., Sulmont-Ross  , C., Mai H.L., Nguyen, D.H., Abdi, H. (2004). Culture and odor categorization: agreement between cultures depends upon the odors, *Food Quality and Preference*, 15, 669-679.

Clark, R. (2002). Influence of hydrocolloids on flavour release and sensory-instrumental correlations. In : P.A. Williams & G.O. Philips (Eds.), *Gums and stabilizers for the food industry 11: proceedings of the 11th conference*, Wrexham, July 2001. RSC , Cambridge. pp. 217-225.

Constantine, A.G., Hall, P. (1994). Characterizing surface smoothness via estimation of effective fractal dimension, *Journal of the Royal Statistical Society B*, 56, 97-113.

Costell, E., Trujillo, C., Damásio, M.H., Durán, L. (1995). Texture of sweet orange gels by free-choice profiling, *Journal of Sensory Studies*, 10, 163-179.

Couarraze, G., Grossiord, J.-L. (2000). Initiation à la rhéologie, 3  me   dition. Paris : Technique & Documentation.

Daget, N., Collyer, S. (1984). Comparison between quantitative descriptive analysis and physical measurements of gel systems and evaluation of the sensorial method, *Journal of Texture Studies*, 15, 227-245.

Dairou, V., Sieffermann, J.-M. (2002). A comparison of 14 jams characterized by conventional profile and a quick original method, the flash profile, *Journal of Food Science*, 67, 826-834.

Damásio, M.H., Costell, E., Izquierdo, L., Durán, L. (1994). Influence of composition on non-oral texture of kappa-carrageenan-locust bean gum-guar gum mixed gels, *Food Quality and Preference*, 5, 195-201.

Damásio, M.H., Fiszman, S.M., Costell, E., Durán, L. (1990). Influence of composition on the resistance to compression of kappa carrageenan-locust bean gum-guar gum mixed gels:

relationship between instrumental and sensorial measurements, *Food Hydrocolloids*, 3, 457-464.

Danzart, M. (1998). Statistique. In : SSHA, 2e ed., Evaluation sensorielle - Manuel méthodologique. Paris : Technique & Documentation.

de Jong, S., van der Knaap, J.H., van der Knaap, H.C.M. (1998). Generalized procrustes analysis of coffee brands tested by five European sensory panels, *Food Quality and Preference*, 9, 111-114.

Delarue, J., Sieffermann, J.-M. (2004). Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products, *Food Quality and Preference*, 15, 383-392.

Deletre, K., Roudot, A.-C. (2003). Terminologie comparée français-anglais en analyse de texture, *Sciences des Aliments*, 23, 463-480.

Dickinson, E. (1997). On gelation kinetics in a system of particles with both weak and strong interactions, *Journal of the Chemical Society Faraday Transactions*, 93, 111-114.

Djabourov, M., Guenet, J.-M. (1995). Les gels, des liquides qui ne coulent pas, *Pour la science*, 215, 50-57.

Doublier, J.-L., Launay, B., Cuvelier, G. (1992). Viscoelastic properties of food gels. In : M.A. Rao & J.F. Steffe, Viscoelastic properties of foods. London: Elsevier Applied Science.

Drake, M.A., Gerard, P.D., Wright, S., Cadwallader, K.R., Civille, G.V. (2002). Cross validation of a sensory language for Cheddar cheese, *Journal of Sensory Studies*, 17, 215-227.

Drake, M.A., Yates, M.D., Gerard, P.D., Delahunty, C.M., Sheehan, E.M., Turnbull, R.P., Dodds, T.M. (2005). Comparison of differences between lexicons for descriptive analysis of Cheddar cheese flavour in Ireland, New Zealand, and the United States of America, *International Dairy Journal*, 15, 473-483.

Druz, L.L., Baldwin, R.E. (1982). Taste thresholds and hedonic responses of panels representing three nationalities, *Journal of Food Science*, 47, 561-569.

Durand, J.-F. (2002). Eléments de calcul matriciel et d'analyse factorielle de données, Disponible sur: <http://www.math.univ-montp2.fr/~durand>.

Durand, J.-F., Roman, S., Vivien, M. (1998). Guide d'utilisation de la régression PLS sous Splus - Rapport technique n°98-06. ENSAM-INRA-UMII, Montpellier.

Escofier, B., Pagès, J. (1998). Analyses factorielles simples et multiples. Paris : Dunod.

Escoufier, Y. (1973). Le traitement des variables vectorielles, *Biometrics*, 29, 750-760.

Escoufier, Y. (1980). L'analyse conjointe de plusieurs matrices de données. In : M., Jolivet (Ed.), Biométrie et temps. Paris: Société Française de Biométrie (pp. 59-76).

ESN (1996). A European sensory and consumer study: a case study on coffee. Published by the European Sensory Network. Available from Campden & Chorleywood Food Research Association, Chipping Campden, Gloucestershire, GL55 6LD, UK.

- Faye, P., Brémaud, D., Daubin, M.D., Courcoux, P., Giboreau, A., Nicod, H. (2004).** Perceptive free sorting and verbalization tasks with naïve subjects: an alternative to descriptive mappings, *Food Quality and Preference*, 15, 781-791.
- Findlay, C.J., Castura, J.C., Schlich, P., Lesschaeve, I. (2006).** Use of feedback calibration to reduce the training time for wine panels, *Food Quality and Preference*, 17, 266-276.
- Fiszman, S.M., Damásio, M.H. (2000a).** Suitability of single-compression and TPA tests to determine adhesiveness in solid and semi-solid foods, *Journal of Texture Studies*, 31, 55-68.
- Fiszman, S.M., Damásio, M.H. (2000b).** Instrumental measurement of adhesiveness in solid and semi-solid foods. A survey, *Journal of Texture Studies*, 31, 69-91.
- Fiszman, S.M., Pons, M., Damásio, M.H. (1998).** New parameters for instrumental texture profile analysis: instantaneous and retarded recoverable springiness, *Journal of Texture Studies*, 29, 499-508.
- Flory, P. J. (1974).** Introductory Lecture, *Discussions of the Faraday Society*, 56, 7-18.
- Follet, C., Lê, S., McEwan, J.A., Pagès, J. (2006).** Comparaison d'évaluations sensorielles descriptives fournies par trois panels de deux pays différents. In : Agro-Industrie et Méthodes Statistiques - 9èmes Journées Européennes. Montpellier, France, pp 51-59.
- Fonkwe, L.G., Narsimhan, G., Cha, A.S. (2003).** Characterization of gelation time and texture on gelatin and gelatin-polysaccharide mixed gels, *Food Hydrocolloids*, 17, 871-883.
- Forde, C.G. (2006).** Cross-cultural sensory analysis in the Asia-Pacific region, *Food Quality and Preference*, 17, 648-649.
- Foster, K.D., Woda, A., Peyron, M.A. (2006).** Effect of texture of plastic and elastic model foods on the parameters of mastication, *Journal of Neurophysiology*, 95, 3469-3479.
- Gaspar, C., Laureano, O., Sousa, I. (1998).** Production of reduced-calorie grape juice jelly with gellan, xanthan and locust bean gums: sensory and objective analysis of texture, *Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung A*, 206, 169-174.
- Gilbert, J.M., Heymann, H. (1995).** Comparison of four sensory methodologies as alternatives to descriptive analysis for the evaluation of apple essence aroma, *Food Technologist*, 24, 28-32.
- Gower, J.C. (1975).** Generalized procustes analysis, *Psychometrika*, 40, 33-51.
- Guenet, J.M. (1992).** Thermoreversible Gelation of Polymers and Biopolymers. Academic Press, London.
- Hardeberg, J.Y. (1999).** Acquisition et reproduction d'images couleur : approches colorimétrique et multispectrale. Thèse, 240 p., Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris.
- Heidema, J., de Jong, S. (1997).** Consumer preferences of coffees in relation to sensory parameters as studied by analysis of covariance, *Food Quality and Preference*, 9, 115-118.
- Hermansson, A.-M. (1998).** Supramolecular structures of biopolymer gel. In : D.S. Reid (Ed.), *The properties of water in foods: ISOPOW 6*, Santa Rosa, 1996. Blackie, London.

- Heymann, H.** (1994). A comparison of descriptive analysis of vanilla by two independently trained panels, *Journal of Sensory Studies*, 9, 21-32.
- Hirst, D., Muir, D.D., Næs, T.** (1994). Definition of the sensory properties of hard cheese: a collaborative study between Scottish and Norwegian panels, *International Dairy Journal*, 4, 743-761.
- Hoermann, H.** (1971). Psycholinguistics: an Introduction to Research and Theory. New York: Springer-Verlag.
- Holley, A.** (1999). *Eloge de l'odorat*. Paris: Odile Jacob.
- Hough, G., Califano, A.N., Bertola, N.C., Bevilacqua, A.E., Martinez, E., Vega, M.J., Zaritzky, N.E.** (1996). Partial least squares correlations between sensory and instrumental measurements of flavour and texture for reggiano grating cheese, *Food Quality and Preference*, 7, 57-53.
- Høy, M.** (2002). Building simple, reliable and relevant multivariate data-analysis tools. Thèse, , ISBN 82-471-5512-5. Department of Physical Chemistry, NTNU, Norway.
- Hunter, E.A., McEwan, J.A.** (1998). Evaluation of an international ring trial for sensory profiling of hard cheese, *Food Quality and Preference*, 9, 343-354.
- Husson, F., Lê, S., Pagès, J.** (2005). Confidence ellipse for the sensory profiles obtained by principal component analysis, *Food Quality and Preference*, 16, 245-250.
- Hutchings, J.B., Lillford, P.J.** (1988). The perception of food texture - the philosophy of the breakdown path, *Journal of Texture Studies*, 19, 103-115.
- Imbert, M.** (2006). *Traité du cerveau*. Paris : Odile Jacob.
- Ishii, R., O'Mahony, M.** (1987). Taste sorting and naming: can taste concepts be misrepresented by traditional psychophysical labelling systems?, *Chemical Senses*, 12, 37-51.
- ISO 11036** (1994). Sensory analysis - Methodology - Texture profile.
- ISO 13299** (2003). Sensory analysis - Methodology - General guidance for establishing a sensory profile.
- Issanchou, S.** (1998). Méthodes non verbales. In : SSHA, 2e ed., Evaluation sensorielle - Manuel méthodologique. Paris : Technique & Documentation.
- Kalviainen, N., Roininen, K., Tuorila, H.** (2000). Sensory characterization of texture and flavor of high viscosity gels made with different thickeners, *Journal of Texture Studies*, 31, 407-420.
- Langton, M., Åström, A., Stading, M., Hermansson, A.-M.** (1997). Effect of microstructure on sensory perception of particulate gels. In : Dickinson, E., Bergenstahl, B. (Eds.), *Food Colloids - proteins, lipids and polysaccharides: proceedings of a conference*, Ystad, April 1996 (pp. 18-28). RSC, Cambridge.
- Lapasin, R., Prici, S.** (1995). Rheology of industrial polysaccharides: Theory and applications. Chapman & Hall, London.
- Le Mée, D.** (2006). Using a Descriptive Sensory panel across different countries and cultures, *Food Quality and Preference*, 17, 647-648.

