

Le langage naturel pour explorer les représentations, attitudes, perceptions et préférences des consommateurs vis à vis des aliments

Michel Visalli, Benjamin Mahieu

À PROPOS DES AUTEURS

■ Benjamin Mahieu

- MCF, ONIRIS, StatSC (Nantes)
- Statistiques, sensométrie, chimiométrie
- Etude des données de commentaire libre et des problématiques de discrimination (en grande dimension)



■ Michel Visalli

- IR, INRAE, CGSA-ChemoSens (Dijon)
- Informatique, statistiques, data science
- Étude des perceptions, préférences et comportements des consommateurs



INTRODUCTION

Les mesures déclaratives en sciences sensorielles et du consommateur : de l'analyse des perceptions à l'étude des expériences

LES SCIENCES SENSORIELLES ET DU CONSOMMATEUR

- Origine (psychophysique)
 - Focus sur les sens chimiques et la **mesure « objective » des réponses sensorielles, objectif = formulation de produits**
 - Evaluation des caractéristiques « intrinsèques » des aliments (goût, odeur, texture, apparence) par des sujets entraînés et notations hédoniques par des consommateurs en environnement contrôlé (laboratoire)
- **Perception ni universelle, ni objective** : influences cognitives, émotionnelles, contextuelles, sociales et culturelles → **validité écologique ?**
- Évolution
 - Focus sur **l'expérience du consommateur, objectif = mieux comprendre les comportements alimentaires**
 - Etude plus globale de **l'interaction individu-aliment-contexte**, en situation plus naturelle de consommation → **changement de méthodes d'évaluation**

LES QUESTIONNAIRES QUANTITATIFS

- Échelles continues ou discrètes
- Avantages :
 - **Standardisation**
 - **Sensibilité**
 - **Données directement exploitables** avec des méthodes statistiques classiques
- Limites :
 - **Effet de la formulation** : libellés de la question et des points sur l'échelle
 - **Différences dans l'utilisation de l'échelle** : styles de répondants, différences culturelles, biais de désirabilité sociale, de tendance centrale
 - **Manque de profondeur** : expérience complexe résumée en une valeur

LES QUESTIONNAIRES QUALITATIFS À RÉPONSES FERMÉES

- **Liste de cases à cocher** type CATA (Check-All-That-Apply)
- **Avantages :**
 - **Standardisation**
 - **Facilité d'utilisation et compréhension** par les consommateurs
 - **Données directement exploitables, aspect quantitatif** (pourcentages)
- **Limites :**
 - **Choix des options** (nombre limité, critères de sélection)
 - **Influence de la formulation et de l'ordre de présentation**
 - **Réponse binaire, tâche peu engageante** (patterns de réponses ou réponses aléatoires)
 - **Biais d'acquiescement, de halo, de dumping, de désirabilité sociale**

LES QUESTIONNAIRES QUALITATIFS À RÉPONSES OUVERTES

- **Regain d'intérêt pour les recueils de données en langage naturel**
- Intégration de méthodes issues des sciences sociales : entretiens semi-directifs, focus groupes, questionnaires ouverts
- Avantages :
 - **Élimination de biais liés à l'utilisation d'échelles et de listes d'options**
 - **Expression libre : tâche naturelle et engageante**, données plus **personnalisées, authentiques, nuancées et holistiques**
 - **Diversité des sources et supports** : papier, questionnaires informatisés, enregistrements vocaux, webscraping de données (réseaux sociaux, forums, revues)
- Limites (données textuelles) :
 - **Données non structurées, bruitées** (typos, contenu non informatif), **non directement exploitables**
 - **Données non standardisées, subjectives et ambiguës** (langage informel, ironie/sarcasme, métaphores, polysémie, homographie)
 - **Données qualitatives, non centrées sur des items spécifiques**

DÉFIS DES MESURES EN LANGAGE NATUREL

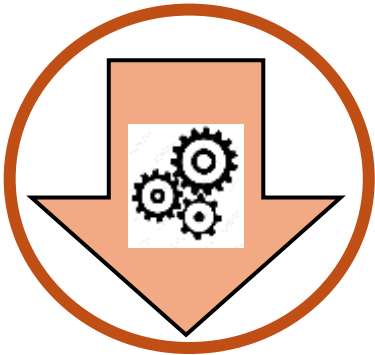
- Mettre en œuvre des **stratégies pour orienter les réponses et les rendre plus facilement exploitables** sans (trop) influencer les consommateurs
- **Automatiser les pré-traitements** (pré-traitement manuels extrêmement longs et non reproductibles)
- **Comprendre ce que signifient les mots et ce qu'ils révèlent** à travers des **analyses statistiques appropriées**

L'ANALYSE DE DONNÉES TEXTUELLES

Prétraitement, extraction d'information, analyses statistiques

DES DONNÉES TEXTUELLES À L'EXTRACTION D'INFORMATION

Paneliste	Produit	Description	Instructions (facultatif)
Pa_1	P_1	bon goût, bonne odeur de légume mais trop compact	Modalité sensorielle (aspect visuel, texture, flaveur, etc.)
...	...	...	Qualités vs .défauts
Pa_Nc	P_Np	goût prononcé, belle couleur, légumes variés	



Paneliste	Produit	C_1	C_2	C_2	...	C_Nd	Instructions (facultatif)
Pa_1	P_1	1	1	1	...	0	Modalité sensorielle (aspect visuel, texture, flaveur, etc.)
...	...	...	...	...	...	...	Qualités vs .défauts
Pa_Nc	P_Np	1	0	1	...	0	
		Attribut cité ou non					

PIPELINE DE TRAITEMENT DES DONNÉES

- Vérifier et corriger les erreurs de frappe et d'orthographe
- Supprimer les informations non pertinentes (par exemple, les signes de ponctuation, les mots vides, le nom du produit, etc.)
- Normaliser les différentes formes d'un terme sur la base de la lemmatisation et/ou du stemming (expressions régulières)
- Prendre en compte les négations et/ou les quantificateurs
- Prendre en compte les termes composés et/ou tout n-gramme pertinent
- Appliquer un filtrage basé sur le POS tagging (par exemple, ne conserver que les noms, les adjectifs et les n-grammes ad hoc) ou une base de données de mots pertinents
- Regrouper les termes qui véhiculent des informations similaires
- Appliquer un filtrage par fréquence (par exemple, ne conserver que les termes cités par au moins un même produit par au moins 5 % du panel)

PIPELINE DE TRAITEMENT DES DONNÉES

Utilisation
d'un lexique
hiérarchique

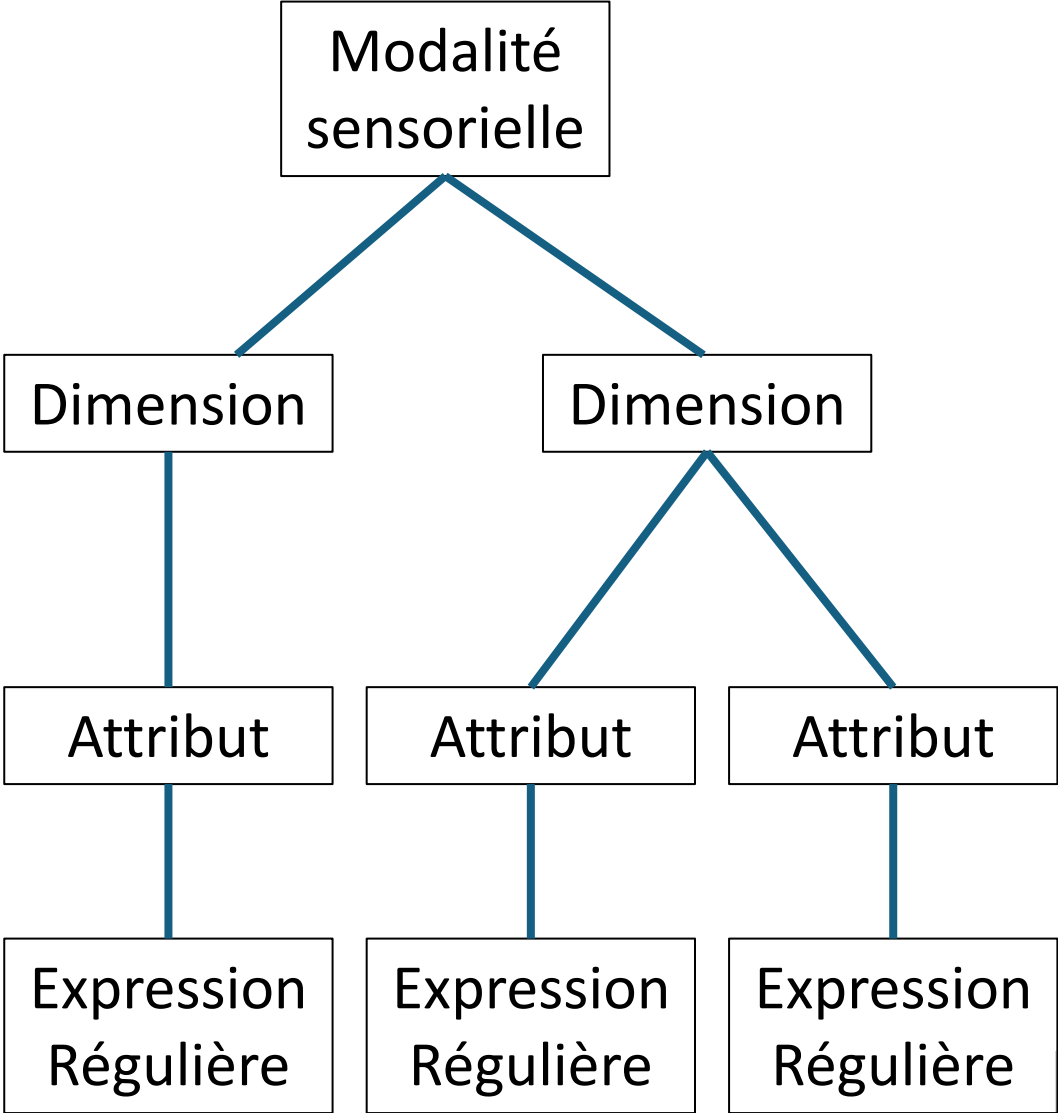


- Vérifier et corriger les erreurs de frappe et d'orthographe
- Supprimer les informations non pertinentes (par exemple, les signes de ponctuation, les mots vides, le nom du produit, etc.)
- Normaliser les différentes formes d'un terme sur la base de la lemmatisation et/ou du stemming (expressions régulières)
- Prendre en compte les négations et/ou les quantificateurs
- Prendre en compte les termes composés et/ou tout n-gramme pertinent
- Appliquer un filtrage basé sur le POS tagging (par exemple, ne conserver que les noms, les adjectifs et les n-grammes ad hoc) ou une base de données de mots pertinents
- Regrouper les termes qui véhiculent des informations similaires
- Appliquer un filtrage par fréquence (par exemple, ne conserver que les termes cités par au moins un même produit par au moins 5 % du panel)

PIPELINE DE TRAITEMENT DES DONNÉES

Le lexique :

