

2m11.2635.11

Université de Montréal

Analyses exploratoires multidimensionnelles des relations
entre les surfaces dentaires
d'un échantillon d'adultes québécois entre 35 et 44 ans

par

Julie Lamoureux

Département de médecine sociale et préventive

Faculté de médecine

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Maître ès sciences (M.Sc.)
en sciences biomédicales

Avril 1998

© Julie Lamoureux



25.05.11

W
4
U58
1998
V.092

Université de Montréal

Analyses géométriques différentielles

Centre des recherches mathématiques

Écrits de recherche en mathématiques

par

John L. Anderson

,

Épître de médailles d'or et d'argent

Faculté de médecine

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures

en vue de l'obtention du grade de

Maîtrise en sciences (M.Sc.)

en sciences mathématiques

1998

*



1998

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

Analyses exploratoires multidimensionnelles des relations
entre les surfaces dentaires

d'un échantillon d'adultes québécois entre 35 et 44 ans

présenté par :

Julie Lamoureux

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

*Richard Tache
Clement Jossa
Jean Lambert
Jean-Marc Brodeur*

Mémoire accepté le : *28-09-18*

Sommaire

Le travail que nous présentons a pour objectif d'identifier des dimensions sous-jacentes à la santé dentaire. La mesure la plus courante pour décrire la santé dentaire est l'indice CAO. Cet indice qu'on obtient en additionnant le nombre de dents (CAOD) ou de surfaces (CAOF) cariées, absentes ou obturées présente en 1998 des limites importantes quant à sa capacité à décrire la santé dentaire. Les habitudes d'hygiène, l'attitude changeante des individus face à la santé dentaire et les approches thérapeutiques différentes sont autant de facteurs qui ont contribué en trente ans à rendre le CAO peu sensible aux variables influençant la santé dentaire.

Nous avons, à l'aide d'analyses multidimensionnelles diverses, exploré des variables décrivant l'état de santé de chacune des surfaces dentaires afin d'en dégager des dimensions communes. Les données proviennent d'un sondage fait entre 1994 et 1995 auprès d'un échantillon de 2110 Québécois adultes âgés entre 35 et 44 ans.

Ce travail explique comment l'application d'analyses multidimensionnelles (en particulier l'analyse d'homogénéité ou l'analyse des correspondances multiples) permet d'identifier des dimensions porteuses de sens qui pourraient être à la base de nouveaux indicateurs composites, plus sensibles aux variables influençant la

santé dentaire. Les résultats obtenus dans cette étude par l'analyse d'homogénéité suggèrent que le domaine dentaire peut espérer obtenir des indicateurs de santé dentaire plus appropriés aux différentes facettes de la profession. Cette possibilité mérite d'être explorée à l'aide de données provenant d'une population plus variée. Dans l'éventualité où on calculerait de nouveaux indicateurs, il serait indiqué de les mettre en relation avec des variables influençant la santé dentaire afin de déterminer la sensibilité des indices par rapport aux indices CAO actuels.

Mots clés : santé dentaire, indicateur, CAO, analyse multidimensionnelle

Table des matières

	Page
SOMMAIRE.....	i
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	x
REMERCIEMENTS.....	xii
INTRODUCTION.....	1
1. Cadre conceptuel proposé.....	3
CHAPITRE PREMIER - RECENSION DES ÉCRITS.....	6
CHAPITRE DEUX - APPROCHE GÉNÉRALE.....	20
1. Banque de données.....	20
2. Validation croisée.....	20
3. Description des variables.....	21
4. Échantillonnage.....	22
5. Analyses multidimensionnelles.....	23
5.1 Généralités.....	23
5.2 Analyse d'homogénéité.....	25
5.3 Analyses en composante principale et factorielle exploratoire.....	28
5.4 Analyse scalaire multidimensionnelle.....	31
CHAPITRE TROIS - EXPLORATION PAR ANALYSE D'HOMOGENÉTÉ.....	34
1. Analyse d'homogénéité sur toutes les surfaces.....	34
1.1 Méthodologie.....	34
1.2 Résultats du premier sous-échantillon.....	35
1.3 Discussion des résultats du premier sous-échantillon.....	38
2. Analyse d'homogénéité sur les surfaces des dents supérieures.....	39
2.1 Méthodologie.....	39
2.2 Résultats du premier sous-échantillon et discussion.....	39