Le Petit Robert (1996). Le Nouveau Petit Robert. ISBN 2-85036-506-8.

Lebart, L., Morineau, A., Piron, M. (1997). Statistique exploratoire multidimensionnelle. Paris : Dunod.

Lotong, V., Chambers, D.H., Dus, C., Chambers, E., Civille, G.V. (2002). Matching results of two independent highly trained sensory panels using different descriptive analysis methods, *Journal of Sensory Studies*, 17, 429-444.

Lundgren, B., Pangborn, R.-M., Daget, N., Yoshida, M., Laing, D.G., McBride, R.L., Griffiths, N., Hyvönen, L., Sauvageot, F., Paulus, K., Barylko-Pikielna, N. (1986). An interlaboratory study of firmness, aroma and taste of pectin gels, *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 19, 66-76.

Mac Leod, P., Sauvageot, F., Köster, E.P. (1998). Les caractéristiques d'une réponse sensorielle. In : SSHA, 2e ed., Evaluation sensorielle - Manuel méthodologique. Paris : Technique & Documentation.

Marrs, M., Titoria, P. (2001). Ingredients that gel, *Prepared Foods*, 172, 67-76.

Martens, H., Høy, M., Westad, F., Folkenberg, D., Martens, M. (2001). Analysis of designed experiments by stabilised PLS Regression and jack-knifing, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 58, 151-170.

Martens, M. (1999). A philosophy for sensory science, *Food Quality and Preference*, 10, 233-244.

Martin, N., Molimard, P., Spinnler, H.E., Schlich, P. (2000). Comparison of odour sensory profiles performed by two independent trained panels following the same descriptive analysis procedures, *Food Quality and Preference*, 11, 487-495.

Meilgaard, M.C., Civille, G.V., Carr, B.T. (1999). Sensory evaluation techniques, 3rd ed. CRC. CRC Press, London.

Meullenet, J.-F., Finney, M.L., Gaud, M. (2002). Measurement of biting velocities, and predetermined and individual crosshead speed instrumental imitative tests for predicting cheese hardness, *Journal of Texture Studies*, 33, 45-58.

Meullenet, J.-F.C., Carpenter, J.A., Lyon, B.G., Lyon, C.E. (1997). Bi-cyclical instrument for assessing texture profile and its relationship to sensory evaluation of texture, *Journal of Texture Studies*, 28, 101-118.

Miller, G.A., Johnson-Laird, P.N. (1976). Language and perception. Cambridge University Press, London.

Mojet, J., de Jong, S. (1994). The sensory wheel of virgin olive oil, *Grasas y Aceites*, 45, 42-47.

Montejano, J.G., Hamann, D.D., Lanier, T.C. (1985). Comparison of two instrumental methods with sensory texture of protein gels, *Journal of Texture Studies*, 16, 403-424.

Muñoz, A., Civille, G.V. (1998). Universal, product and attribute specific scaling and the development of common lexicons in descriptive analysis, *Journal of Sensory Studies*, 13, 57-75.

- Muñoz, A.M., Pangborn, R.M., Noble, A. (1986a).** Sensory and mechanical attributes of gel texture. I. Effect of gelatin concentration, *Journal of Texture Studies*, 17, 1-16.
- Muñoz, A.M., Pangborn, R.M., Noble, A. (1986b).** Sensory and mechanical attributes of gel texture. II. Gelatin, sodium alginate and kappa-carrageenan gels, *Journal of Texture Studies*, 17, 17-36.
- Murayama, A., Ichikawa, Y., Kawabata, A. (1995).** Sensory and rheological properties of k-carrageenan gels mixed with locust bean gum, tara gum or guar gum, *Journal of Texture Studies*, 26, 239-254.
- Murray, J.M., Delahunty, C.M., Baxter, I.A. (2001).** Descriptive sensory analysis: past, present and future, *Food Research International*, 34, 461-471.
- Nielsen, R.G., Zannoni, M. (1998).** Progress in developping an international protocol for sensory profiling of hard cheese, *International Journal of Dairy Technology*, 51, 57-64.
- O'Mahony, M. (1986).** Sensory evaluation of food: Statistical methods and procedures. Marcel Dekker, New York.
- O'Mahony, M., Carmen Manzano Alba, M. (1980).** Taste descriptions in Spanish and English, *Chemical Senses*, 5, 47-62.
- O'Mahony, M., Rothman, L., Ellison, T., Shaw, D., Butteau, L. (1990).** Taste descriptive analysis: concept formation, alignment and appropriateness, *Journal of Sensory Studies*, 5, 71-103.
- Pagès, J., Husson, F. (2001).** Inter-laboratory comparison of sensory profiles: methodology and results, *Food Quality and Preference*, 12, 297-309.
- Pangborn, R.M. (1987).** Sensory science in flavour research: Achievements, needs and perspectives. In: M. Martens, G.A. Dalen, & H. Russwurm (Eds.), *Flavour science and technology*. London: John Wiley and Sons.
- Peleg, M. (1980).** Linearization of the relaxation and creep curves of solid biological materials, *Journal of Rheology*, 24, 451.
- Peleg, M., Normand, M.D. (1983).** Comparison of two methods for stress relaxation data representation of solid foods, *Rheologica Acta*, 22, 108-113.
- Pereira, R.B., Singh, H., Munro, P.A., Luckman, M.S. (2003).** Sensory and instrumental textural characteristics of acid milk gels, *International Dairy Journal*, 13, 655-667.
- Pons, M., Fiszman, S.M. (1996).** Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems, *Journal of Texture Studies*, 27, 597-624.
- R Development Core Team(2006).** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org>.
- Richard, D., Orsal, D. (2001).** Neurophysiologie - Organisation et fonctionnement du système nerveux, 2e édition. Dunod, Paris.
- Risvik, E., Colwill, J.S., McEwan, J.A., Lyon, D.H. (1992).** Multivariate analysis of conventional profiling data: a comparison of a British and a Norwegian trained panel, *Journal of Sensory Studies*, 7, 97-118.

- Rozin, P.** (1976). The selection of foods by rats, humans and other animals. In : J.S. Rosenblat, R.A., Hinde, E. Shaw, C. Beer (Eds.), *Advances in the study of behaviour* (pp. 21-71). New York: Academic Press.
- Rønn, B.B., Hyldig, G., Wienberg, L., Qvist, B. Laustsen, A.M.** (1998). Predicting sensory properties from rheological measurements of low-fat spreads, *Food Quality and Preference*, 9, 187-196.
- Saint-Eve, A., Paçi 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, 655-668.
- Sato, S.** (1973). Sensory evaluation. Res. Comm. of sensory evaluation, Union of Japanese Scientists and Engineers, pp 26-47.
- Schiffman, S. S., Reynolds, M. L., Young, F. W.** (1981). Introduction to multidimensional scaling: theory, methods and applications. London: Academic Press.
- Schlich, P.** (1996). Defining and validating assessor compromises about product distances and attribute correlations. In : T. Noes & E. Risvik (Eds.), *Multivariate analysis of data in sensory science*. Amsterdam: Elsevier Science, pp. 259-306.
- Sieffermann, J.-M.** (2000). Le profil flash - un outil rapide et innovant de valuation sensorielle descriptive. In : AGORAL 2000, XIIèmes rencontres "L'innovation : de l'idée au succès" (pp. 335-340), Montpellier, France.
- Sieffermann, J.-M.** (2003). Le profil flash, <http://www.perception-sensorielle.com>.
- Sieffermann, J.-M., Taréa, S.** (2005). Consumer opinion on gel textural characteristics. In : the 6th Pangborn Sensory Science Symposium. August 7-11, 2005, Harrogate, UK.
- Sitakalin, C., Meullenet, J.-F.C.** (2001). Prediction of cooked rice texture using an extrusion test in combination with partial least squares regression and artificial neural networks, *Cereal Chemistry*, 78, 391-394.
- Squire, L.R.** (2004). Memory systems of the brain: A brief history and current perspective, *Neurobiology of Learning and Memory*, 82, 171-177.
- Stampanoni, C.R.** (1994). The use of standardized flavor languages and quantitative flavor profiling technique for flavored dairy products, *Journal of Sensory Studies*, 9, 383-400.
- Stone, H., Sidel, J., Olivier, S., Woosley A., Singleton, R.C.** (1974). Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis, *Food Technology*, 28, 24-34.
- Syarief, H., Hamann, D.D., Giesbrecht, F.G., Young, C.T., Monroe, R.J.** (1985). Interdependency and underlying dimensions of sensory textural characteristics of selected foods, *Journal of Texture Studies*, 16, 29-52.
- Szczesniak, A.S.** (1963). Classification of textural characteristics, *Journal of Food Science*, 28, 385-389.
- Szczesniak, A.S.** (2002). Texture is a sensory property, *Food Quality and Preference*, 13, 215-225.