	A	B	C	D	E	F
1	RegularExpressionFR	AttributeFR	FullConceptFR	ProductCategory	AttributeEN	
360	solvants?	solvant	flaveur:chimique>solvant		solvent	
361	verniss	vernis	flaveur:chimique>vernis		varnish	
362	acescent?c?e?s?	acescent	saveur:acide		sour	
363	vinaigré?e?s?	vinaigre	saveur:acide		vinegar	
364	ac[ée]tiques?	acétique	flaveur:chimique>vinaigre>acétique		acetic	
365	acides? ac[ée]tiques?	acide acétique	saveur:acide		acetic acid	
366	d[ée]fauts?	défaut	flaveur:défaut		defect	
367	anomalie	anomalie	flaveur:défaut>anomalie		anomaly	
368	bouchons?	bouchon	flaveur:défaut>bouchon	vin	corked	
369	bouchonn[ée]e?s?	bouchonné	flaveur:défaut>bouchon	vin	corked	
370	probl[ée]mes?	problème	flaveur:défaut>problème		problem	
371	empyreumatiques?	empyreumatique	flaveur:empyreumatique		empyreumatic	
372	bouillons?	bouillon	flaveur:empyreumatique>bouillon		broth	
373	brais[ée]e?s?	braisé	flaveur:empyreumatique>braisé		braised	
374	brul[ée]e?s?	brûlé	flaveur:empyreumatique>brûlé		burnt	
375	benzol	benzol	flaveur:empyreumatique>brûlé>benzol		benzol	
376	bitum[ée]e?s?	bitume	flaveur:empyreumatique>brûlé>bitume		tar	
377	caoutchouc	caoutchouc	flaveur:empyreumatique>brûlé>caoutchouc		rubber	
378	crame[ée]e?s?	cramé	flaveur:empyreumatique>brûlé>cramé		burnt	
379	goudron	goudron	flaveur:empyreumatique>brûlé>goudron		tar	
380	sule	sule	flaveur:empyreumatique>brûlé>sule		soot	
381	caramels?	caramel	flaveur:empyreumatique>caramel		caramel	
382	caram[ée]lis[ée]e?s?	caramélisé	flaveur:empyreumatique>caramel		caramelized	
383	confiture lait	confiture de lait	flaveur:empyreumatique>caramel>confiture-de-lait		milk jam	
384	chocolat[ée]?e?s?	chocolat	flaveur:empyreumatique>chocolat		chocolate	
385	chocolats? chauds?	chocolat chaud	flaveur:empyreumatique>chocolat>chocolat-chaud		hot chocolate	
386	chocolats? lait	chocolat au lait	flaveur:empyreumatique>chocolat>chocolat-lait		milk chocolate	
387	chocolats? noirs?	chocolat noir	flaveur:empyreumatique>chocolat>chocolat-noir		dark chocolate	
388	cigarettes?	cigarette	flaveur:empyreumatique>fumé		cigarette	
389	fumage	fumage	flaveur:empyreumatique>fumé		smoked	
390	fum[ée]e?s?	fumé	flaveur:empyreumatique>fumé		smoked	
391	fumet	fumet	flaveur:empyreumatique>fumé		smoked	
392	bacon	bacon	flaveur:empyreumatique>fumé>bacon		bacon	
393	barbecue	barbecue	flaveur:empyreumatique>fumé>barbecue		barbecue	
394	grill[ée]?e?s?	grillé	flaveur:empyreumatique>grillé		grilled	
395	biscottes?	biscotte	flaveur:empyreumatique>grillé>biscotte		rusk	
396	pains?	pain	flaveur:empyreumatique>grillé>pain		bread	



PIPELINE DE TRAITEMENT DES DONNÉES

Utilisation
d'un lexique
hiérarchique

Combinaison
lexique et
statistiques



- Vérifier et corriger les erreurs de frappe et d'orthographe
- Supprimer les informations non pertinentes (par exemple, les signes de ponctuation, les mots vides, le nom du produit, etc.)
- Normaliser les différentes formes d'un terme sur la base de la lemmatisation et/ou du stemming (expressions régulières)
- Prendre en compte les négations et/ou les quantificateurs
- Prendre en compte les termes composés et/ou tout n-gramme pertinent
- Appliquer un filtrage basé sur le POS tagging (par exemple, ne conserver que les noms, les adjectifs et les n-grammes ad hoc) ou une base de données de mots pertinents
- Regrouper les termes qui véhiculent des informations similaires
- Appliquer un filtrage par fréquence (par exemple, ne conserver que les termes cités par au moins un même produit par au moins 5 % du panel)

PIPELINE DE TRAITEMENT DES DONNÉES

Combinaison lexicque et statistiques

Trouver une **partition des descripteurs** telle que la **discrimination** des produits qui en résulte soit **maximisée** sous la contrainte que **chaque élément de la partition** contienne des **descripteurs ayant la même dimension (lexique)**. La **discrimination** des produits est mesurée grâce à une approximation de la **p-value du test χ^2_{mr} ¹ (statistiques)**.

1 – Classification hiérarchique

1. Chaque attribut forme un cluster
2. Fusionner les clusters qui permettent d'obtenir la meilleure augmentation de la discrimination des produits parmi les fusions qui satisfont la contrainte
3. Répéter jusqu'à ce qu'aucune fusion n'entraîne une augmentation de la discrimination des produits

→ Fournit une estimation raisonnable du nombre de clusters et l'initialisation de l'algorithme de partitionnement.

2 – Algorithme de transfert

1. Considérer chaque attribut séquentiellement
2. Envisager de le déplacer de son cluster actuel vers tous les autres et effectuer le déplacement si cela augmente la discrimination des produits
3. Répéter jusqu'à convergence

→ Raffine la solution de la classification hiérarchique

¹Bilder, C. R., Loughin, T. M., & Nettleton, D. (2000). Multiple Marginal Independence Testing for Pick Any/C Variables. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 29(4), 1285–1316. <https://doi.org/10.1080/03610910008813665>

PIPELINE DE TRAITEMENT DES DONNÉES

Food Quality and Preference 127 (2025) 105456



Contents lists available at ScienceDirect

Food Quality and Preference

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodqual



Can natural language processing or large language models replace human operators for pre-processing word and sentence-based free comments sensory evaluation data?



Michel Visalli^{a,b,*}, Ronan Symoneaux^c, Cécile Mursic^d, Margaux Touret^d, Flore Lourtioux^c, Kipédène Coulibaly^{a,b}, Benjamin Mahieu^e

^a Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université Bourgogne, F-21000 Dijon, France

^b INRAE, PROBE research infrastructure, ChemoSens facility, F-21000 Dijon, France

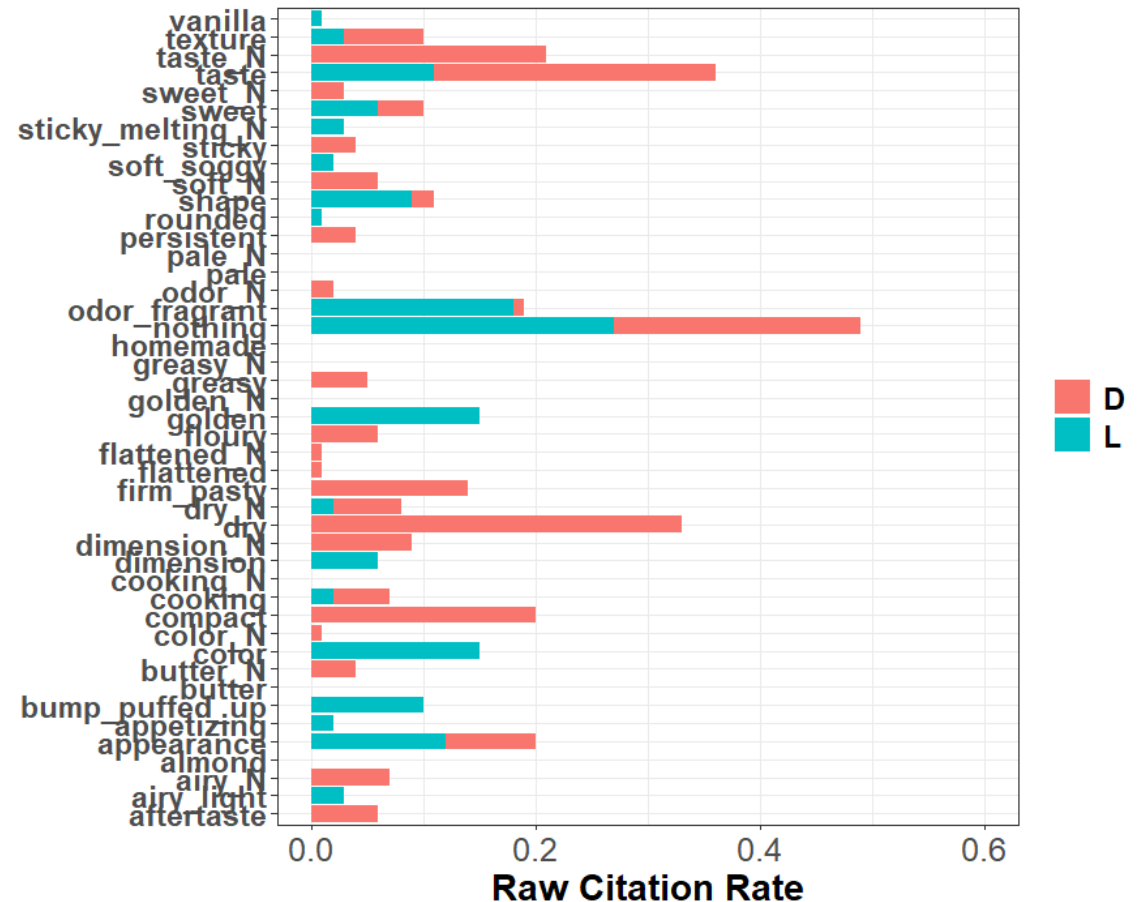
^c GRAPPE, ESA, USC 1422 INRAE, SensoVeg, SFR 4207 QUASAV, 55 rue Rabelais, F-49007, Angers, France

^d TechniSens, 17000 La Rochelle, France

^e Oniris, INRAE, StatSC, 44300 Nantes, France

ANALYSE DES DONNÉES

Analyses basiques mais encore répandues chez les praticiens, moins dans la recherche



ANALYSE DES DONNÉES

Paneliste	Product	C_1	C_2	C_3	...	C_N _D
Pa_1	P_1	1	0	0	...	0
Pa_1	P_2	0	1	0	...	1
Pa_1	P_3	0	1	0	...	0
...	...	...	...	...	...	...
Pa_N _C	P_1	0	1	0	...	0
Pa_N _C	P_2	1	0	0	...	1
...	...	...	...	...	...	...
Pa_N _C	P_N _P	0	0	1	...	1

Somme

	C_1	C_2	C_3	...	C_N _D
P_1	28	4	47	...	4
P_2	15	10	24	...	10
P_3	3	42	28	...	7
...	...	...	...	...	...
P_N _P	0	14	12	...	25

Pour chaque couple de panéliste et produit

- $D = 1 \Leftrightarrow$ concept cité
- $D = 0 \Leftrightarrow$ concept pas cité

Analyses basées sur le Chi2

- Test du Chi2
- Analyse des correspondances
- Chi2 par cellule

ANALYSE DES DONNÉES

	C_1	C_2	C_3	...	C_N _D
P_1	28	4	47	...	4
P_2	15	10	24	...	10
P_3	3	42	28	...	7
...	...	...	...	...	...
P_N _p	0	14	12	...	25