	Page
3. Analyse d'homogénéité sur les surfaces des dents inférieures.....	41
3.1 Méthodologie.....	41
3.2 Résultats du premier sous-échantillon et discussion.....	41
4. Validation croisée.....	42
4.1 Analyse d'homogénéité sur toutes les surfaces.....	42
4.2 Analyse d'homogénéité sur les surfaces des dents supérieures...	43
4.3 Analyse d'homogénéité sur les surfaces des dents inférieures...	44
4.4 Discussion de la validation croisée.....	44
5. Discussion générale des analyses d'homogénéité.....	45
CHAPITRE QUATRE - REGROUPEMENT DES VARIABLES.....	47
1. Introduction.....	47
2. Analyse factorielle exploratoire, première approche.....	49
2.1 Méthodologie.....	49
2.2 Résultats du premier sous-échantillon.....	51
2.3 Discussion des résultats du premier sous-échantillon.....	53
3. Analyse factorielle exploratoire, deuxième approche.....	55
3.1 Méthodologie.....	55
3.2 Résultats du premier sous-échantillon.....	55
3.3 Discussion des résultats du premier sous-échantillon.....	57
4. Validation croisée.....	58
4.1 Analyse factorielle exploratoire, première approche.....	58
4.2 Analyse factorielle exploratoire, deuxième approche.....	60
4.3 Discussion de la validation croisée.....	60
5. Discussion générale des analyses factorielles.....	61
6. Analyses scalaires multidimensionnelles.....	63
6.1 Méthodologie.....	63
6.2 Résultats du premier sous-échantillon et discussion.....	66
7. Validation croisée.....	72

	Page
8. Discussion générale sur les regroupements.....	73
CHAPITRE CINQ - ANALYSES D'HOMOGENÉITÉ SUR LES REGROUPEMENTS.....	76
1. Article.....	77
Abstract.....	78
Introduction and literature review.....	79
Methods.....	83
Preliminary analyses.....	86
Results.....	87
Analysis 1 : homogeneity analysis on third molars.....	87
Analysis 2 : homogeneity analysis on first and second molars.....	88
Analysis 3 : homogeneity analysis on upper bicuspid.....	90
Analysis 4 : homogeneity analysis on six upper anteriors.....	91
Analysis 5 : homogeneity analysis on second lower bicuspid.....	93
Analysis 6 : homogeneity analysis on eight lower anteriors.....	94
Discussion.....	96
References.....	103
2. Validation croisée.....	114
CONCLUSION.....	117
BIBLIOGRAPHIE.....	120
ANNEXES.....	xiii

Liste des tableaux

	Page
Tableau 1 : Tableau comparatif des coefficients de régression significatifs ($p < 0,01$) pour chacun des indices en fonction des variables antécédentes.....	11
Tableau 2 : Tableau comparatif des coefficients de corrélation bivariée significatifs ($p < 0,05$) entre chacun des indicateurs cliniques et les variables antécédentes.....	13
Tableau 3 : Tableau comparatif des coefficients de régression significatifs ($p < 0,05$) et coefficients de détermination pour les différents indices en fonction de variables antécédentes.....	14
Tableau 4 : Pondérations pour le calcul des six indicateurs de santé dentaire.....	17
Tableau 5 : Tableau comparatif des coefficients de régression significatifs ($p < 0,05$) pour les différents indices de santé en fonction de variables antécédentes.....	19
Tableau 6 : Matrice de données X indiquant les valeurs de « p » variables pour « n » sujets.....	26
Tableau 7 : Tableau comparatif des caractéristiques de l'ACP et de l'AF.....	30