Takahashi, T., Nakazawa, F. (1992). Effects of dimensions of agar and gelatin gels on palatal pressure patterns, *Journal of Texture Studies*, 23, 139-152.

Taréa, S. (2006). Etude de la texture de suspensions de particules molles concentrées. Relations entre la structure, la rhéologie et la perception sensorielle. Application aux purées de pommes et de poires et mise au point de milieux modèles. Thèse, 313 p, ENSIA, Massy.

This, H. (2002). Casseroles et éprouvettes. Belin - Pour la science.

This, H. (non daté). Carte blanche à Hervé This - 4. Nous mangeons surtout des gels, http://www.amabilia.com/contenu/bienmanger/carte_blanche_herve_this_4.html.

Watase, M., Nishinari, K. (1980). Rheological properties of agarose-gelatin gels, *Rheologica Acta*, 19, 220-225.

Williams, A.A. Langron, S.P. (1984). The use of free-choice profiling for the evaluation of commercial ports, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35, 558-568.

Williams, A.A., Arnold, G.M. (1985). A comparison of the aromas of six coffees characterised by conventional profiling, free-choice profiling and similarity scaling methods, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36, 204-214.

Wold, S., Ruhe, A., Wold, H., Dunn, W.J. (1984). The collinearity problem in linear regression. the partial least squares (PLS) approach to generalized inverses, *SIAM Journal of Scientific and Statistical Computations*, 5, 735-743.

Zannoni, M. (1997). Approaches to translation problems of sensory descriptors, *Journal of Sensory Studies*, 12, 239-253.

Annexes

Annexe 1 : Position des produits vietnamiens par rapport aux produits formulés (avec les résultats des profils sensoriels des panels *generé_FR* et *generé_VN*).

La Figure 57 présente les résultats des CAH réalisées sur les coordonnées des ACP des produits formulés et des produits vietnamiens, avec le panel *generé_FR* et avec le panel *generé_VN*.

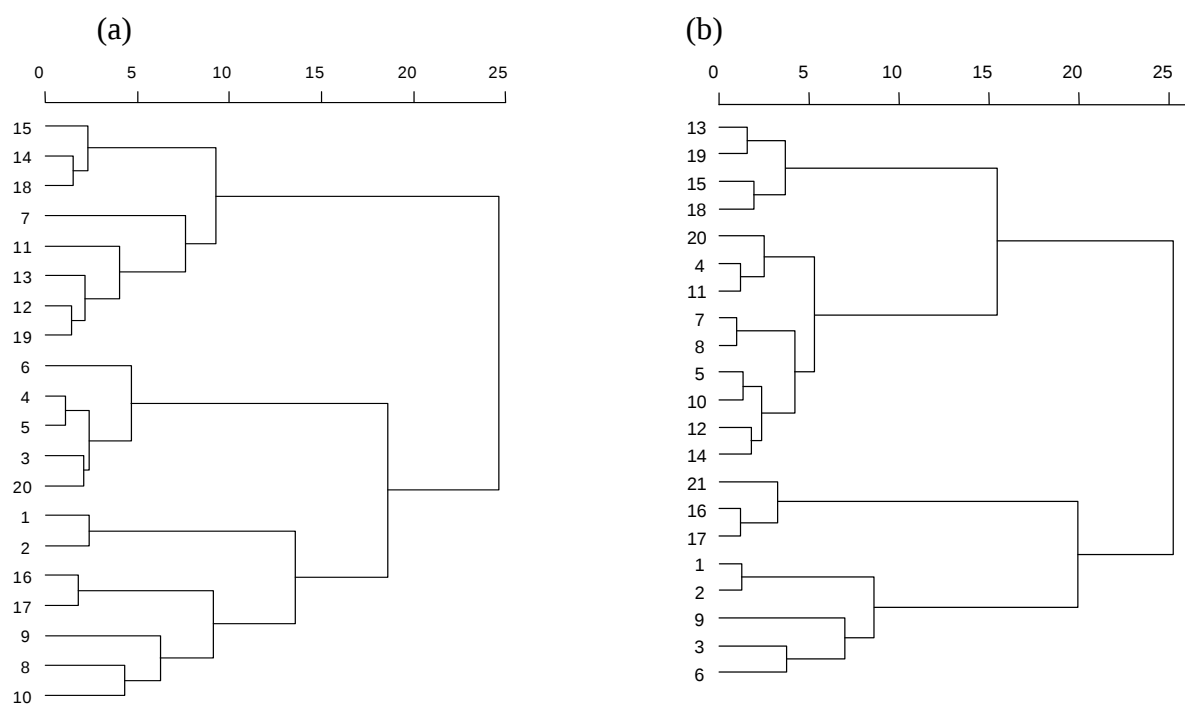


Figure 57 : Résultats de la CAH réalisée sur les coordonnées des produits formulés (produits 1 à 17) et des produits vietnamiens (produits 18 à 20) pour (a) le panel *generé_FR* et (b) le panel *generé_VN*.

Pour le panel *generé_FR*, le produit 18 (*New Choice*), formulé à base de konjac et d'extraits d'algues, est proche des produits 14 et 15, formulés à partir de carraghénanes et de caroube. Le produit 19 (*Squeeze'n bites*), formulé à base de caroube, d'agar-agar et de carraghénanes, est proche des produits 12 et 13, formulés à partir de carraghénanes, associés à du tara ou du konjac. Enfin, le produit 20 (*rau cău*), formulé à partir d'agar-agar vietnamien, est proche des produits 3, 4 et 5, formulés à base d'agar-agar acheté en France. Ceci nous permet de valider le fait que les produits formulés sont proches des produits du commerce étudiés, avec le panel *generé_FR*.

Pour le panel *generé_VN*, le produit 18 (*New Choice*), formulé à base de konjac et

d'extraits d'algues, est proche du produit 15, formulés à partir de carraghénanes et de caroube. Le produit 19 (*Squeeze'n bites*), formulé à base de caroube, d'agar-agar et de carraghénanes, est proche du produit 13, formulé à partir de carraghénanes et de konjac. Le produit 20 (*rau cáu*), formulé à partir d'agar-agar vietnamien, est proche des produits 4 et 11, formulés à base d'agar-agar acheté en France, ou de carraghénanes purs. Enfin le produit 21 (*suong sâm*), formulé à base de feuilles fraîches de *Cyclea barbata* Miers, est proche des produits 16 et 17, formulés à partir de xanthane associé à de la caroube ou à du konjac. Comme pour le panel genere_FR, ceci nous permet de valider le fait que les produits formulés sont proches des produits du commerce étudiés, avec le panel genere_VN.

Annexe 2 : Formulaire de réponse pour le tri libre en France

Nom :

Date :

Vous avez 18 produits devant vous. Nous vous demandons de les regarder, de les manipuler (avec les doigts, la cuillère, le couteau) et de les goûter. Regroupez ensuite les produits qui se ressemblent le plus en vous basant **uniquement** sur leur **apparence visuelle** et sur leur **texture**.

Faites autant de groupes et mettez autant de produits ensemble que vous le souhaitez.

Vous pouvez recommencer autant de fois que vous le voulez et vous avez tout votre temps.

Exposez votre résultat ci-dessous.

Merci pour votre participation !

Annexe 3 : Formulaire de réponse pour le tri libre au Vietnam

Họ và tên : ...

Ngày : ...

18 sản phẩm được trình bày trước bạn. Hãy quan sát, tác động vào các sản phẩm (bằng ngón tay, bằng thìa, bằng dao) và thử ném sản phẩm. Sau đó, chỉ dựa vào bề ngoài và cấu trúc của sản phẩm để tập hợp các sản phẩm giống nhau thành một nhóm.

Số nhóm và số sản phẩm trong một nhóm phụ thuộc vào ý muốn của bạn.

Bạn có thể bắt đầu lại từ đầu như bạn muốn và thời gian thì không bị hạn chế.

Vui lòng trình bày kết quả của bạn dưới đây :

Cảm ơn sự tham gia của bạn

Cảm ơn sự tham gia của bạn

Annexe 4 : Instructions pour le profil flash en France

Vous disposez de 18 produits devant vous. Nous vous demandons d'identifier avec vos propres mots les caractéristiques sensorielles traduisant les principales différences constatées entre les produits, uniquement en terme d'apparence visuelle et de texture. Pour cela, vous les regarderez, vous les manipulerez (avec les doigts, la cuillère, le couteau) puis vous les goûterez.

A chaque fois que vous générerez un descripteur, vous ordonnerez immédiatement les produits en fonction de l'intensité perçue. Dans le classement, les ex-aequo sont autorisés. Après avoir ordonné les produits sur la table, vous reporterez les codes des produits sur un questionnaire ci-joint, en mettant les produits ayant la plus faible intensité à gauche. Vous entourerez les produits ex-aequo.

Vous pourrez indiquer sur le questionnaire la manière dont vous évaluez chaque descripteur (précisez si vous avez utilisé le sens de la vue, si vous avez utilisé vos doigts ou des ustensiles, etc...).

Merci pour votre participation !

Annexe 5 Instructions pour le profil flash au Vietnam

Bạn được giới thiệu 18 sản phẩm. Hãy miêu tả các đặc tính cảm quan dựa trên sự khác biệt cơ bản giữa các sản phẩm mà bạn nhận thấy được. Bạn chỉ sử dụng các từ ngữ của chính bạn để miêu tả về bề ngoài và cấu trúc. Để làm điều này, bạn hãy quan sát và xem xét chúng (bằng tay, thìa, dao) và sau đó bạn hãy thử nếm chúng.