Analyses basées sur le Chi2

- Test du Chi2
- Analyse des correspondances
- Chi2 par cellule

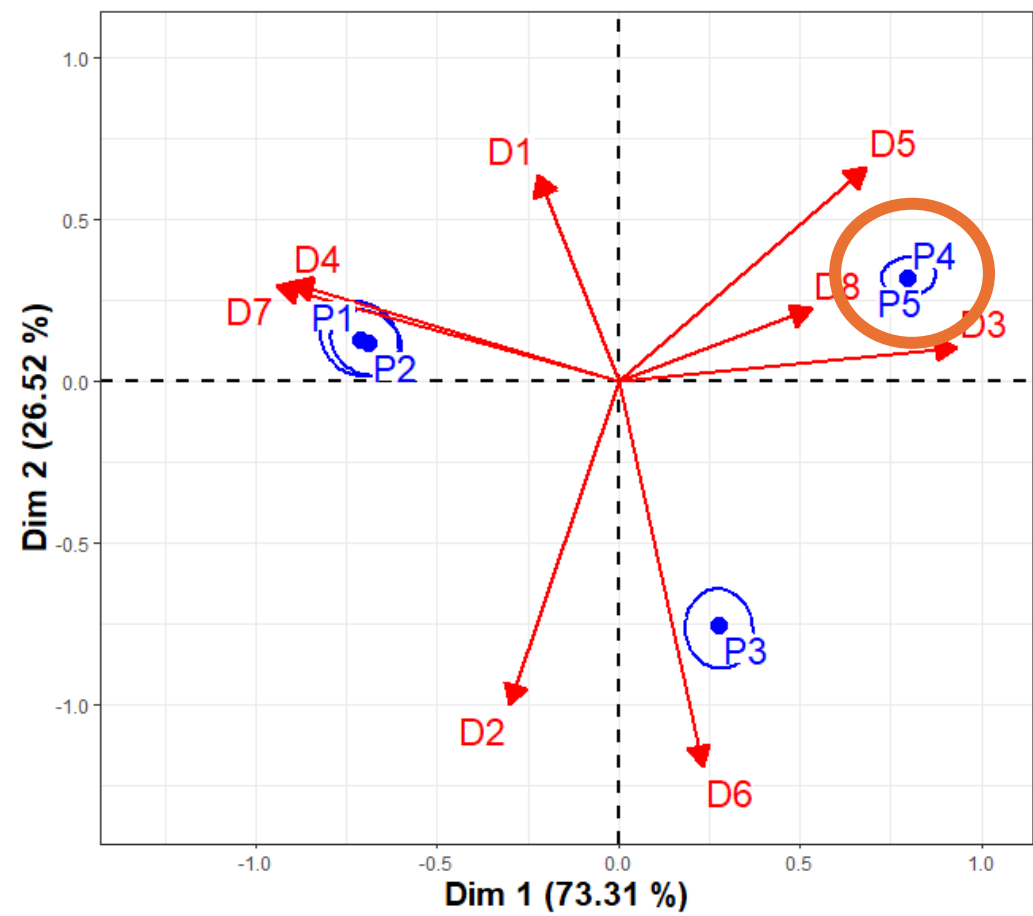


Limites

- X Une citation est considérée comme une unité expérimentale → Fait perdre l'information selon laquelle certaines d'entre elles proviennent du même couple panéliste x produit.
- X L'espérance sous l'hypothèse nulle d'homogénéité entre les produits dépendent du nombre de citations global par produit.
- X La structure panéliste est perdue.

ANALYSE DES DONNÉES

➤ Un **produit artificiel (P5)** a été créé tel que : **$P5 = P4/2$** .



	P1	P2	P3	P4	P5
D1	24.29	28.57	0.00	18.57	9.29
D2	24.29	27.14	44.29	1.43	0.71
D3	11.43	10.00	50.00	81.43	40.71
D4	61.43	62.86	10.00	4.29	2.14
D5	2.86	1.43	4.29	34.29	17.14
D6	11.43	12.86	57.14	15.71	7.86
D7	61.43	65.71	10.00	2.86	1.43
D8	12.86	20.00	28.57	51.43	25.71

- X Impossible de voir la différence entre P4 et P5
- X P5-D8 (25.71%) significatif alors que pas P3-D8 (28.57%) est incohérent et contre-intuitif

ANALYSE DES DONNÉES

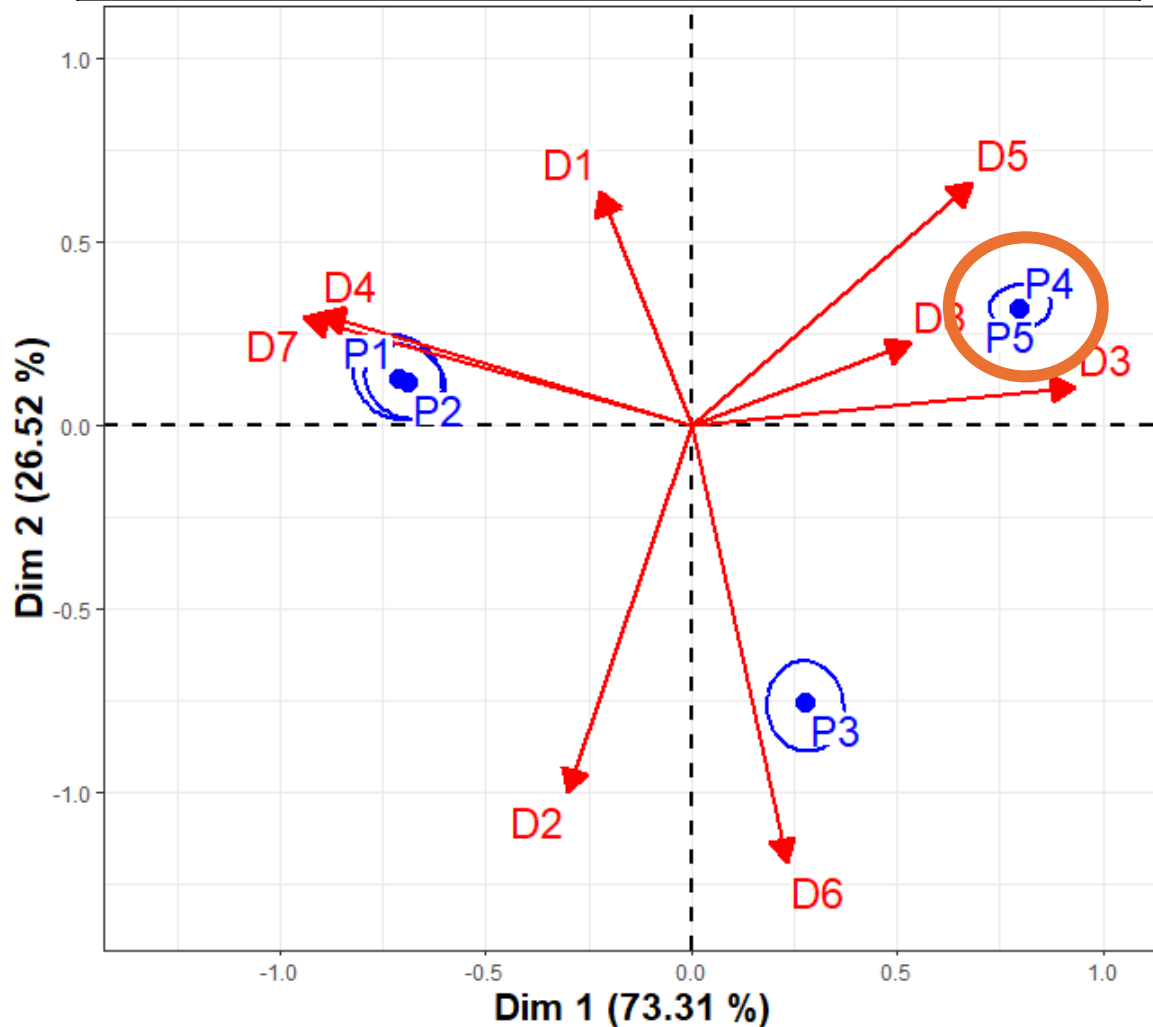
	Usual chi-square framework	Multiple-response chi-square framework																												
The observation considered	<table><tr><td>Subject</td><td>Product</td><td>D_1</td><td>D_2</td><td>D_3</td><td>...</td><td>D_N_D</td></tr><tr><td>S_1</td><td>P_1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>...</td><td>0</td></tr></table> One citation by one subject for one product	Subject	Product	D_1	D_2	D_3	...	D_N _D	S_1	P_1	1	0	0	...	0	<table><tr><td>Subject</td><td>Product</td><td>D_1</td><td>D_2</td><td>D_3</td><td>...</td><td>D_N_D</td></tr><tr><td>S_1</td><td>P_1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>...</td><td>0</td></tr></table> The entire evaluation of one subject for one product	Subject	Product	D_1	D_2	D_3	...	D_N _D	S_1	P_1	1	0	0	...	0
Subject	Product	D_1	D_2	D_3	...	D_N _D																								
S_1	P_1	1	0	0	...	0																								
Subject	Product	D_1	D_2	D_3	...	D_N _D																								
S_1	P_1	1	0	0	...	0																								
Number of expected citations under homogeneity	$N \times \frac{N_{p.}}{N} \times \frac{N_{.d}}{N}$ N = total number of citations $N_{p.}$ = number of citations received by product p $N_{.d}$ = number of citations of descriptor d	$E_p \times \frac{N_{.d}}{E}$ E_p = number of time where product p was evaluated $N_{.d}$ = number of citations of descriptor d $E = \sum_p E_p$ = total number of evaluations																												
Chi-square statistic	$\chi^2 = \sum_{p=1}^P \sum_{d=1}^D \frac{\left(n_{pd} - N \times \frac{N_{p.}}{N} \times \frac{N_{.d}}{N} \right)^2}{N \times \frac{N_{p.}}{N} \times \frac{N_{.d}}{N}}$ n_{pd} = number of times descriptor d was cited for product p N = total number of citations $N_{p.}$ = number of citations received by product p $N_{.d}$ = number of citations of descriptor d	$\chi^2_{mr} = \sum_{p=1}^P \sum_{d=1}^D \frac{\left(n_{pd} - E_p \times \frac{N_{.d}}{E} \right)^2}{E_p \times \frac{N_{.d}}{E}}$ n_{pd} = number of times descriptor d was cited for product p E_p = number of time where product p was evaluated $E = \sum_p E_p$ = total number of evaluations $N_{.d}$ = number of citations of descriptor d Loughin, T. M., & Scherer, P. N. (1998). Testing for Association in Contingency Tables with Multiple Column descriptors. <i>Biometrics</i>, 54(2), 630-637.																												
General term of matrix submitted to SVD for Correspondence Analysis	$\frac{n_{pd}/N - N_{p.}/N \times N_{.d}/N}{\sqrt{N_{p.}/N \times N_{.d}/N}}$	$\frac{n_{pd}/E - E_p/E \times N_{.d}/E}{\sqrt{E_p/E \times N_{.d}/E}}$																												