	Page
Tableau 8 : Tableau de contingence hypothétique illustrant le nombre de paires discordantes entre deux variables.....	32
Tableau 9 : Caractéristiques techniques de l'AH sur toutes les surfaces dentaires.....	35
Tableau 10 : Valeurs propres résultant de l'analyse sur toutes les surfaces dentaires (premier sous-échantillon).....	36
Tableau 11 : Description qualitative des MD issues de l'analyse sur toutes les surfaces dentaires (premier sous-échantillon).....	37
Tableau 12 : Caractéristiques techniques de l'analyse sur toutes les surfaces des dents supérieures (premier sous-échantillon).....	39
Tableau 13 : Valeurs propres résultant de l'analyse sur toutes les surfaces des dents supérieures (premier sous-échantillon).....	40
Tableau 14 : Caractéristiques techniques de l'analyse sur toutes les surfaces des dents inférieures (premier sous-échantillon).....	41
Tableau 15 : Valeurs propres résultant de l'analyse sur toutes les surfaces des dents inférieures (premier sous-échantillon).....	42
Tableau 16 : Valeurs propres résultant de l'analyse sur toutes les surfaces dentaires (deuxième sous-échantillon).....	43

	Page
Tableau 17 : Valeurs propres résultant de l'analyse sur toutes les surfaces des dents supérieures (deuxième sous-échantillon).....	44
Tableau 18 : Valeurs propres résultant de l'analyse sur toutes les surfaces des dents inférieures (deuxième sous-échantillon).....	45
Tableau 19 : Description qualitative des mesures de discrimination issues de l'AH (voir annexe 2).....	48
Tableau 20 : Caractéristiques techniques de l'AF, première approche.....	51
Tableau 21 : Tableau comparatif des variances expliquées par l'ACP et l'AF, solution orthogonale.....	52
Tableau 22 : Matrice des saturations pour chacune des dents de l'AF, solution orthogonale.....	53
Tableau 23 : Caractéristiques techniques de l'AF, deuxième approche.....	55
Tableau 24 : Matrice des saturations pour chacune des dents de l'AF, solution oblique.....	56
Tableau 25 : Matrice des corrélations entre les facteurs de l'AF suite à une rotation oblique (deuxième approche).....	57
Tableau 26 : Tableau comparatif des variances expliquées par l'ACP et l'AF, résultats de la validation croisée.....	59

	Page
Tableau 27 : Tableau comparatif des regroupements issus de l'AF et de l'AH.....	62
Tableau 28 : Caractéristiques techniques des ASM.....	65
Tableau 29 : Tableau des mesures d'ajustement des quatre ASM faites sur les 32 dents.....	67
Tableau 30 : Tableau des mesures d'ajustement des quatre ASM faites sur les 28 dents.....	69
Tableau 31 : Tableau des mesures d'ajustement des quatre ASM faites sur les 20 dents.....	71
Tableau 32 : Résultats des ASM avec les données du deuxième sous-échantillon.....	72
Tableau 33 : Regroupements à partir desquels les prochaines analyses d'homogénéité seront faites.....	75
 Tableaux de l'article	
Table 1 : Description of specifications for the six analyses of homogeneity.....	105
Table2 : Amount of inertia and percentage of total inertia in each of the three dimensions for the six HA performed on groupings of teeth.....	106
Table3 : Theoretical interpretation of the three first dimensions for the six analyses performed on groupings of teeth.....	107

Liste des figures

	Page
Figure 1 : Modèle <i>health field concept</i>	4
Figure 2 : Graphique de la position des variables pour l'ASM sur toutes les dents ; série de variables « au moins une surface saine ».....	67
Figure 3 : Graphique de la position des variables pour l'ASM sur 28 dents ; série de variables « au moins une surface obturée ».....	68
Figure 4 : Graphique de la position des variables pour l'ASM sur 20 dents ; série de variables « au moins une surface obturée ».....	71
 Figures de l'article	
Figure 1 : Quantification of categories along dimensions 1 and 3 for analysis of surfaces of third molars.....	108
Figure 2 : Quantification of categories along dimensions 1 and 3 for analysis of surfaces of first and second molars.....	109
Figure 3 : Quantification of categories along dimensions 1 and 2 for analysis of surfaces of upper bicuspid.....	110
Figure 4 : Quantification of categories along dimensions 1 and 2 for analysis of surfaces of the six upper anterior teeth.....	111