Mỗi lần bạn đưa ra một thuật ngữ, hãy sắp xếp các sản phẩm theo cường độ mà bạn cảm nhận được. Khi sắp xếp, bạn có thể để các sản phẩm ở cùng thứ hạng. Sau khi xếp các sản phẩm theo thứ tự ở bàn, bạn hãy ghi lại mã số của sản phẩm trên tờ giấy trả lời với cường độ tăng dần theo chiều mũi tên. Khoanh tròn các sản phẩm đồng hạng lại với nhau.

Bạn có thể ghi ra cách thức mà bạn đánh giá cho mỗi thuật ngữ (nói rõ bạn đã nhìn, sử dụng tay, thìa, nĩa hay dao).

Cảm ơn sự tham gia của bạn.

Annexe 6 : Formulaire de réponse pour le profil flash en France

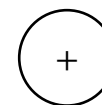
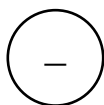
Nom :

Date :

Descripteur sensoriel :

Numéro du descripteur :

.....



Méthodologie utilisée :

.....

.....

Annexe 7 : Formulaire de réponse pour le profil flash au Vietnam

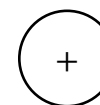
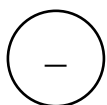
Tên :

Ngày :

Thuật ngữ cảm quan :

.....

Số thứ tự của thuật ngữ cảm quan :



Cách thức sử dụng :

.....

.....

Annexe 8 : Fiche de notation utilisée par les sujets du panel généré_FR

Nom : Prénom :Produit :

Indiquez l'intensité de chaque descripteur.



VISUEL

Eau en surface	_____
Opaque	_____
Brillant	_____
Lisse	_____

EN BOUCHE AVANT DE METTRE EN BOUCHE

Lisse	_____
Ferme	_____
Reprend sa forme	_____
Rayable	_____
Facilité à démouler	_____
Vibrant	_____
Glissant	_____
Elastique	_____
Cassure nette	_____
Se coupe facilement	_____
Coupure nette	_____
Facilité à pénétrer	_____

Glissant	_____
Glaireux	_____
Granuleux	_____
Dur	_____
Caoutchouteux	_____
Nombre de morceaux	_____
Pâteux	_____
Fond	_____

Annexe 9 : Fiche de notation utilisée par les sujets du panel généré_VN

Họ: Tên : Sản phẩm :

Bạn vui lòng chỉ ra cường độ của mỗi thuật ngữ mô tả.



DỪNG MẮT

Có nước	
Bề mặt có bọt	
Bề mặt láng	
Trong	

**TRƯỚC KHI ĐƯA
VÀO MIỆNG**

Lỏng	
Trơn láng	
Mềm	
Đàn hồi	
Dễ cắt	
Mặt cắt phẳng	
Dễ vỡ nát	
Nhào	

TRONG MIỆNG

Trơn	
Mịn	
Mềm	
Dễ nhai	
Dai	
Dễ nát	
Dính	
Nhào	
Dễ tan	
Động lại lợn cợn ở cổ	

Annexe 10 : Fiche de notation utilisée par les sujets du panel imposé_FR

Nom : Prénom :Produit :

Indiquez l'intensité de chaque descripteur.



VISUEL

Eau en surface	_____
Bulles d'air	_____
Surface lisse	_____
Transparent	_____

**AVANT DE METTRE
EN BOUCHE**

Flasque	_____
Glissant	_____
Mou	_____
Elastique	_____
Facile à pénétrer	_____
Coupure lisse	_____
Facile à écraser	_____
Pâteux	_____

EN BOUCHE

Glissant	_____
Lisse	_____
Mou	_____
Facile à mâcher	_____
Coriace	_____
Pâte	_____
Collant	_____
Pâteux	_____
Fondant	_____
Granuleux	_____

Annexe 11 : Fiche de notation utilisée par les sujets du panel imposé_VN

Họ :Tên :Sản phẩm :

Bạn vui lòng chỉ ra cường độ của mỗi thuật ngữ mô tả.



DỪNG MẮT

Nước trên bề mặt

Độ trong suốt

Độ bóng

Độ láng mịn

Độ láng mịn

Độ chắc, chặt

Khả năng phục hồi hình
dạng ban đầu

Khả năng tạo rãnh

Khả năng dễ dàng tách hũ

Tính rung

Tính trơn trượt

Tính đàn hồi

Vết nứt nứt

Cắt được dễ dàng

Vết cắt nét

Khả năng dễ dàng đâm
xuyên

TRƯỚC KHI ĐƯA VÀO MIỆNG

Độ trơn

Độ nhảy, nhót

Lợn cợn

Cứng

Đàn hồi

Số lượng mảnh vụn

Nhào

Tan

TRONG MIỆNG

Annexe 12 : Ordre de présentation des produits aux sujets des 4 panels de profil conventionnel

Ordre de présentation des produits aux sujets pour le panel généré_FR

séance 1

	sujets													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	16	8	5	7	3	2	14	10	17	17	1	8	6	6
2	17	3	17	17	14	16	2	11	6	3	9	16	3	10
3	13	11	5	5	1	15	16	13	11	16	5	13	10	7
4	15	10	4	1	3	8	6	4	13	6	2	10	1	5
5	6	4	1	13	13	13	7	15	14	17	13	2	5	11
6	10	9	7	8	15	17	4	5	17	5	5	6	9	16
7	11	15	10	4	17	12	8	1	3	2	7	8	13	17
8	13	5	9	1	2	10	2	6	2	16	12	4	1	3
9	9	3	6	11	4	6	12	9	8	6	16	7	16	4

séance 2

	sujets													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2	6	3	4	5	3	11	16	13	8	6	5	7	16
2	5	16	14	11	8	6	11	7	5	11	4	3	9	3
3	12	5	15	3	7	17	12	11	1	8	10	9	5	9
4	4	1	11	14	12	1	10	3	7	15	3	11	8	12
5	10	7	1	14	12	7	5	2	12	7	11	17	16	13
6	9	4	12	2	11	5	1	4	14	10	15	14	14	4
7	14	1	14	10	1	13	7	6	15	12	8	3	12	2
8	17	2	2	12	7	14	3	14	4	3	16	12	14	10
9	7	12	13	13	13	9	10	7	5	7	11	1	2	1

séance 3

	sujets													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	14	17	8	7	6	7	1	13	4	4	6	2	17	15
2	12	12	13	9	17	9	16	3	16	10	14	7	11	9
3	11	8	16	8	14	2	17	14	11	12	1	12	15	8
4	15	7	9	3	6	16	9	10	16	15	2	15	4	5
5	7	6	4	9	5	4	13	9	12	9	3	14	7	2
6	1	9	2	15	16	15	5	8	10	1	13	13	13	11
7	3	17	3	2	4	1	15	17	9	14	7	11	4	17
8	16	13	6	6	10	8	13	12	2	11	15	1	11	8
9	1	2	10	16	15	10	14	8	8	13	10	17	2	1

séance 4

	sujets													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	8	16	15	5	9	14	6	12	3	14	9	15	12	15
2	3	13	12	12	2	12	4	17	15	2	17	6	8	13
3	5	14	17	6	16	3	8	16	10	1	14	5	15	7
4	8	11	11	15	9	11	3	2	7	9	12	16	6	6
5	6	10	8	16	11	4	9	15	9	5	8	10	3	14
6	2	14	7	10	8	5	15	1	6	4	4	9	17	12
7	4	15	16	17	10	11	17	5	1	13	17	4	10	14
8	20	19	18	20	19	18	20	19	18	20	19	18	20	19
9	19	18	20	19	18	20	19	18	20	19	18	20	19	18
10	18	20	19	18	20	19	18	20	19	18	20	19	18	20

Annexe 12 (suite)

Ordre de présentation des produits aux sujets pour le panel généré_VN

séance 1

	sujets						
	1	2	3	4	5	6	7
1	16	8	5	7	3	2	14
2	17	3	17	17	14	16	2
3	13	11	5	5	1	15	16
4	15	10	4	1	3	8	6
5	6	4	1	13	13	13	7
6	10	9	7	8	15	17	4
7	11	15	10	4	17	12	8
8	13	5	9	1	2	10	2
9	9	3	6	11	4	6	12

séance 2

	sujets						
	1	2	3	4	5	6	7
1	2	6	3	4	5	3	11
2	5	16	14	11	8	6	11
3	12	5	15	3	7	17	12
4	4	1	11	14	12	1	10
5	10	7	1	14	12	7	5
6	9	4	12	2	11	5	1
7	14	1	14	10	1	13	7
8	17	2	2	12	7	14	3
9	7	12	13	13	13	9	10

séance 3

	sujets						
	1	2	3	4	5	6	7
1	14	17	8	7	6	7	1
2	12	12	13	9	17	9	16
3	11	8	16	8	14	2	17
4	15	7	9	3	6	16	9
5	7	6	4	9	5	4	13
6	1	9	2	15	16	15	5
7	3	17	3	2	4	1	15
8	16	13	6	6	10	8	13
9	1	2	10	16	15	10	14

séance 4

	sujets						
	1	2	3	4	5	6	7
1	8	16	15	5	9	14	6
2	3	13	12	12	2	12	4
3	5	14	17	6	16	3	8
4	8	11	11	15	9	11	3
5	6	10	8	16	11	4	9
6	2	14	7	10	8	5	15
7	4	15	16	17	10	11	17
8	21	20	18	19	21	20	18
9	20	19	21	18	20	19	21
10	19	18	20	21	19	18	20
11	18	21	19	20	18	21	19

Annexe 12 (suite)