ANALYSE DES DONNÉES

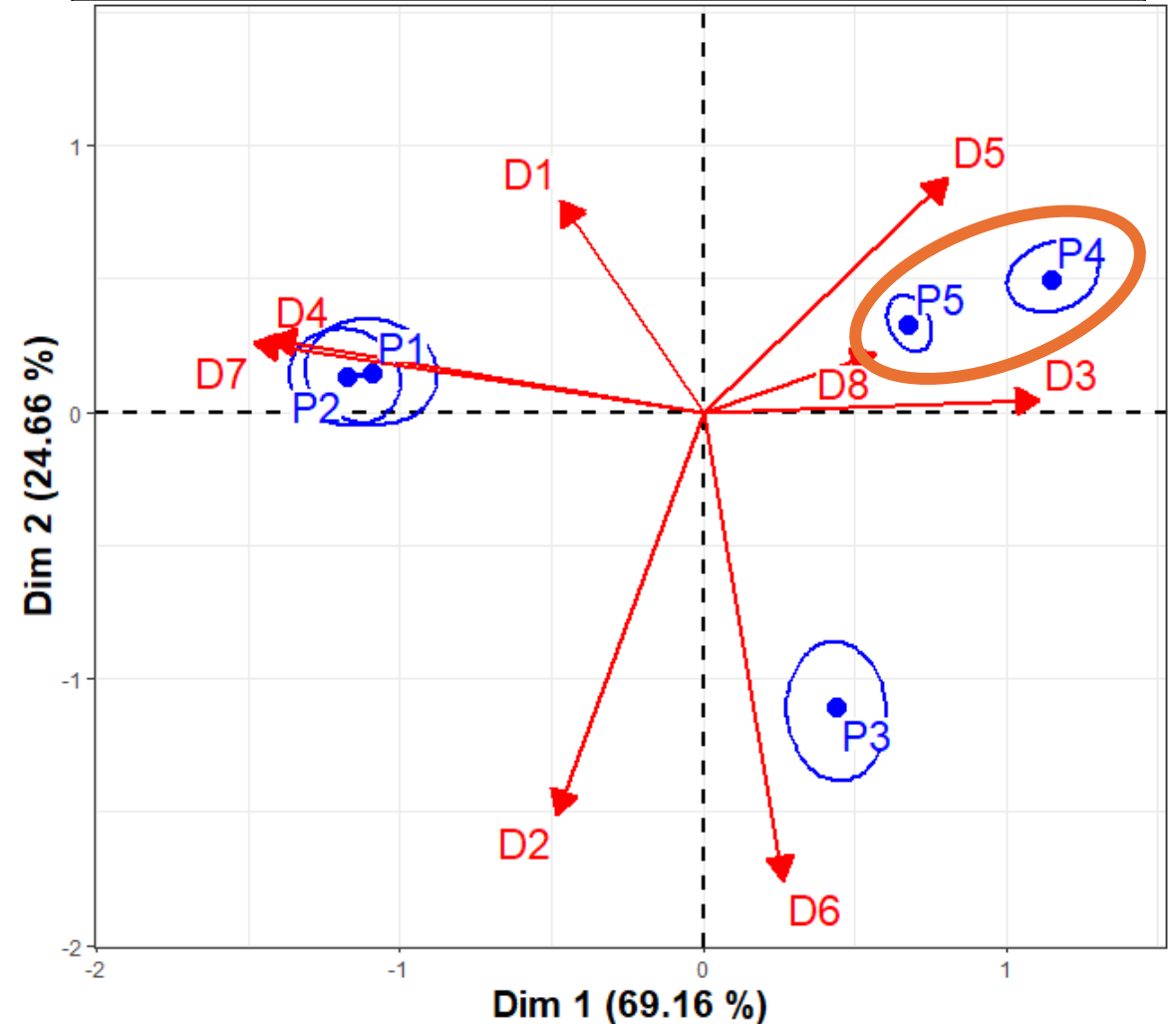
	Usual chi-square framework	Multiple-response chi-square framework																												
The observation considered	<table><tr><td>Subject</td><td>Product</td><td>D_1</td><td>D_2</td><td>D_3</td><td>...</td><td>D_ND</td></tr><tr><td>c 1</td><td>D 1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>...</td><td>0</td></tr></table> Food Quality and Preference 93 (2021) 104256	Subject	Product	D_1	D_2	D_3	...	D_ND	c 1	D 1	1	0	0	...	0	<table><tr><td>Subject</td><td>Product</td><td>D_1</td><td>D_2</td><td>D_3</td><td>...</td><td>D_ND</td></tr><tr><td>c 1</td><td>D 1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>...</td><td>0</td></tr></table> product	Subject	Product	D_1	D_2	D_3	...	D_ND	c 1	D 1	1	0	0	...	0
Subject	Product	D_1	D_2	D_3	...	D_ND																								
c 1	D 1	1	0	0	...	0																								
Subject	Product	D_1	D_2	D_3	...	D_ND																								
c 1	D 1	1	0	0	...	0																								
Number of evaluations considered homogeneous	 Contents lists available at ScienceDirect Food Quality and Preference journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodqual 																													
Chi-square statistic	A multiple-response chi-square framework for the analysis of Free-Comment and Check-All-That-Apply data Benjamin Mahieu^{a,*}, Pascal Schlich^{a,*}, Michel Visalli^a, Hervé Cardot^b ^a Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France ^b Institut de Mathématiques de Bourgogne, CNRS, Univ. Bourgogne Franche-Comté, Dijon, France 																													
General term of matrix submitted to SVD for Correspondence Analysis	$\frac{n_{pd}/N - \frac{N_{p.}}{N} \times \frac{N_{.d}}{N}}{\sqrt{\frac{N_{p.}}{N} \times \frac{N_{.d}}{N}}}$	$\frac{n_{pd}/E - \frac{E_{p.}}{E} \times \frac{N_{.d}}{E}}{\sqrt{\frac{E_{p.}}{E} \times \frac{N_{.d}}{E}}}$																												

ANALYSE DES DONNÉES

Cadre du Chi2 usuel



Cadre du Chi2 à réponses multiples



- ✓ P5 est différencié de P4 dans le cadre du Chi2 à réponses multiples
- ✓ P5 s'éloigne de l'homogénéité dans la même direction que P4 mais avec moins d'intensité $\rightarrow P5 = P4/2$

ANALYSE DES DONNÉES

Cadre du Chi2 usuel

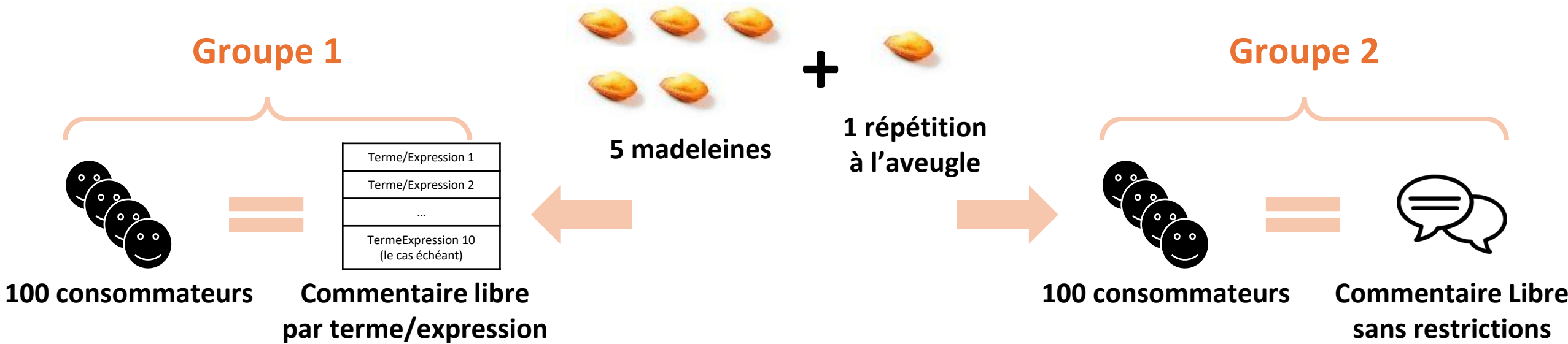
	P1	P2	P3	P4	P5
D1	24.29	28.57	0.00	18.57	9.29
D2	24.29	27.14	44.29	1.43	0.71
D3	11.43	10.00	50.00	81.43	40.71
D4	61.43	62.86	10.00	4.29	2.14
D5	2.86	1.43	4.29	34.29	17.14
D6	11.43	12.86	57.14	15.71	7.86
D7	61.43	65.71	10.00	2.86	1.43
D8	12.86	20.00	28.57	51.43	25.71

Cadre du Chi2 à réponses multiples

	P1	P2	P3	P4	P5
D1	24.29	28.57	0.00	18.57	9.29
D2	24.29	27.14	44.29	1.43	0.71
D3	11.43	10.00	50.00	81.43	40.71
D4	61.43	62.86	10.00	4.29	2.14
D5	2.86	1.43	4.29	34.29	17.14
D6	11.43	12.86	57.14	15.71	7.86
D7	61.43	65.71	10.00	2.86	1.43
D8	12.86	20.00	28.57	51.43	25.71

- ✓ P5 est bien différencié de P4
- ✓ P5-D8 (25.71%) n'est pas significatif → cohérent avec P3-D8 (28.57%) non significatif

IMPACT DU PRÉ-TRAITEMENT



Food Quality and Preference 127 (2025) 105456



Contents lists available at ScienceDirect

Food Quality and Preference

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodqual



Can natural language processing or large language models replace human operators for pre-processing word and sentence-based free comments sensory evaluation data?

Michel Visalli^{a,b,c}, Ronan Symoneaux^c, Cécile Mursic^d, Margaux Touret^d, Flore Lourtoux^e, Kipédène Coulibaly^{a,b}, Benjamin Mahieu^e

^a Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université Bourgogne, F-21000 Dijon, France

^b INRAE, PROBE research infrastructure, ChemoSens facility, F-21000 Dijon, France

^c GRAPPE, ISA, USC 1422 INRAE, SemioVeg, SPR 4207 QUASAV, 55 rue Rabatel, F-49007, Angers, France

^d TechnoSens, 17000 La Rochelle, France

^e Oniris, INRAE, StaSC, 44300 Nantes, France

3 modalités de pré-traitement :

- A la main : 4 opérateurs = 2 x 2 labos (OP)
- Système expert (présenté précédemment, ES)
- LLM (ChatGPT) après prompt engineering

IMPACT DU PRÉ-TRAITEMENT

Table 4
Amount of information retained for statistical analyses and duration of the task, by operator and data collection mode.

Indicator	Data collection mode	Target (OP1 + OP5)	OP1	OP2	OP3	OP4	ES	LLM
Number of distinct attributes ¹	Words	199	–	–	–	–	194 (97 %)	199 (94 %)
	Sentences	277	–	–	–	–	225 (87 %)	203 (79 %)
Number of distinct quantifiers ¹	Words	163	–	–	–	–	148 (96 %)	156 (87 %)
	Sentences	365	–	–	–	–	353 (75 %)	252 (55 %)
Number of distinct context words ¹	Words	107	–	–	–	–	97 (97 %)	103 (88 %)
	Sentences	190	–	–	–	–	159 (81 %)	131 (81 %)
Number of distinct concepts	Words		533	332	238	453	367	357
	Sentences		538	379	220	523	455	407
Number of distinct concepts retained for analysis ²	Words		61	62	65	63	52	54
	Sentences		53	52	65	57	55	56
Sum of citation rates over products for concepts retained for analysis ²	Words		2182	2468	2615	2394	2461	2445
	Sentences		1847	2033	2527	2231	2404	2181
Total duration for the extraction of the concepts ³	Words		5 h	4 h	12 h30	13 h	≈2 min	≈15 min
	Sentences		27 h	11 h				

¹ Percentage of matching words between OP1 and ES or LLM are indicated between brackets. ² Cited by at least 5 % of consumers in a product. ³ OP3 and OP4 pre-processed FC words and FC sentences concurrently. They did a semi-automated extraction using Excel macros.

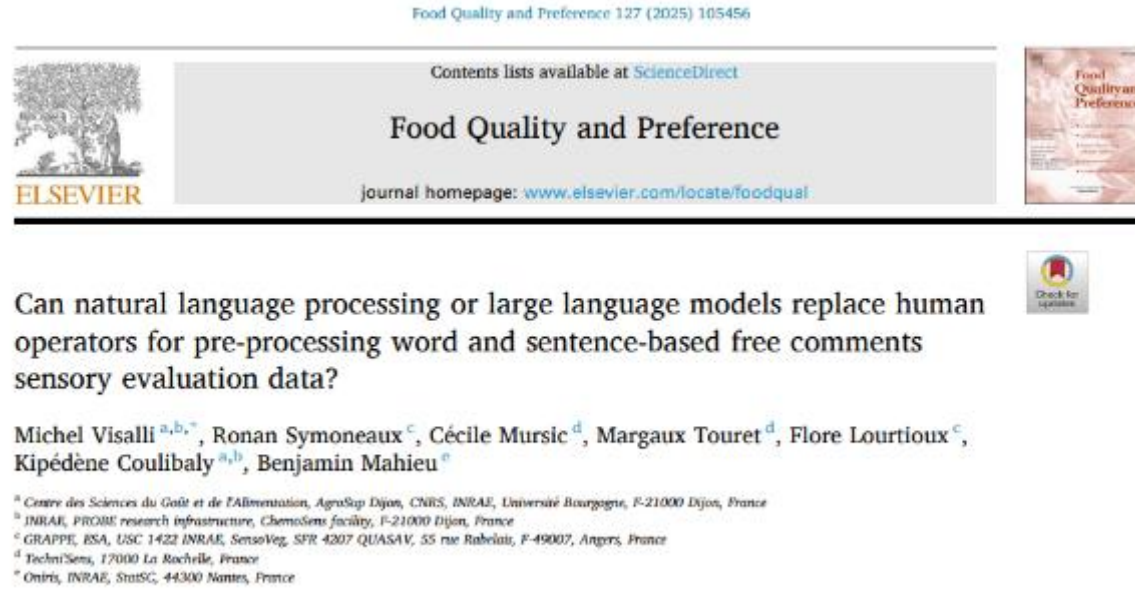
- ✓ ES s’en sort très bien surtout avec la collection par mots → >95% de termes retrouvés
 - ✓ ES > LLM
 - ✓ ES et LLM performe plus difficilement sur la collection par phrases que par mots
-
- ✓ Très grande hétérogénéité entre OP sur le nombre de concept retenus
 - ✓ Plus de concepts distincts en collection par phrases surtout pour les OP
 - ✓ OP plus long que ES et LLM