Ordre de présentation des produits aux sujets pour le panel imposé_FR

séance 1

	sujets												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	16	8	5	7	3	2	14	17	17	1	8	6	6
2	17	3	17	17	14	16	2	6	3	9	16	3	10
3	13	11	5	5	1	15	16	11	16	5	13	10	7
4	15	10	4	1	3	8	6	13	6	2	10	1	5
5	6	4	1	13	13	13	7	14	17	13	2	5	11
6	10	9	7	8	15	17	4	17	5	5	6	9	16
7	11	15	10	4	17	12	8	3	2	7	8	13	17
8	13	5	9	1	2	10	2	2	16	12	4	1	3
9	9	3	6	11	4	6	12	8	6	16	7	16	4

séance 2

	sujets												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	2	6	3	4	5	3	11	13	8	6	5	7	16
2	5	16	14	11	8	6	11	5	11	4	3	9	3
3	12	5	15	3	7	17	12	1	8	10	9	5	9
4	4	1	11	14	12	1	10	7	15	3	11	8	12
5	10	7	1	14	12	7	5	12	7	11	17	16	13
6	9	4	12	2	11	5	1	14	10	15	14	14	4
7	14	1	14	10	1	13	7	15	12	8	3	12	2
8	17	2	2	12	7	14	3	4	3	16	12	14	10
9	7	12	13	13	13	9	10	5	7	11	1	2	1

séance 3

	sujets												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	14	17	8	7	6	7	1	4	4	6	2	17	15
2	12	12	13	9	17	9	16	16	10	14	7	11	9
3	11	8	16	8	14	2	17	11	12	1	12	15	8
4	15	7	9	3	6	16	9	16	15	2	15	4	5
5	7	6	4	9	5	4	13	12	9	3	14	7	2
6	1	9	2	15	16	15	5	10	1	13	13	13	11
7	3	17	3	2	4	1	15	9	14	7	11	4	17
8	16	13	6	6	10	8	13	2	11	15	1	11	8
9	1	2	10	16	15	10	14	8	13	10	17	2	1

séance 4

	sujets												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	8	16	15	5	9	14	6	3	14	9	15	12	15
2	3	13	12	12	2	12	4	15	2	17	6	8	13
3	5	14	17	6	16	3	8	10	1	14	5	15	7
4	8	11	11	15	9	11	3	7	9	12	16	6	6
5	6	10	8	16	11	4	9	9	5	8	10	3	14
6	2	14	7	10	8	5	15	6	4	4	9	17	12
7	4	15	16	17	10	11	17	1	13	17	4	10	14

Annexe 12 (suite)

Ordre de présentation des produits aux sujets pour le panel imposé_VN

séance 1

	sujets												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	16	8	5	7	3	2	14	10	17	17	1	8	6
2	17	3	17	17	14	16	2	11	6	3	9	16	3
3	13	11	5	5	1	15	16	13	11	16	5	13	10
4	15	10	4	1	3	8	6	4	13	6	2	10	1
5	6	4	1	13	13	13	7	15	14	17	13	2	5
6	10	9	7	8	15	17	4	5	17	5	5	6	9
7	11	15	10	4	17	12	8	1	3	2	7	8	13
8	13	5	9	1	2	10	2	6	2	16	12	4	1
9	9	3	6	11	4	6	12	9	8	6	16	7	16

séance 2

	sujets												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	2	6	3	4	5	3	11	16	13	8	6	5	7
2	5	16	14	11	8	6	11	7	5	11	4	3	9
3	12	5	15	3	7	17	12	11	1	8	10	9	5
4	4	1	11	14	12	1	10	3	7	15	3	11	8
5	10	7	1	14	12	7	5	2	12	7	11	17	16
6	9	4	12	2	11	5	1	4	14	10	15	14	14
7	14	1	14	10	1	13	7	6	15	12	8	3	12
8	17	2	2	12	7	14	3	14	4	3	16	12	14
9	7	12	13	13	13	9	10	7	5	7	11	1	2

séance 3

	sujets												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	14	17	8	7	6	7	1	13	4	4	6	2	17
2	12	12	13	9	17	9	16	3	16	10	14	7	11
3	11	8	16	8	14	2	17	14	11	12	1	12	15
4	15	7	9	3	6	16	9	10	16	15	2	15	4
5	7	6	4	9	5	4	13	9	12	9	3	14	7
6	1	9	2	15	16	15	5	8	10	1	13	13	13
7	3	17	3	2	4	1	15	17	9	14	7	11	4
8	16	13	6	6	10	8	13	12	2	11	15	1	11
9	1	2	10	16	15	10	14	8	8	13	10	17	2

séance 4

	sujets												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	8	16	15	5	9	14	6	12	3	14	9	15	12
2	3	13	12	12	2	12	4	17	15	2	17	6	8
3	5	14	17	6	16	3	8	16	10	1	14	5	15
4	8	11	11	15	9	11	3	2	7	9	12	16	6
5	6	10	8	16	11	4	9	15	9	5	8	10	3
6	2	14	7	10	8	5	15	1	6	4	4	9	17
7	4	15	16	17	10	11	17	5	1	13	17	4	10

Annexe 13 : Valeurs affectées aux produits 7 et 9 pour la condition « 35°C » dans le cadre du test de pénétration

Paramètre	Valeur du paramètre	Remarque
F_rup	0	La force nécessaire pour casser le produit a été considérée comme nulle.
D_Rup	1	La force n'augmentait pas pendant la descente de la sonde.
R_rup	0	Ce rapport a été fixé à 0.
Young	0	La pente était nulle.
F_creux	0	Nous avons considéré que la force au creux était atteinte immédiatement après la "rupture"
D_creux	1	Nous avons considéré que la déformation au creux était atteinte immédiatement après la "rupture"
R_creux	0	Ce rapport a été fixé à 0.
Delta_F	0	Ce rapport a été fixé à 0.
Delta_D	0	Ce rapport a été fixé à 0.
R_deltas	0	Ce rapport a été fixé à 0.
A_rupt	0	La force nécessaire pour casser le produit a été considérée comme nulle, donc l'aire sous la courbe jusqu'à la rupture également.
A_creux	0	La force au creux a été considérée comme nulle, donc l'aire sous la courbe jusqu'au creux également.
A_tot	0	Cette variable vaut 0.
Per_tot	1	Cette variable vaut 1.
Per_rup	0	Comme nous avons considéré que la déformation à la rupture vaut 1, alors Per_rup=0.
Per_rup_r	0	Comme Per_rup vaut 0, nous avons considéré que ce paramètre valait 0.
Per_rup_rr	63.51	Comme Per_rup_r est fini et F_rup vaut 0, ce paramètre est théoriquement infini. Il a été fixé à 63.51, qui la valeur la plus importante mesurée sur les autres produits à 35°C.

Annexe 14 : Programme Distatis (en langage R)

```
#####
# DISTATIS v1.0 - 2006-05-16 #####
#####
distatis <- function(chemin="C:/Donnees.txt", s=14, p=18, coord=c(1,2), col=rainbow(p))
{
  a <- read.table(chemin, sep="\t", dec=",", header=T)
  D <- vector("list", s)
  for (i in (1:s))
  {
    D[[i]] <- a[(1+p*(i-1)): (p+p*(i-1))],
    row.names(D[[i]]) <- names(a)
    D[[i]] <- as.matrix(D[[i]])
  }
  m <- matrix(1/p, p, 1)
  un <- matrix(1, p, 1)
  E <- diag(p) - un %>% t(m)
  S_tilde <- vector("list", s)
  for (i in (1:s))
  {
    S_tilde[[i]] <- -1/2 * E %>% D[[i]] %>% t(E)
  }
  S <- S_tilde
  for (i in (1:s))
  {
    S[[i]] <- S_tilde[[i]] / svd(S_tilde[[i]])$d[1]
  }
  coeffRV <- function(X, Y) {
    rv <- sum(diag(t(X) %>% Y)) / ( sum(diag(t(X) %>% X)) * sum(diag(t(Y) %>% Y)) )^0.5
    return(rv)
  }
  C <- matrix(0, s, s)
  for (i in (1:s))
  {
    for (j in (1:s))
    {
      C[i,j] <- coeffRV(S[[i]], S[[j]])
    }
  }
  C
  G <- svd(C)$u %>% (diag(svd(C)$d)^0.5)
  vp_sujets <- svd(C)$d
  pourcent_sujets <- vp_sujets/sum(vp_sujets)*100
  svd(C)$u[,1]
  alpha <- svd(C)$u[,1] / sum(svd(C)$u[,1])
  somme <- alpha[1]*S[[1]]
  for (i in (2:s))
  {
    somme <- somme + alpha[i]*S[[i]]
  }
  svd(somme)$d
  svd(somme)$u
  F <- svd(somme)$u %>% diag((svd(somme)$d)^0.5)
  f <- array(0,c(p,p, s))
  for (i in (1:s))
  {
    f[, ,i] <- S[[i]] %>% (svd(somme)$u %>% diag((svd(somme)$d)^(-0.5)))
  }
  dimension
  pourcent <- (svd(somme)$d)/sum(svd(somme)$d)*100
  get(getOption("device"))(8, 8)
  barplot(pourcent)
  axe1 <- coord[1]
  axe2 <- coord[2]
  max_x <- 0
  min_x <- 0
  max_y <- 0
  min_y <- 0
  for (i in (1:s))
  {
    max_x <- max(max_x, f[, ,i][,axe1])
    min_x <- min(min_x, f[, ,i][,axe1])
    max_y <- max(max_y, f[, ,i][,axe2])
    min_y <- min(min_y, f[, ,i][,axe2])
  }
  couleurs <- col
  get(getOption("device"))(8, 8)
  plot(c(min_x, max_x), c(min_y, max_y), type="n",
       xlab = paste("Axe ", axe1, " : ", round(pourcent[axe1], 2), "%", sep=""),
       ylab = paste("Axe ", axe2, " : ", round(pourcent[axe2], 2), "%", sep=""))
  abline(h=0, v=0)
  points(F[,c(axe1,axe2)], pch = 19, col= couleurs)
  text(F[,axe1]+5/100*max_x, F[,axe2]+5/100*max_y, labels = names(a), col=couleurs)
}
```

```

get(getOption("device"))(8, 8)
plot(c(min_x, max_x), c(min_y, max_y), type="n",
      xlab = paste("Axe ", axe1, " : ", round(pourcent[axe1], 2), "%", sep=""),
      ylab = paste("Axe ", axe2, " : ", round(pourcent[axe2], 2), "%", sep=""))
points(F[,c(axe1,axe2)], pch = 19, col= couleurs)
for (i in (1:p))
{
  points(t(f[i,c(axe1,axe2)]), cex=0.5, col=couleurs[i])
  arrows(F[i,axe1], F[i,axe2], t(f[i,axe1]), t(f[i,axe2]), length = 0,
col=couleurs[i])
}
text(F[,axe1]+5/100*max_x, F[,axe2]+5/100*max_y, labels = names(a), col=couleurs)
abline(h=0, v=0, col="grey")
axe1 <- 1
axe2 <- 2
get(getOption("device"))(8, 8)
plot(c(-1,1), c(-1,1), type="n",
      xlab= paste("Axe ", axe1, " : ", round(pourcent_sujets[axe1], 2), "%", sep=""),
      ylab=paste("Axe ", axe1, " : ", round(pourcent_sujets[axe2], 2), "%", sep=""))
points(G[,c(axe1, axe2)], cex=0.5, pch=19)
text(G[,axe1]+0.03 , G[,axe2]+0.03, cex=0.8)
abline(h=0,v=0)
resultats <- list(c=C, w=alpha, valp = svd(somme)$d, p=pourcent, sujets = G, produits = F,
s = somme)
}

#####
# arguments
#####
# chemin : chemin pour le fichier de données, les produits sont en colonne, avec un nom pour
# chaque produit,
# # les matrices des sujets sont mises les unes à la suite des autres verticalement,
# sans séparation;
# # il n'y a pas d'étiquette pour les lignes.
# s : nombre de sujets; défaut : 14
# p : nombre de produits; défaut : 18
# coord : coordonnées pour les graphs à tracer, par défaut, c(1,2)
#####
# value
#####
# une liste qui contient les éléments suivants:
# c : une matrice contenant les coefficients RV entre les sujets
# w : un vecteur contenant les poids affectés à chaque sujet
# s : une matrice contenant le compromis entre les sujets, sur laquelle sera faite l'ACP
# valp : valeurs propres des différentes dimensions
# p : pourcentage de la variance expliqué par les différences dimensions
# sujets : coordonnées des sujets
# produits : coordonnées des produits
#####
# usage
#####
# res <- distatis(chemin="C:/Donnees.txt",
# s=14, p=18, coord=c(3,4), col=rep("black", p))
#####
# references
#####
# Abdi, H., Valentin, D., O'Toole, A., Edelman, B. (2005).
# Distatis : the analysis of multiple distance matrices.
# In : Proceedings of the IEEE Computer Society. International Conference
# on Computer Vision and Pattern Recognition. San Diego (CA) USA

```

Annexe 15 : Liste des descripteurs et des protocoles créés par les sujets de profil flash en France, et interprétation du sens des groupes de descripteurs identifiés par CAH.

Descripteurs	Sujets	Protocoles (tels qu'ils ont été définis par chaque sujet)	Groupes de descripteurs (identifiés par CAH) et interprétations de la signification de chaque groupe de descripteurs
Fluide	1	J'ai retourné les pots et je les ai secoués.	Mou
Tremblant	3	On lâche le pot à 3 cm et on voit si le gel tremble.	
Luminosité	4	Par rapport au reflet de la lumière	
Onctuosité	5	Mise en bouche et mastication.	
Résistance au mélange	4	Mélange avec la pointe du couteau.	
Mou	10	Au toucher, détermination si le produit est dur et compact ou au contraire s'il est de type gélatineux assez mou.	
Non rugueux	6	Plus ou moins gel ou rugueux en bouche : j'ai goûté tous les gels un par un et j'ai analysé l'aspect du gel sur la langue.	Elastique
Gluant	8	Toucher avec le doigt et la fourchette. Facilité de préhension.	
Résistance au mélange	3	On mélange les morceaux dans le pot avec la fourchette puis on compare.	
Morceaux	3	Grosseur des morceaux en bouche et aspect fondant. Prise d'une cuillère en bouche écrasement léger avec la langue différenciation suivant que la gelée est moins fondante et reste intacte en bouche.	
Subdivision difficile	13	Aspect gélatineux facilité à le subdiviser avec la langue. D'abord en prélevant l'échantillon avec la cuillère j'ai essayé de comparer la manière avec laquelle l'échantillon se cassait puis j'ai essayé d'établir un classement selon la facilité avec laquelle la langue pouvait faire une sorte de pâte homogène.	
Elasticité	5	Appuyer dessus avec la cuillère et la langue.	
Difficile à prélever	7	J'essaie avec les différents ustensiles de prélever un petit morceau. Si tout vient c'est que l'aliment est difficile à prélever.	
Dureté à la fourchette	9	Tout d'abord pour un premier classement j'enfonce la fourchette en essayant de garder la même force (sur les bords) puis je lâche au dessus de chaque pot la fourchette (à environ 5 cm de hauteur) en observant chaque fois la profondeur que les pics atteignent. Plus le pic est allé profondément plus le produit est mou.	
Mou	1	Facilité à l'enfoncement de la cuillère.	
Résistance à la pénétration	3	Enfoncer verticalement le couteau et évaluer la difficulté à enfoncer le couteau.	

Annexe 15 (suite) - Liste des descripteurs et des protocoles créés par les sujets de profil flash en France, et interprétation du sens des groupes de descripteurs identifiés par CAH.

Descripteurs	Sujets	Protocoles (tels qu'ils ont été définis par chaque sujet)	Groupes de descripteurs (identifiés par CAH) et interprétations de la signification de chaque groupe de descripteurs
Granuleux	2	Aspect visuel de la gélatine en surface.	Opaque & granuleux
Opacité	1	J'ai regardé si on voyait le fond de la coupelle (du pot).	
Opacité	7	Evaluation visuelle - regarder la netteté du fond du pot.	
Opacité	11	J'ai regardé à travers les produits un crayon noir et comparé la visibilité.	
Rouge	11	La couleur [est] plus ou moins rouge. Les regarder tous au dessus.	
Liquide en surface	2	Liquide en surface. Visuel et agitation du pot.	Non cassant
Foncé	10	Couleur foncée. Deux groupements différents entre les plus clairs et les plus foncés puis en regardant par le dessus classement des produits du plus clair au plus foncé.	
Garde sa forme	1	Capacité à garder sa forme. Reprend sa forme après déformation.	
Non cassant	2	Comportement quand on écrase avec la cuillère.	
Compact en bouche	11	Par la bouche. En les soumettant à une pression de la langue contre le palais.	
Tenue	6	Est-ce que le gel se tient bien. J'ai essayé d'attraper le gel avec la fourchette et j'ai regardé si la totalité du gel venait et restait en bloc ou s'il se cassait ou s'il était impossible d'en extraire des morceaux	
Couleur	7	Couleur (rose → rouge). Evaluation visuelle. Je regarde la couleur et je les classe, je les compare.	
Densité	6	Densité rugosité lorsqu'on enfonce un ustensile. J'ai d'abord secoué tous les pots pour voir si la gelée bougeait puis j'ai enfoncé un ustensile dedans.	Cassant
Coloré	6	J'ai juste regardé chaque gel.	
Cassant	5	Avec les ustensiles.	
Aspect liquide	6	J'ai secoué les pots, enfoncé le couteau et touillé.	
Dureté	11	Dureté a la surface. En appuyant avec le bout et le manche de la cuillère.	
Non tremblant	9	Dureté (plus c est dur moins la matière tremble). J'observe la réaction qu'a la surface de la matière (vibration / ne bouge pas) lorsque je lâche le pot a environ 1 a 1,5 cm de hauteur.	
Dureté	9	Produit plus ou moins dur (la fourchette s'enfonce plus ou moins facilement). Tout d abord pour un premier classement j'enfonce la fourchette en essayant de garder la même force (sur les bords), puis je lâche au dessus de chaque pot la fourchette (a environ 5 cm de hauteur) en observant chaque fois la profondeur que les pics atteignent. Plus le pic est allé profondément plus le produit est mou.	

Annexe 15 (*suite*) - Liste des descripteurs et des protocoles créés par les sujets de profil flash en France, et interprétation du sens des groupes de descripteurs identifiés par CAH.