IMPACT DU PRÉ-TRAITEMENT

	Mode collecte	OP1	OP2	OP3	OP4	SE	LLM
Non répétabilité (taille des différences)	Mots	Oui (0.93)	Non (0.32)	Non (0.20)	Non (0.25)	Non (0.36)	Oui (0.96)
	Phrases	Oui (0.95)	Non (0.28)	Non (0.25)	Oui (0.94)	Oui (0.97)	Oui (1.02)
Nombre de paires discriminées (taille des différences)	Mots	10 (1.70)	10 (1.75)	10 (1.97)	10 (1.61)	10 (1.41)	10 (1.41)
	Phrases	10 (1.47)	10 (1.57)	10 (2.05)	10 (1.66)	10 (1.55)	10 (1.43)
Stabilité de la configuration des produits	Mots	0.96	0.96	0.97	0.96	0.96	0.95
	Phrases	0.94	0.95	0.96	0.95	0.94	0.93
Stabilité de la configuration des concepts	Mots	0.92	0.93	0.93	0.92	0.92	0.90
	Phrases	0.91	0.93	0.93	0.92	0.91	0.90
Stabilité de la configuration des associations produit-concept	Mots	0.51	0.52	0.55	0.54	0.60	0.57
	Phrases	0.54	0.60	0.57	0.52	0.54	0.54

- ✓ Problèmes de répétabilité des conclusions suite au traitement par certains opérateurs (OP1)/méthodes (LLM), FC phrases moins répétable (OP4, SE)
- ✓ Bonne discrimination quels que soient l'opérateur et la méthode, mais plus de différences avec les opérateurs humains
- ✓ Bonne stabilité des configuration des produits et concepts, moins de l'association produit-concept

IMPACT DU PRÉ-TRAITEMENT



- ✓ Avantage FC mots % FC sentences : temps de traitement, répétabilité, accord entre opérateurs/techniques
Mais : FC mots toujours langage naturel ?
- ✓ Avantage opérateurs humains % opérateurs automatisés : répétabilité, nombre de concepts, discrimination
Mais : temps de traitement, hétérogénéité intra/inter laboratoire, non déterministe
- ✓ Avantage SE % LLM avec FC mots
Mais : possibilité de combiner les 2 approches

CAS D'UTILISATIONS EN SCIENCES SENSORIELLES ET DU CONSOMMATEUR

Étude des perceptions, des préférences, des réactions affectives,
et des motivations à la consommation

ETUDE DES PERCEPTIONS SENSORIELLES



Food Quality and Preference 84 (2020) 103937



Contents lists available at ScienceDirect

Food Quality and Preference

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodqual



Free-comment outperformed check-all-that-apply in the sensory characterisation of wines with consumers at home

Benjamin Mahieu^{a,*}, Michel Visalli^a, Arnaud Thomas^b, Pascal Schlich^a

^a Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France

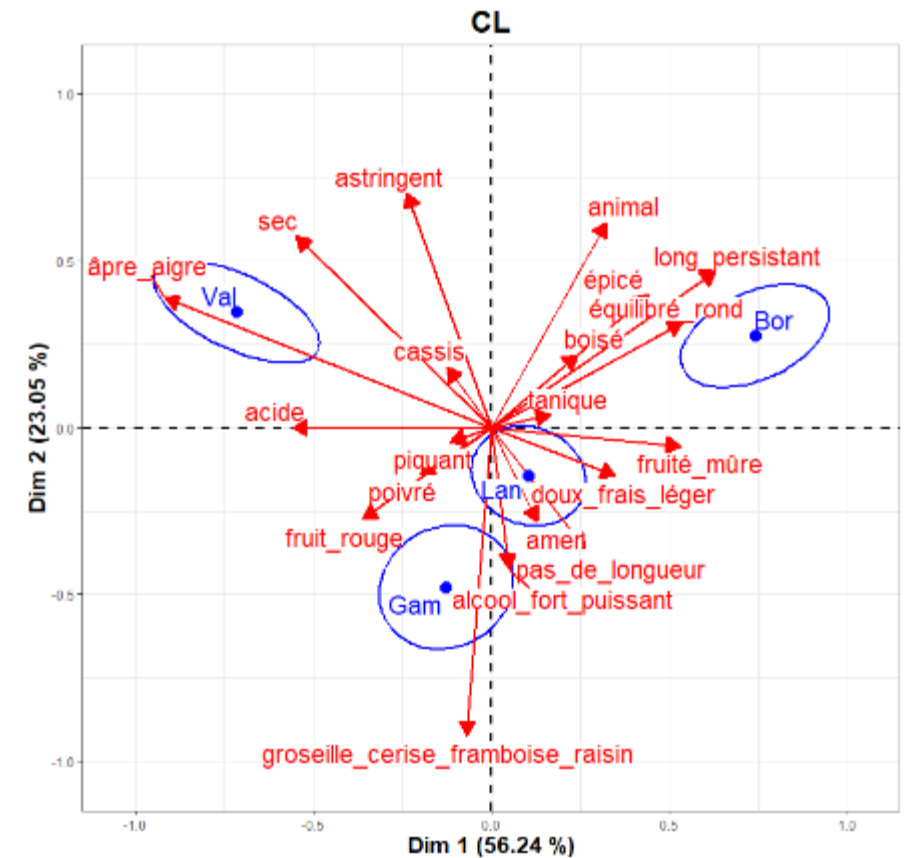
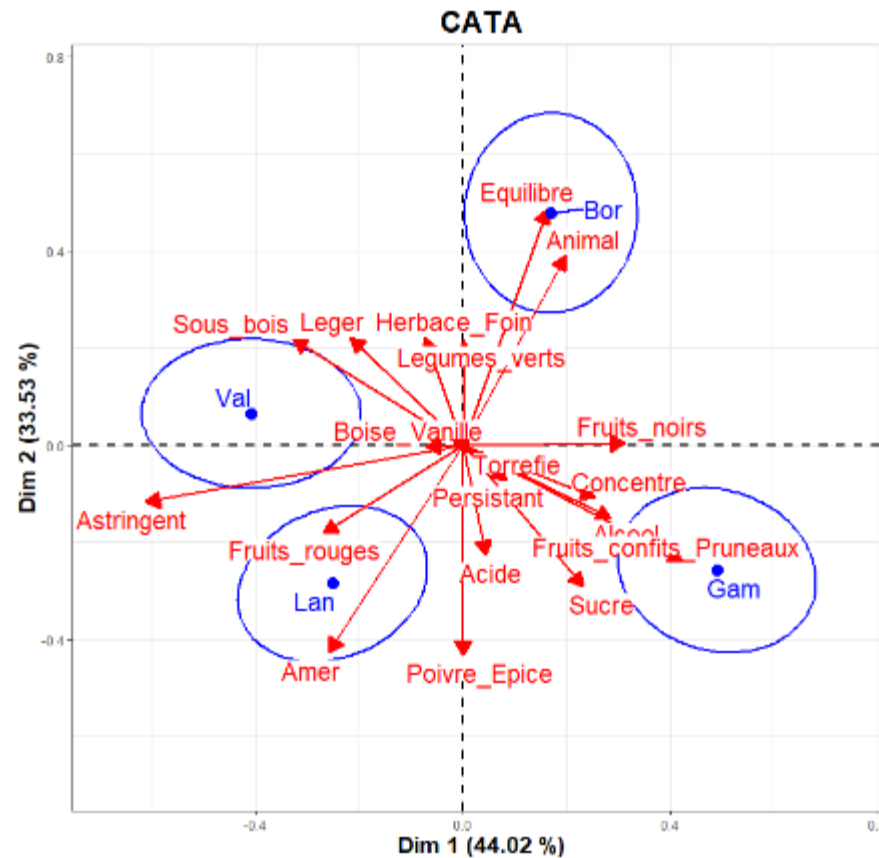
^b SensoStat, Dijon, France

3 modalités d'évaluation :

- Visuelle
- Olfactive
- Gustative

ÉTUDE DES PERCEPTIONS SENSORIELLES

Modalité gustative



- ✓ Dépendance plus intense en CL → Meilleure discrimination en CL
- ✓ Séparation des produits plus marquée en CL → 1 axe oppose un produit aux autres
- ✓ Descripteurs plus produits spécifiques

ETUDE DES PERCEPTIONS SENSORIELLES

Modalité visuelle

- ✓ Dépendance plus intense en CL et séparation des produits plus marquée
- ✓ Information supplémentaire, plus précise et plus consensuelle en CL

Modalité olfactive

CATA

P-value MR-Chi ²	Nombre d'axes significatifs	Intensité de la dépendance
0.2058	0	0.19

CL

P-value MR-Chi ²	Nombre d'axes significatifs	Intensité de la dépendance
<0.001	2	0.29

- ✓ CL discriminant tandis que CATA non

ÉTUDE DES DÉTERMINANTS SENSORIELS DES PRÉFÉRENCES

La méthode Commentaire-Libre-Ideal couplé à la notation hédonique (CLI+Liking)

Données collectées sur les produits « réels »



Commentaire Libre sur les modalités
sensorielles des produits



Appréciation hédonique



Après l'évaluation
de tous les
produits « réels »

Données collectées sur le produit idéal



Commentaire Libre sur les mêmes
modalités sensorielles que les
produits « réels »

Food Quality and Preference 96 (2022) 104389



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Food Quality and Preference

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodqual



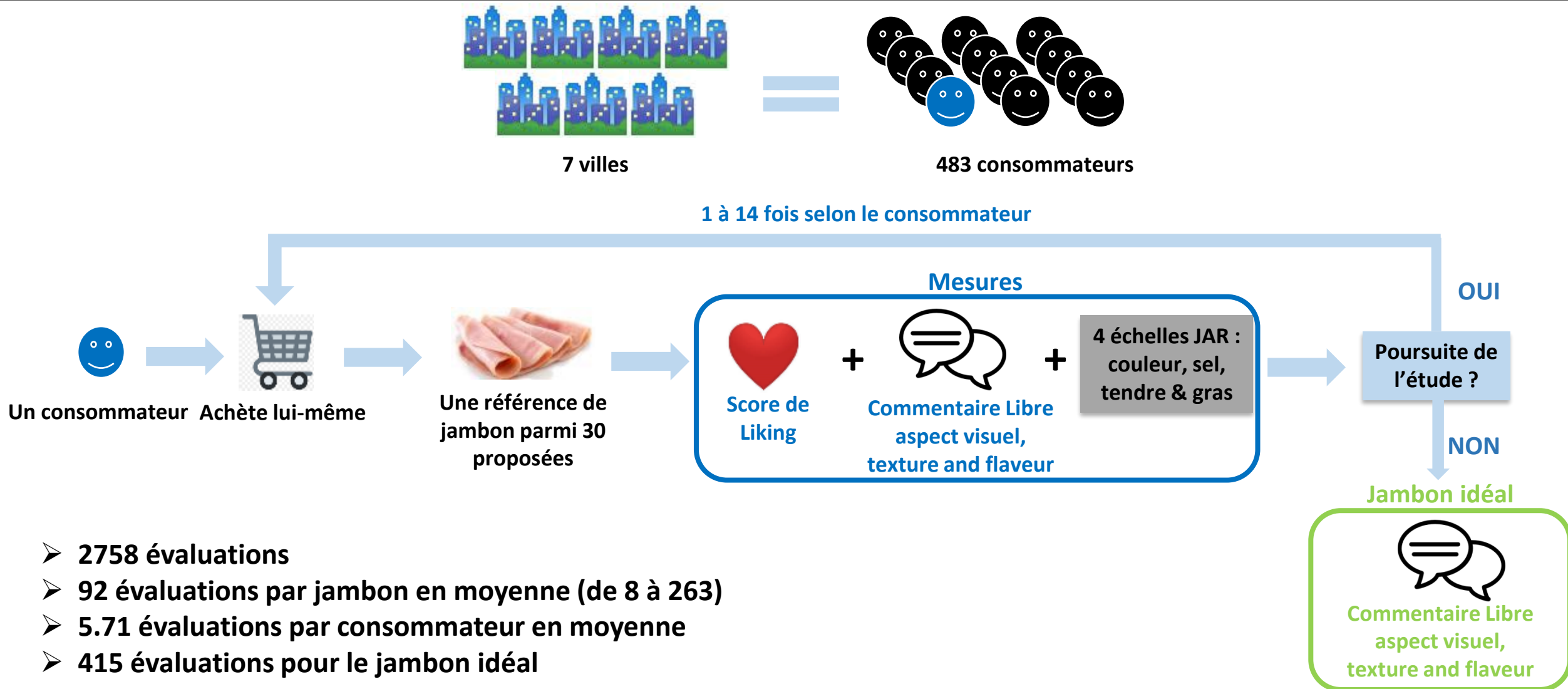
Identifying drivers of liking and characterizing the ideal product thanks to
Free-Comment