Descripteurs	Sujets	Protocoles (tels qu'ils ont été définis par chaque sujet)	Groupes de descripteurs (identifiés par CAH) et interprétations de la signification de chaque groupe de descripteurs
Croquant	12	Lorsqu'on mâche le produit est ce qu'il est plus ou moins dur, croquant.	Dur
Dureté	13	J'ai comparé la dureté des échantillons d'abord en plantant la fourchette dedans et en regardant si elle pouvait tenir a la verticale même en inclinant légèrement l'échantillon puis en prélevant l'échantillon j'ai essayé d'évaluer la force que cela demandait (par comparaisons) et enfin j'évaluais la dureté avec ma langue et si cela demandait ou non de mâcher plus ou moins fort.	
Pénétration difficile	10	Difficulté à enfoncer une cuillère dans le produit. Cuillère plantée dans chacun des pots. Classement en fonction de la force à exercer pour enfoncer la cuillère (plus c'est difficile pour enfoncer la cuillère plus la pénétration est difficile).	
Solidité	8	Faire un trou avec un ustensile.	
Rigide	12	Lorsqu'on enfonce le couteau dans le produit celui ci est plus ou moins résistant, plus ou moins rigide.	
Dureté	10	Dureté en bouche. Produits goûtés un a un puis, tri selon qu'ils sont assez dur en bouche (borne plus) ou bien qu'ils sont élastiques ou pâteux en bouche.	
Texture des morceaux	3	Texture au toucher. On touille avec la fourchette puis on enfonce le doigt au milieu des morceaux. Va de doux au toucher pour le moins vers morceaux granuleux pou le plus.	
Dureté	4	Piquer avec la fourchette.	Lisse
Lisse	12	Apparence (en surface) plus ou moins lisse. En observant à la lumière on constate que certains produits ont un aspect plus ou moins lisse. Classement en regardant le nombre d'impuretés à la surface.	
Lisse	13	En comparant les différents échantillons j'ai établi un classement de la surface la plus lisse possible, c'est à dire sans bulles sur la surface elle même mais aussi sur les contours.	
Marques de la fourchette	1	Marques laissées dans la gelée par la fourchette. J'ai regardé les empreintes et les bulles d'air laissées par la fourchette.	Facile à attraper
Le couteau laisse des traces	6	Trace de la lame de couteau dans le gel (est ce qu'elle reste ou disparaît). J'ai enfoncé la lame de couteau dans le gel et j'ai regarde les restes de traces.	
Facile à attraper	9	Facilite à attraper le produit à la fourchette. Je plante la fourchette dans le pot et la relève.	
Facile à prendre	2	Produit facile à prendre à la cuillère. Forme des petits grains gélatineux qui finissent par fondre dans la bouche.	
Bulles	11	Sortes de bulles d'air en surface (non homogène). Regarder les bulles d'air en surface.	
Brillance	13	Observation et comparaison du reflet de la lumière en variant l'orientation de l'échantillon vers la lumière.	

Annexe 15 (*suite*) - Liste des descripteurs et des protocoles créés par les sujets de profil flash en France, et interprétation du sens des groupes de descripteurs identifiés par CAH.

Descripteurs	Sujets	Protocoles (tels qu'ils ont été définis par chaque sujet)	Groupes de descripteurs (identifiés par CAH) et interprétations de la signification de chaque groupe de descripteurs
Marques d'enfoncement	1	Traces laissées au dessus par l'enfoncement de la fourchette et du couteau.	Collant
Collant	6	Est-ce que le gel reste accroché à la cuillère. J'ai enfoncé la cuillère dans le gel et regardé si celui-ci restait collé ou non.	
Transparence	4	Regarder au fond du pot.	Transparence
Transparence	5	Observation a la lumière.	
Transparence	8	Visuel devant la lumière.	
Transparence	12	En inclinant le pot vers la lumière pour voir si le fond est facilement discernable ou pas (si la vision du cercle est plus ou moins trouble). Voir l'écriture lisible ou pas.	
Se liquéfie	1	Se liquéfie. Je les ai mâchés.	Fondant
Fondant	4	Mise en bouche et mastication.	

Annexe 16 : Liste des descripteurs et des protocoles créés par les sujets de profil flash au Vietnam (en version originale vietnamienne et avec une traduction en français), et interprétation du sens des groupes de descripteurs identifiés par CAH (en français).

Descripteurs	Sujets	Protocoles (tels qu'ils ont été définis par chaque sujet)	Groupes de descripteurs (identifiés par CAH) et interprétations de la signification de chaque groupe de descripteurs
Trong suốt (transparence)	5	Độ trong - nhìn bằng mắt. (transparence-visuel).	Transparent
Trong suốt (transparence)	8	Độ trong suốt thay đổi theo mẫu - dùng mắt. (tranparence de chaque produit – visuel).	
Trong suốt (transparence)	3	Mức độ trong suốt. (degré de transparence)	
Trong suốt (transparence)	2	Màu sắc trong suốt và đồng nhất - quan sát bằng mắt. (couleur transparente et homogène - visuel)	
Trong suốt (transparence)	11	Độ trong suốt - dùng mắt quan sát. (transparence-visuel).	
Trong suốt (transparence)	14	Độ trong - quan sát bằng mắt. (transparence-visuel)	
Cứng (dureté)	1	Độ cứng - sử dụng tay sờ. (dur - toucher le produit)	
Trong suốt (transparence)	6	Độ trong của sản phẩm - mắt. (transparence du produit – visuel)	
Tan (fondant)	5	Độ tan - dùng miệng thử. (fondant - goûter le produit)	Fondant
Tan (fondant)	7	Độ ăn tan - đưa vào miệng rê nhẹ lưỡi (không nhai). (mettre le produit dans sa bouche et passer la langue ; ne pas mâcher)	
Tan (fondant)	10	Sự hòa tan trong miệng - dùng miệng để thử. (mettre le produit dans sa bouche)	

Annexe 16 (suite) - Liste des descripteurs et des protocoles créés par les sujets de profil flash au Vietnam (en version originale vietnamienne et avec une traduction en français), et interprétation du sens des groupes de descripteurs identifiés par CAH (en français).

Descripteurs	Sujets	Protocoles (tels qu'ils ont été définis par chaque sujet)	Groupes de descripteurs (identifiés par CAH) et interprétations de la signification de chaque groupe de descripteurs
Dai - đàn hồi (coriace - élastique)	1	Độ dai - nếm, nhai. (caoutchouteux – goûter, mâcher le produit)	Coriace
Đàn hồi (élastique)	3	Đàn hồi. (élastique)	
Cứng (dur)	13	Khả năng đâm thủng bề mặt bằng dao. (capacité de pénétrer la surface de produit avec le couteau)	
Dai (coriace)	9	Dùng miệng và dao thử. (évaluation en bouche et utiliser des couteaux)	
Dai (coriace)	12	Dùng muỗng ấn rồi đưa vào miệng nếm thử xem cái nào tan trước hoặc dễ nhai. (enfoncer le produit avec le cuillère puis mettre en bouche. Evaluation la facilité a mâcher)	
Dai khó cắt (coriace, difficile à couper)	11	Dùng muỗng đâm xuyên. (difficile de couper le produit avec le couteau)	
Dính (adhérant)	10	Độ keo dính - dùng dao ấn (cắt) sản phẩm. (adhérent - couper le produit avec le couteau)	
Mềm dễ cắt (mou – facile à couper)	13	Dùng dao cắt. (couper le produit avec le couteau)	
Dai (coriace)	8	Dùng vị giác. (goûter)	
Dẻo (coriace)	2	Cấu trúc dẻo dai - tay thìa thử nếm.	
Dai (coriace)	4	Miệng nhai.	

Annexe 16 (*suite*) - Liste des descripteurs et des protocoles créés par les sujets de profil flash au Vietnam (en version originale vietnamienne et avec une traduction en français), et interprétation du sens des groupes de descripteurs identifiés par CAH (en français).

Descripteurs	Sujets	Protocoles (tels qu'ils ont été définis par chaque sujet)	Groupes de descripteurs (identifiés par CAH) et interprétations de la signification de chaque groupe de descripteurs
Màu	12	Màu sắc - dùng mắt quan sát.	
Cứng	12	Độ cứng - dùng tay đè thử lên sản phẩm sau đó dùng muống ấn nhẹ lên.	
Cứng	14	Cứng - quan sát bằng mắt dùng tay bóp nhẹ dùng dao cắt ra và thử.	
Đặc	5	Độ sánh đặc - dùng mũi dao đâm bề mặt sản phẩm.	
Cứng	8	Độ cứng thay đổi - lắc mẫu và sờ vào bề mặt mẫu.	Dur & croquant
Giòn	8	Đưa sản phẩm vào miệng dùng lưỡi cảm nhận.	
Dễ vỡ	3	Dễ vỡ.	
Cứng	7	Độ cứng - sử dụng tay nhấn và rê nhẹ.	
Cứng	9	Dùng tay thử thử bằng miệng dùng dao cắt.	
Cứng	6	Tay sờ nắn dao đè nhẹ lên sản phẩm.	
Giòn	13	Độ giòn độ đàn hồi - dùng dao gõ lên bề mặt.	
Mịn	1	Độ láng mịn – nhìn.	
Đàn hồi	11	Dai khó cắt - dùng muống đâm xuyên.	

Annexe 17 : R^2 entre les variables instrumentales issues des différents test et les descripteurs sensoriels du panel généré_FR. Les r^2 supérieurs à 0,5 sont soulignés et en gras, et les variables pour lesquelles au moins un r^2 supérieur à 0,5 a été identifié sont en gras.