Benjamin Mahieu^{a,b,*}, Michel Visalli^{a,b}, Pascal Schlich^{a,b,*}

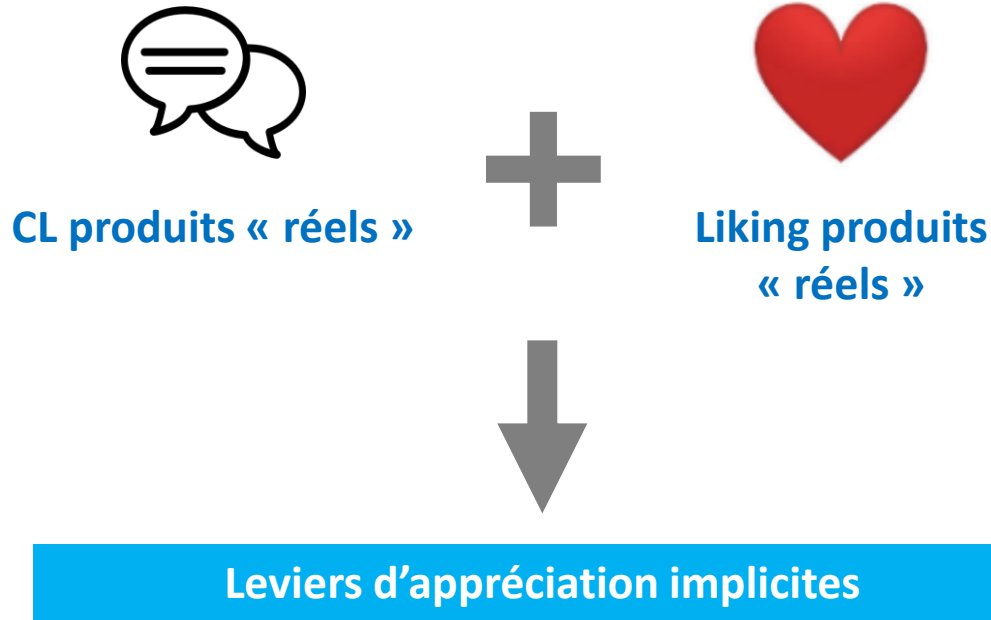
^a Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France

^b INRAE, PROBE Research Infrastructure, ChemoSens Facility, F-21000 Dijon, France

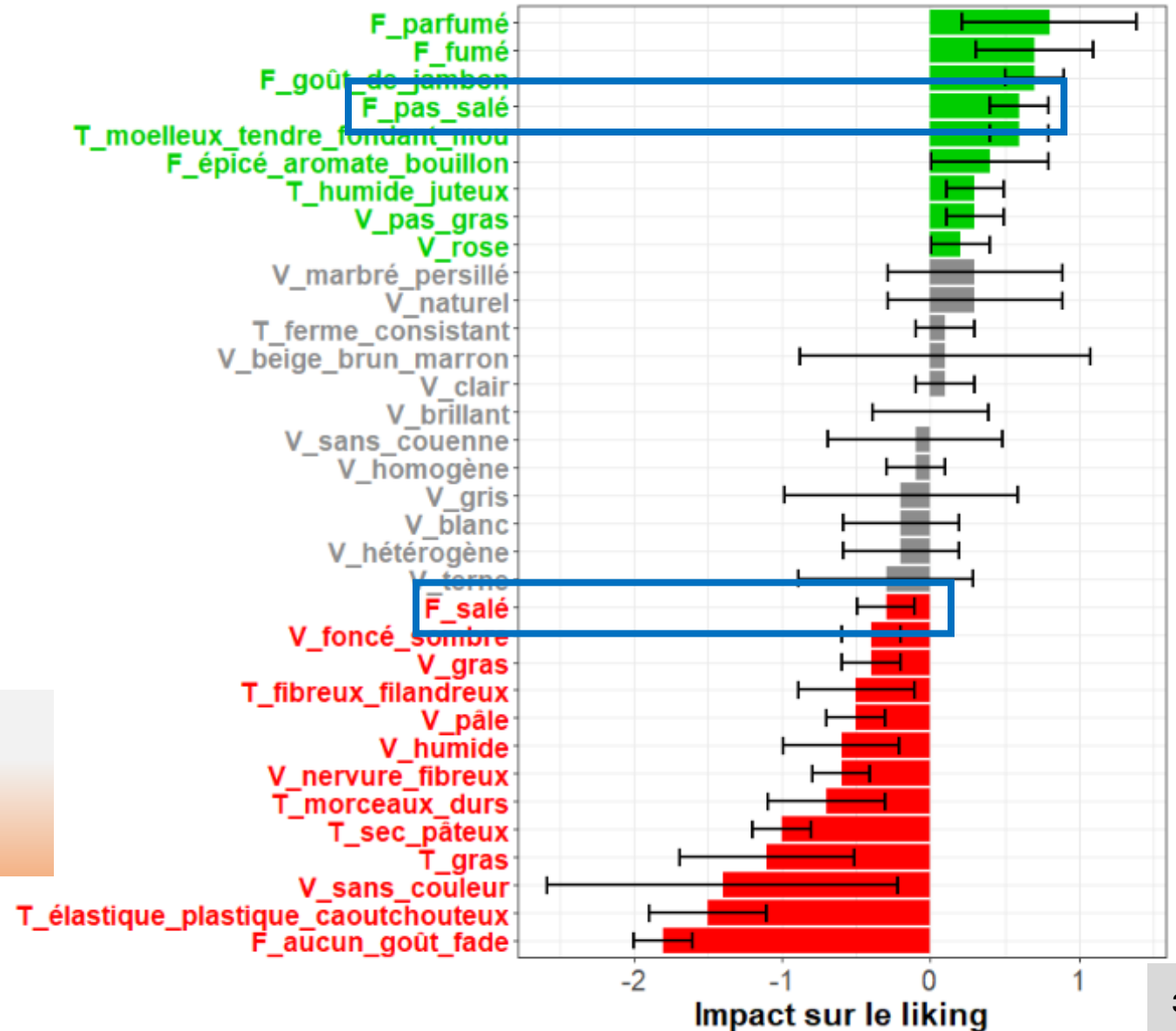
ÉTUDE DES DÉTERMINANTS SENSORIELS DES PRÉFÉRENCES



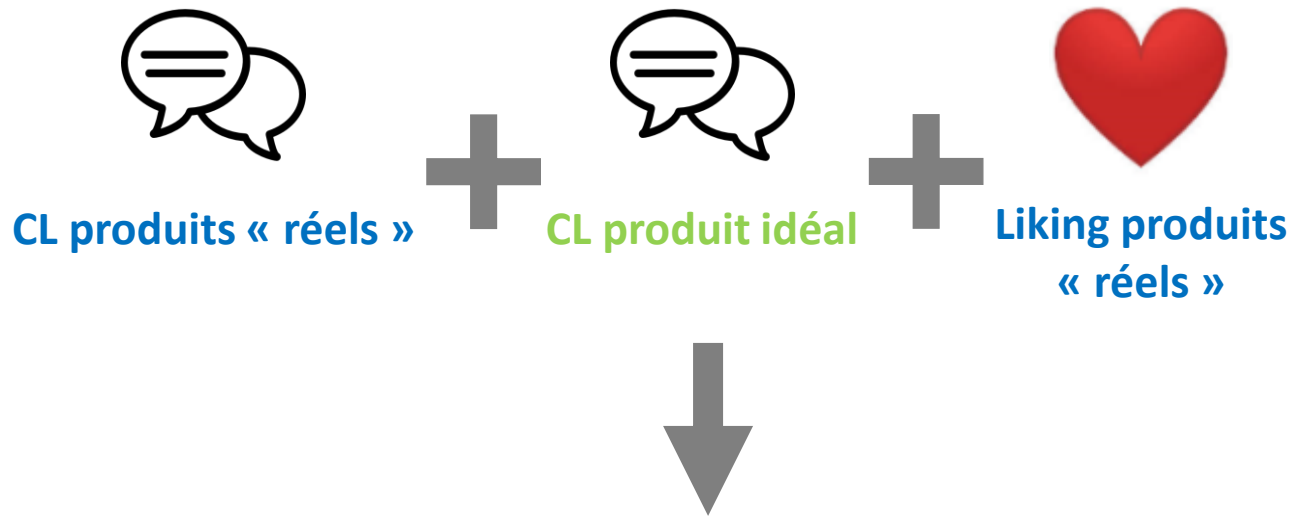
ÉTUDE DES DÉTERMINANTS SENSORIELS DES PRÉFÉRENCES



- ✓ Les leviers positifs et négatifs sont cohérents
- ✓ Impact sur le liking : Flaveur > Texture > Visuel
- ✓ Intérêt nutritionnel sur le sel

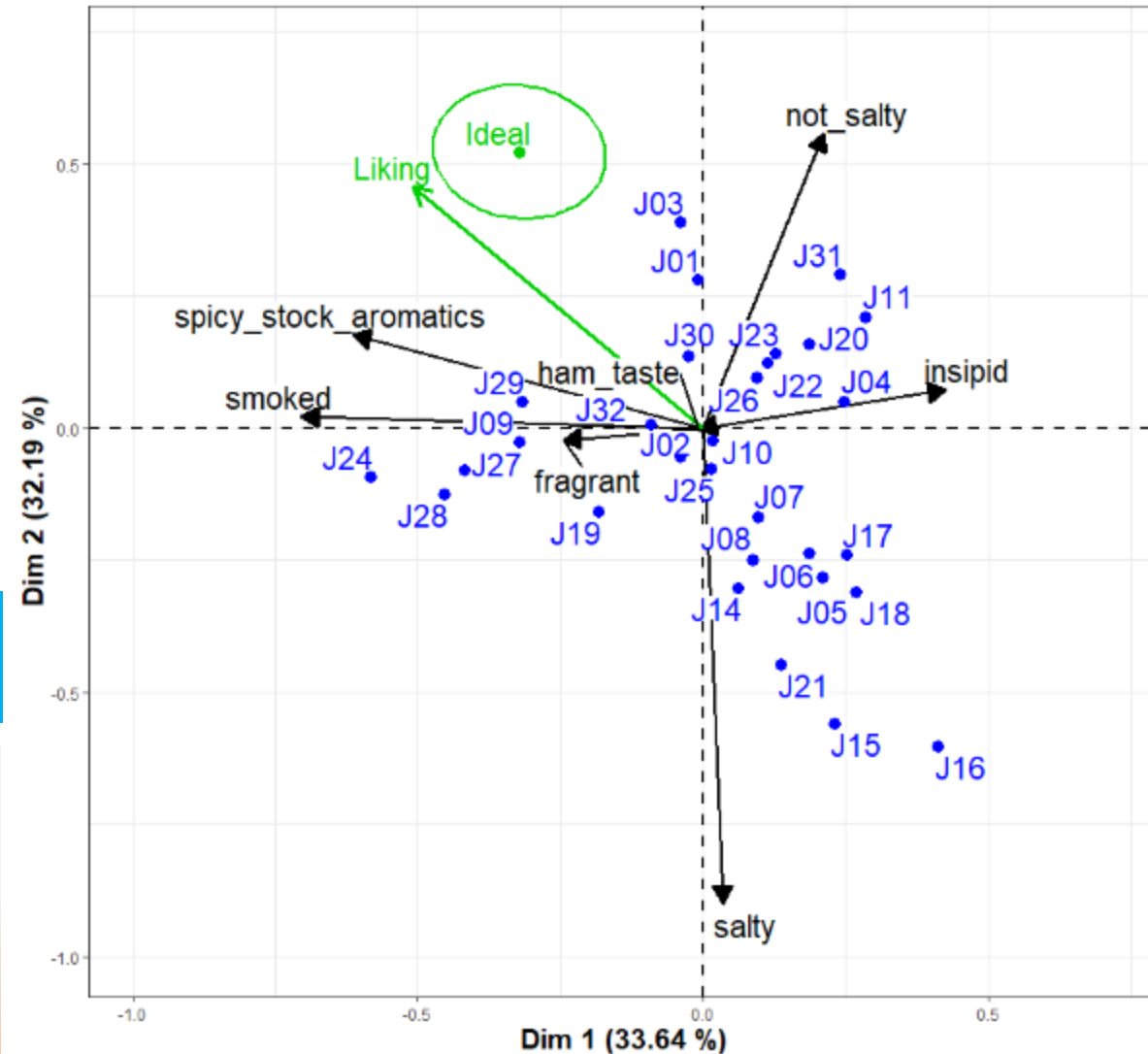


ÉTUDE DES DÉTERMINANTS SENSORIELS DES PRÉFÉRENCES



Position du produit idéal relativement aux produits « réels » et à leurs appréciations

- ✓ Le produit idéal se trouve dans une région de l'espace sensoriel qu'aucun des produits réels n'atteint → opportunité d'amélioration du marché
- ✓ Le produit idéal est le produit le plus apprécié → FC produit idéal cohérent avec liking produits « réels »
- ✓ Le produit idéal est sain au regard du sel



ANALYSE DE SENTIMENTS

- **Inférence des préférences** à partir de la valence des mots employés par les consommateurs pour décrire leurs expériences
 - Dictionnaire personnalisé
 - Algorithme ML pré-entraîné
- **Corrélations moyennes (0.4 à 0.6) entre préférences déclarées et préférences évaluées** avec l'analyse de sentiment → intérêt pour analyse de commentaires sur les réseaux sociaux

Dataset D2	Liking	Sentiment
P1	0.65±0.24 (b)	0.70±0.18 (b)
P2	0.64±0.25 (b)	0.69±0.21 (b)
P4	0.46±0.29 (a)	0.59±0.20 (a)
P3	0.39±0.33 (a)	0.52±0.22 (a)
F Product (p)	21.770 (<0.001)	15.712 (<0.001)
Correlation (p)		0.549 (<0.001)

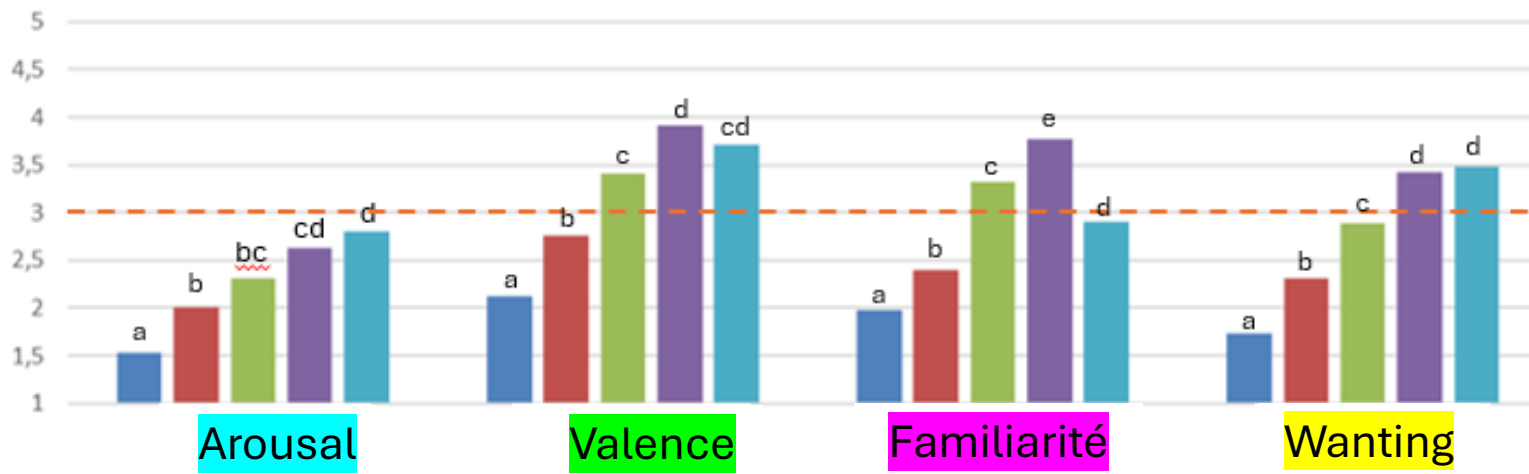
Dataset D3	Liking	Sentiment
MAD	0.68±0.20 (b)	0.49±0.12 (ab)
EQU	0.67±0.19 (b)	0.53±0.13 (b)
SAO	0.66±0.21 (b)	0.48±0.12 (ab)
BRA	0.60±0.24 (ab)	0.47±0.13 (a)
INV	0.51±0.31 (a)	0.51±0.15 (ab)
F Product (p)	6.303 (<0.001)	2.600 (0.037)
Correlation (p)		0.447 (<0.001)



ÉTUDE DES RÉACTIONS AFFECTIVES

- Comparaison de mesures quantitatives (échelles discrètes) avec des mesures ouvertes
- Amorces de phrase : **“je me sens...”, “j’ai envie...”, “ça me rappelle...”, “j’ai l’impression d’être... avec...”**
- Stimuli visuels et olfactifs
- Exemple avec des soupes (différentes de textures et de présentation)





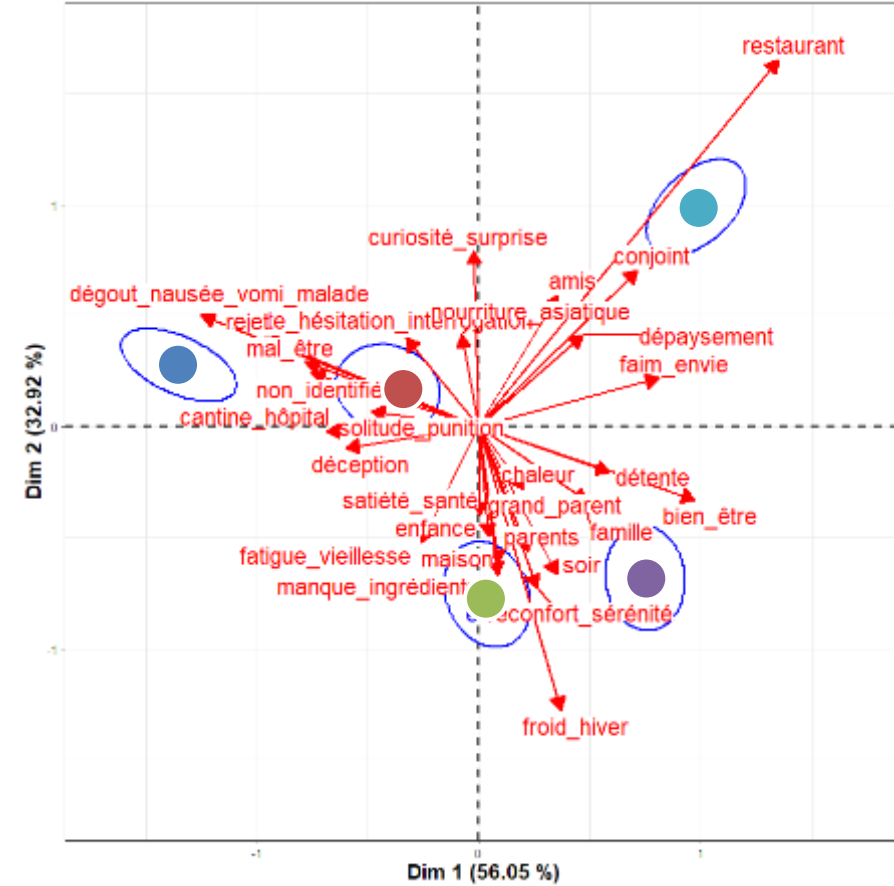
Cantine, hôpital,
déception,
dégoût, nausée,
vomi, maladie,
mal-être, non
identifié, rejet,
solitude,
punition

Mal-être,
nourriture
asiatique

Fatigue,
vieillesse, froid,
hiver, réconfort,
sérénité

Bien-être, faim,
envie, famille,
parents, grand-
parents, froid,
hiver, maison,
réconfort,
sérénité, soir,
enfance

Amis, bien-être,
conjoint,
curiosité,
surprise, faim,
envie, restaurant



	7	19	31	38	46
bien-être	7	19	31	38	46
curiosité_surprise	8	10	3	13	2
déception	10	4	7	1	1
détente	1	2	9	10	10
doute_hésitation_interrogation	10	7	7	8	0
faim_envie	15	31	28	51	45
mal-être	20	17	8	5	3
non_identifié	14	6	5	3	0
réconfort_sérénité	3	3	12	3	11
rejet	36	19	9	9	8

- Echelles : **forte corrélations entre les mesures**, produits 4 et 5 séparés seulement sur la familiarité
- CL : précisions sur le sens donné aux dimensions**, dimensions supplémentaires avec commentaires libres (associations avec des **contextes sociaux, spatiaux, temporels, états physiologiques**), meilleure discrimination

ETUDE DES MOTIVATIONS À LA CONSOMMATION

- Single-item FCQ (Onwezen et al., 2019) : **“Il est important pour moi que les aliments que je consomme au quotidien...”** (pas du tout d'accord à tout à fait d'accord)
 - soient sains
 - m'aident à réguler mon humeur (gérer mon stress, remonter le moral)
 - soient pratiques (facile à acheter, à conserver et à préparer)
 - me procurent des sensations agréables (texture, apparence, odeur, goût)
 - soient naturels
 - soient abordables financièrement
 - m'aident à contrôler mon poids
 - soient respectueux de l'environnement
 - soient respectueux du bien-être animal
 - soient respectueux des producteurs (conditions de travail, rémunération)
 - me soient familiers
- Open-ended FCQ : **“Il est important que mon alimentation...”** (6 cases pour répondre)
 - + “En général, je choisis des aliments/plats/produits...”, “Si j’hésite entre plusieurs aliments/plats/produits, je privilégie des aliments/plats/produits...”, “Il m’arrive de faire des exceptions quand...”, “En dehors de l’aliment lui-même, mes choix alimentaires peuvent-être influencés par...”, “A l’avenir, dans ma façon de consommer des aliments/plats/produits, j’ai l’intention de...”