	Eau_en_surface_v	Opaque_v	Brillant_v	Lisse_v	Lisse_m	Ferme_m	Reprend_sa_forme_m	Rayable_m	Facilite_a_demouler_m	Vibrant_m	Glissant_m	Elastique_m	Cassure_nette_m	Se_coupe_facilement_m	Coupure_nette_m	Facilite_a_penetrer_m	Glissant_b	Glaireux_b	Granuleux_b	Dur_b	Caoutchouteux_b	Nombre_de_morceaux_b	Pateux_b	Fond_b
S_L	0,1	<u>0,7</u>	<u>0,5</u>	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
S_C	0,1	<u>0,5</u>	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0	0,2	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,2
S_h	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Syn	<u>0,6</u>	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,2
R_k1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,4	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
R_k2	0,2	0,0	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,0	0,2	0,2	0,4	0,1	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,2	0,1	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0
B_DA	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,3	0,1	<u>0,5</u>	0,3	0,0	0,2	<u>0,5</u>	0,4	0,2	0,2	0,3
B_DDf	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	<u>0,6</u>	0,1	<u>0,5</u>	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0
B_UA	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	<u>0,5</u>	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0
B_GA	0,3	0,0	0,1	0,3	<u>0,5</u>	0,2	0,0	0,1	0,4	0,1	<u>0,6</u>	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,3	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,3	0,1
B_DA2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,5	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
P_DRup	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	<u>0,6</u>	0,2	0,4	0,0	0,4	0,0	<u>0,6</u>	0,0	<u>0,7</u>	0,0	<u>0,6</u>	0,1	<u>0,7</u>	0,5	0,0	<u>0,6</u>	<u>0,7</u>	0,0	0,2
P_Young	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	<u>0,8</u>	0,0	0,1	0,1	<u>0,7</u>	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	<u>0,7</u>	0,2	0,2	0,1	0,4	0,2	0,0
P_DeltaF	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	<u>0,5</u>	0,0	0,2	0,0	0,4	0,0	0,4	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	<u>0,7</u>	0,5	0,0	0,4	<u>0,6</u>	0,1	0,0
P_Rdeltas	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
P_Arupt	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,4	0,0	0,1	0,1	0,3	0,0	0,4	0,1	<u>0,6</u>	0,3	0,1	0,3	<u>0,5</u>	0,5	0,3	0,2	0,4
P_Atot2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 18: R^2 entre les variables instrumentales issues des différents test et les descripteurs sensoriels du panel généré_VN. Les r^2 supérieurs à 0,5 sont soulignés et en gras, et les variables pour lesquelles au moins un r^2 supérieur à 0,5 a été identifié sont en gras.

	Co_nuoc_v	Be_mat_co_bot_v	Be_mat_lang_v	Trong_v	Long_m	Trong_lang_m	Mem_m	Dan_hoi_m	De_cat_m	Mat_cat_phang_m	De_vo_nat_m	Nhao_m	Tron_b	Min_b	Mem_b	De_nhai_b	Dai_b	De_nat_b	Dinh_b	Nhao_b	De_tan_b	Dong_lai_lon_con_o_co_r
S_L	0,0	0,2	0,1	<u>0,7</u>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
S_C	0,2	0,1	0,1	0,5	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1
S_h	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Syn	<u>0,5</u>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
R_k1	0,4	0,2	0,1	0,0	0,3	0,3	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
R_k2	0,4	0,5	0,4	0,0	0,3	0,3	0,0	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
B_DA	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,1	<u>0,5</u>	0,0	0,4	0,3	0,1	0,2	<u>0,7</u>	0,3	0,3	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2
B_DDf	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2
B_UA	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	<u>0,6</u>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1
B_GA	<u>0,6</u>	0,3	0,3	0,0	0,3	<u>0,6</u>	0,3	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	0,4	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,1	0,1
B_DA2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P_DRup	0,1	0,3	0,3	0,0	<u>0,6</u>	0,1	0,0	<u>0,7</u>	<u>0,6</u>	0,2	0,2	0,0	0,1	0,0	0,2	<u>0,5</u>	<u>0,5</u>	0,4	0,0	0,0	0,2	0,2
P_Young	0,1	0,2	0,1	0,0	0,5	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0
P_DeltaF	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1	0,0	0,4	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1
P_Rdeltas	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0	0,3	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0
P_Arupt	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,2	<u>0,6</u>	0,1	0,5	0,3	0,2	0,2	<u>0,7</u>	0,4	0,5	0,5	0,2	0,2	0,4	0,2
P_Atot2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 19 : Tableau des coefficients RV entre les configurations des produits en France et au Vietnam pour le tri libre, le profil flash, le profil conventionnel avec génération de descripteurs, le profil conventionnel avec descripteurs imposés puis traduits, et la configuration des produits avec les mesures instrumentales.

		Tri		Flash		Conventionnel (G)		Conventionnel (I)	
		France	Vietnam	France	Vietnam	France	Vietnam	France	Vietnam
Tri	Vietnam	0,69							
Flash	France	0,68	0,49						
	Vietnam	0,50	0,70	0,70					
Conventionnel (G)	France	0,60	0,62	0,69	0,69				
	Vietnam	0,53	0,53	0,66	0,63	0,86			
Conventionnel (I)	France	0,49	0,54	0,58	0,62	0,92	0,89		
	Vietnam	0,57	0,62	0,60	0,68	0,95	0,86	0,93	
Instrumental		0,67	0,60	0,63	0,66	0,75	0,60	0,65	0,72

(G) signifie « avec génération de descripteurs, et (I) « avec descripteurs traduits puis imposés »

Annexe 20 : Tableau des coefficients coefficients NRV entre les configurations des produits en France et au Vietnam pour le tri libre, le profil flash, le profil conventionnel avec génération de descripteurs, le profil conventionnel avec descripteurs imposés puis traduits, et la configuration des produits avec les mesures instrumentales.

		Tri		Flash		Conventionnel (G)		Conventionnel (I)	
		France	Vietnam	France	Vietnam	France	Vietnam	France	Vietnam
Tri	Vietnam	6,86							
Flash	France	6,90	4,15						
	Vietnam	4,48	7,30	7,39					
Conventionnel (G)	France	5,73	5,91	7,11	7,19				
	Vietnam	4,86	4,85	6,86	6,53	9,69			
Conventionnel (I)	France	4,40	5,09	5,81	6,35	10,39	10,14		
	Vietnam	5,34	6,04	6,03	7,03	10,65	9,66	10,56	
Instrumental		6,59	5,54	6,34	6,80	8,00	5,93	6,77	7,61

(G) signifie « avec génération de descripteurs, et (I) « avec descripteurs traduits puis imposés »

Perception sensorielle de la texture de gels en France et au Vietnam et prédiction des profils sensoriels par des mesures instrumentales.

Trois objectifs ont guidé cette thèse. Le premier objectif était de qualifier et de quantifier le plus finement possible les éventuelles différences de caractérisation sensorielle de l'apparence visuelle et de la texture de gels entre des sujets appartenant à deux cultures très différentes (française et vietnamienne). Trois méthodologies présentant différents niveaux de verbalisation ont été appliquées dans les deux cultures (tri libre, profil flash et profil conventionnel avec génération de descripteurs) et ont permis d'identifier certaines particularités dans le comportement de réponse dans les deux cultures. Le tri libre a montré que les sujets des deux cultures catégorisent les produits de manière similaire. Le profil flash a montré que les sujets vietnamiens utilisent moins de mots pour décrire les produits et les utilisent de manière plus semblable que les sujets français. Le profil conventionnel, comme le profil flash, a également montré que les sujets vietnamiens utilisent moins de mots pour décrire les produits. Globalement, les trois méthodes ont montré qu'il existait une forte similarité entre les configurations des produits dans les deux cultures.

Le deuxième objectif était de savoir s'il était possible de traduire puis transférer les descripteurs sensoriels issus des panels de profil conventionnel français et vietnamiens vers respectivement un nouveau panel vietnamien et un nouveau panel français. Pour cela, nous avons défini un protocole de transfert de descripteurs. L'application de ce protocole de transfert dans le sens France -> Vietnam et dans le sens Vietnam -> France a montré que globalement, les panels qui ont appris les descripteurs traduits ont utilisé ces derniers de la même manière que les panels qui les ont générés.

Le troisième objectif était de prédire les profils sensoriels issus des panels ayant généré leurs propres descripteurs, en France et au Vietnam, par des mesures instrumentales variées. Globalement, il a été possible de prédire de manière assez satisfaisante les 24 descripteurs du panel français et les 22 descripteurs du panel vietnamien, en utilisant une variable de synérèse, deux variables de spectrophotométrie, quatre variables de pénétration et quatre variables de back extrusion. Cependant, la réalisation des mesures de pénétration et de back extrusion avec ou sans lubrification n'a pas conduit à une vision différente de l'espace produit. De plus, la réalisation des mesures de pénétration et de back extrusion à différentes températures n'a pas permis de réellement mieux prédire l'aspect fondant des produits, en raison de la non-prise en compte des aspects cinétiques.

***Mots clés :** gels, formulation, perception sensorielle, cross culturel, rhéologie, texture, prédiction.*

Sensory perception of gel texture in France and Vietnam and prediction of sensory profiles by instrumental measurements.

Three objectives guided our work. The first was to identify and quantify in detail the possible differences in the sensory characterization of visual appearance and texture of formulated gels between subjects of two very different cultures: France and Vietnam. Three methodologies with different verbalization levels (free sorting task, flash profile and conventional profile with generated attributes) made it possible to identify specificities in the answer behaviour between the two cultures. Free sorting task showed that subjects from both cultures categorize the products in a similar way. Flash profile showed that Vietnamese subjects use fewer words to describe the products and use them in a more similar way than French subjects. Conventional profile, like flash profile, showed that Vietnamese subjects use fewer words. Globally, the three sensory methodologies showed a strong similarity between product configurations in the two cultures.

The second objective was to know if it is possible to translate and transfer the sensory attributes from French and Vietnamese conventional profile panels towards respectively a new Vietnamese panel and a new French panel. Therefore, we created a new attribute transfer protocol. This protocol was applied to transfer attributes from France to Vietnam and conversely. Globally, panels who learned translated attributes used them in the same way as the panels that originally generated them.

The third objective was to predict French and Vietnamese sensory profiles (generated attributes) by various instrumental measurements. The main result was a rather satisfactory prediction of the 24 French attributes and 22 Vietnamese attributes with a syneresis measure, two spectrophotometer variables, four penetration variables and four back extrusion variables. Nevertheless, performing penetration and back extrusion with and without lubrication did not lead to a different product configuration. Moreover, performing penetration and back extrusion at different temperatures did not improve the prediction of the melting behaviour of the products, because kinetic aspects were not taken into account.

***Key words :** gels, formulation, sensory perception, cross cultural, rheology, texture, prediction.*