Catégorie	% FCQ	% OE-FCQ
Plaisir	96	86
Santé	91	92
Naturalité	89	44
Economie	87	28
Social	83	12
Environnement	81	30
Animal	77	6
Praticité	69	11
Poids	57	6
Familiarité	52	1
Humeur	46	16
Variété	-	21
Origine/Commerce local	-	18
Confiance	-	11

Plaisir (71), Goût (27)

Besoins spécifiques (8), Bien-être (12), **Confort digestif** (15), Equilibre (38), **Nutriments/Apports négatifs** (17), **Nutriments/Apports positifs** (33), **Amélioration de la santé** (27), **Evitement du négatif** (30), Qualité intrinsèque aliment (33), Satiété (16)

Bio (7), Fait maison (5), Industriel (7), Ingrédients (5), **Saisonnalité** (9), **Transformation** (16)

Budget (15), **Qualité-prix** (13)

- **FCQ : Surestimation de l'importance des facteurs** mis en avant socialement (biais d'acquiescement et de désirabilité sociale ?)
- **OEFCQ : Mise en avant des facteurs saillants** mais **sous-estimation des facteurs implicites** (praticité, familiarité) ? Prix cité comme facteur d'arbitrage plutôt que comme motivation
- Identification de **dimensions supplémentaires**
- **Précisions sur le sens donné aux dimensions par les consommateurs** : plusieurs visions de la santé et de la naturalité

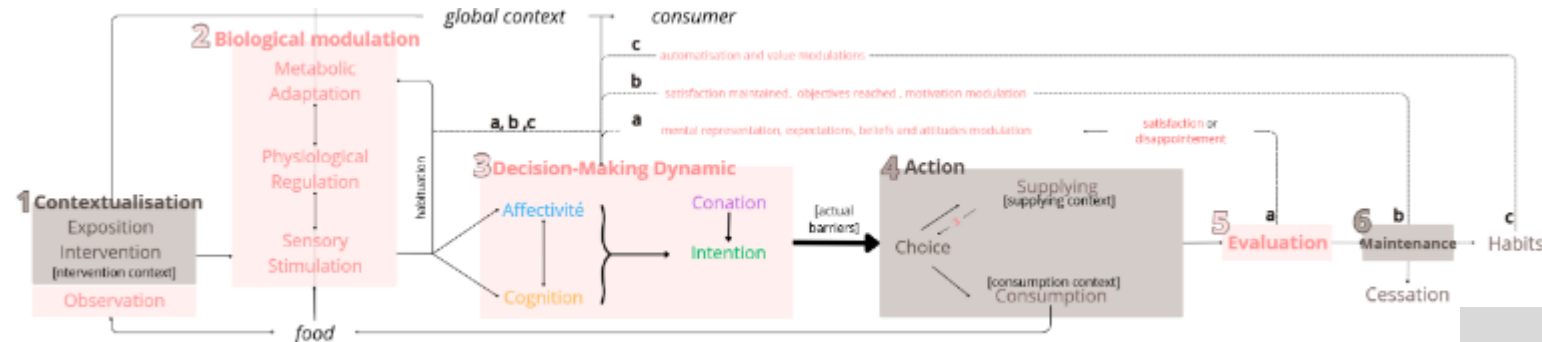
PERSPECTIVES

Projets en cours en lien avec l'analyse de données textuelles

CONSOMON

Une ontologie pour **modéliser les comportements alimentaires**

- **Structurer les connaissances et modéliser les processus biologiques, cognitifs et comportementaux impliqués dans les choix alimentaires des consommateurs**, depuis l'exposition aux stimuli alimentaires jusqu'à la décision finale de consommation
- **Relier les savoirs experts** (vocabulaire, concepts) **aux données consommateurs** (données textuelles)
- Produire des **pipelines NLP robustes combinant LLMs + Retrieval-Augmented-Generation**



CONSO TEXTPLOER

Un chatbot pour **explorer les représentations, attitudes, perceptions et intentions des consommateurs vis-à-vis des aliments**

- **Développer un outil interactif** : échanges vocaux, relances, demandes de précisions → auto-apprentissage
- Coupler les mesures déclaratives avec **mesures implicites** (délai de réponse, prosodie)
- Adopter une **perspective multicritères** pour mieux comprendre l'expérience des consommateurs
 - **Différentes dimensions** de ConsomON (cognitives, affectives, perceptives, conatives)
 - **Différentes échelles** (alimentation, catégories d'aliments, aliments spécifique)



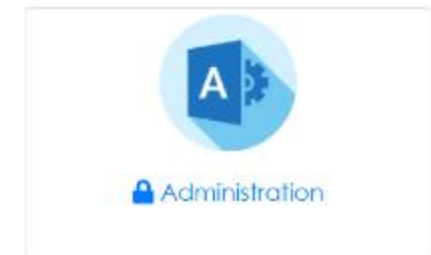
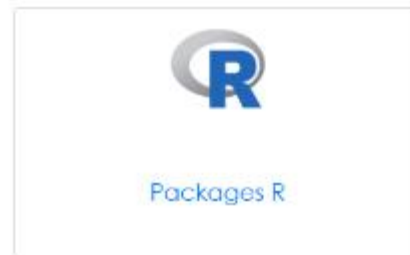
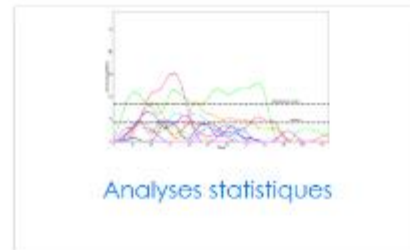
FOODXPTOOLS

- Développer un outil permettant de **collecter des données d'approvisionnements et de consommations en vie réelle**
 - Outils spécifiques pour simplifier les mesures (**recueils vocaux, extraction et analyse des données textuelles depuis des photos** de tickets de caisse)
 - **Appariement des désignations commerciales/EAN à des référentiels** (FoodEx, CIQUAL, OFF)
- Questionner les consommateurs en contexte
 - **Couplage de mesures déclaratives** (langage naturel) **et observationnelles** (validation des mesures de motivation)
 - Standardisation des mesures (référentiel de variables lié à ConsomON)



RESSOURCES ET BIBLIOGRAPHIE

Chemosens Tools



GitHub



MahieuB/MultiResponseR
Analysis of Data from Multiple-Response Questionnaires
[Package index](#)

Search the MahieuB/MultiResponseR package

MultiResponseR-package: MultiResponseR: Analysis of Data from Multiple-Response...

In MahieuB/MultiResponseR: Analysis of Data from Multiple-Response Questionnaires

Articles

Visalli, M., Mahieu, B., Thomas, A., Schlich, P. Automated sentiment analysis of Free-Comment: an indirect liking measurement? Food Quality and Preferences, 2020, 82, pp.103888. <10.1016/j.foodqual.2020.103888, hal-02866671v1>

Mahieu, B., Visalli, M., Schlich, P. Accounting for the dimensionality of the data in analyses of contingency tables obtained with Check-All-That-Apply and Free-Comment? Food Quality and Preferences, 2020, 83, pp.103924. <10.1016/j.foodqual.2020.103924, hal-02881240v1>

Mahieu, B., Visalli, M., Schlich, P. Free-Comment outperformed Check-All-That-Apply for word based sensory description of wines with panelistes at home. Food Quality and Preferences, 2020, 84, pp.103937. <10.1016/j.foodqual.2020.103937, hal-02865979v1>

Mahieu, B., Visalli, M., Thomas, A., Schlich, P. Using Free-Comment with panelistes to obtain temporal sensory descriptions of products. Food Quality and Preferences, 2020, 86, pp.104008. <10.1016/j.foodqual.2020.104008, hal-02964800v1>

Mahieu, B., Visalli, M., Thomas, A., Schlich, P. An investigation of the stability of Free-Comment and Check-All-That-Apply in two paneliste studies on red wines and milk chocolates. Food Quality and Preferences, 2021, 2021, 90, pp.104159. <10.1016/j.foodqual.2020.104159, hal-03191403v1>

Mahieu, B., Schlich, P., Visalli, M., & Cardot, H. A multiple-response chi-square framework for the analysis of Free-Comment and Check-All-That-Apply data. Food Quality and Preference, 2021, 93, pp.104256. <10.1016/j.foodqual.2021.104256, hal-03355886v1>

Mahieu, B., Visalli, M., & Schlich, P. Identifying drivers of liking and characterizing the ideal product thanks to Free-Comment. Food Quality and Preference, 2022, 96, pp.104389. <10.1016/j.foodqual.2021.104389, hal-03426763v1>

Bondu, C., Salles, C., Weber, M., Guichard, E., Visalli, M. Construction of a generic wheel and a lexicon of food textures. Foods, 2022, 11 (19), pp.3097. <10.3390/foods11193097, hal-03807852v1>

Visalli, M., Dubois, M., Schlich, P., Ric, F., Cardebat, J.M., Georgantzis, N. Relevance of free-comment to describe wine temporal sensory perception: An application with panels varying in culture and expertise. Food Quality and Preferences, 2023, 105, pp.104785. <10.1016/j.foodqual.2022.104785, hal-03985522v1>

Visalli, M., Mahieu, B., Dubois, M., Schlich, P. Hedonic valence of descriptive sensory terms as an indirect measure of liking: a preliminary study with red wines. Food Quality and Preferences, 2023, 108, pp.104861. <10.1016/j.foodqual.2023.104861, hal-04086629v1>

Weber, M., Buche, P., Ibanescu, L., Dervaux, S., Guillemain, H., Cufi, J., Visalli, M., Guichard, E., Pénicaud, P. PO2/TransformON, an ontology for data integration on food, feed, bioproducts and biowaste engineering. npj Science of Food, 2023, 7 (1), pp.47. <10.1038/s41538-023-00221-2, hal-04722498>

Visalli, M., Symoneaux, R., Mursic, C., Touret, M., Lourtoux, F., Coulibaly, K., Mahieu, B. Can natural language processing or large language models replace human operators for pre-processing word and sentence-based free comments sensory evaluation data? Food Quality and Preference, 2025, 127, 105456. <10.1016/j.foodqual.2025.105456, hal-04927904v1>

Weber, M., Duclos, F., Guillemain, H., Dervaux, S., Cufi, J., Visalli, M. ConsomON, an ontology for structuring knowledge and modeling paneliste food behavior. Integrated Food Ontology Workshop (IFOW), JOWO 2025; FOIS 2025, Sep 2025, Catane, Italy. <hal-05146634>

Data papers

Visalli, M., Cordelle, S., Mahieu B., Pedron C., Praudel, M. Coutière M., Schlich P. (2022). A dataset of sensory perception of chocolates, guacamoles, iced teas and crisps collected with panelistes using six temporal methods. Data in brief, 45, pp.108708. <10.1016/j.dib.2022.108708, hal-03863058v1>

Visalli, M., Dubois, M., Schlich, P., Ric, F., Cardebat, J.M., Georgantzis, N. (2023). A dataset on the sensory and affective perception of Bordeaux and Rioja red wines collected from French and Spanish panelistes at home and international wine students in the lab. Data in brief, 46, pp.108873. <10.1016/j.dib.2022.108873, hal-03985366v1>

Visalli, M., Symoneaux, R., Mursic, C., Touret, M., Lourtoux, F., Coulibaly, K., Mahieu, B. A dataset of annotated free comments on the sensory perception of madeleines for benchmarking text mining techniques. Data in Brief, 58, pp.111250. <10.1016/j.dib.2024.111250, hal-04868448v1>

Livre & chapitres de livre

Visalli, M., Galmarini, M.V. Collection and analysis of text data in sensory and paneliste science. Springer Nature (in press).

Visalli, M. Transforming raw text into structured data: an overview of content analysis and Natural Language Processing techniques for sensory and paneliste science.

Visalli, M. Extracting affective meaning from text data using sentiment analysis: applications in sensory and paneliste science.

Mahieu, B., Symoneaux, R. Collection and analysis of free comments for sensory and hedonic description.

Visalli, M., Mahieu, B., Characterizing and comparing sensory and hedonic characteristics of products through free-comment responses to open-ended questions. Food and Paneliste Behavior: A Comprehensive Reference (in press).

Mahieu, B., Visalli, M. Free-Comment method for sensory description. Protocols on Classic and Novel Sensory Analysis Methods (in press).