	Page
Figure 5 : Quantification of categories along dimensions 1 and 3 for analysis of surfaces of second lower bicuspid.....	112
Figure 6 : Quantification of categories along dimensions 1 and 2 for analysis of surfaces of the eight lower anterior teeth.....	113

Remerciements

Je tiens à remercier mes deux directeurs, les docteurs Jean Lambert et Clément Dassa pour la qualité de leur enseignement et leur dévouement. Leur expérience en enseignement m'a aidée à vulgariser des approches statistiques parfois très arides et à les appliquer à des situations cliniques concrètes.

J'ai eu la chance d'avoir accès à des données d'un sondage épidémiologique gracieusement fournies par le docteur Jean-Marc Brodeur. Ces données complètes et variées ont été le combustible me permettant de terminer mon mémoire et de planifier d'autres analyses futures encore plus stimulantes.

Je tiens aussi à remercier le docteur Richard Taché pour son support infailible. J'ai dû à plusieurs reprises remettre en question les objectifs de ma maîtrise et le docteur Taché m'a patiemment guidée dans ma démarche. Finalement, je tiens à souligner l'aide précieuse de mon conjoint sans qui ces années de travail auraient été beaucoup plus pénibles.

Introduction

Les indices CAO (CAOD et CAOF), admis par l'OMS (1962) sont des indices simples et couramment utilisés pour décrire la santé dentaire ¹⁻⁶. On les obtient en additionnant le nombre de dents (CAOD) ou de surfaces (CAOF) cariées, absentes ou obturées.

À l'origine, l'indice CAO s'employait pour refléter l'effet sur la santé dentaire de la carie, la maladie dentaire la plus connue (et très répandue). Aujourd'hui, avec la baisse du nombre de caries ^{7,8}, le CAO est la représentation de l'**expérience carieuse** uniquement si on postule que les dents (ou surfaces) absentes et obturées sont le résultat de cette maladie. Cependant, après l'âge d'environ 25 ans, une proportion de plus en plus grande des dents extraites est attribuable à l'impact des affections parodontales ⁹⁻¹¹. De plus, un certain nombre de dents ou de surfaces sont obturées à des fins préventives plutôt que restauratrices ¹.

À l'échelle individuelle, le CAO global ne nous renseigne pas sur les changements dans la **qualité** de la bouche ^{1,6} ; la simple addition de toutes les dents (ou surfaces) cariées, absentes ou obturées équivaut à attribuer la même pondération à chacune des trois catégories. La transformation d'une dent cariée en une dent restaurée ne change pas le CAOD global. On pourrait donc croire qu'aucun

bénéfice n'est retiré de la restauration d'une dent cariée. De même l'extraction d'une dent très cariée ne change pas le CAOD. Pire encore, une dent postérieure qui présente une face mésiale cariée, contribuant ainsi à augmenter le CAO de 1 point, aura, une fois restaurée, deux faces obturées, contribuant ainsi à augmenter le CAO de deux points.

À l'échelle communautaire, le CAO obscurcit également les comparaisons entre les effets relatifs de différents programmes de santé^{3,12}. Alors que les programmes de prévention primaire visent à diminuer globalement l'indice (en diminuant chacune des composantes), les programmes de restauration diminuent la composante C tout en augmentant la composante O et en augmentant ou diminuant la composante A, selon le cas.

Pour les raisons précitées, le CAO a tendance à voiler l'influence de **facteurs contributoires** à la carie¹³⁻¹⁵. Les affections dentaires ont une origine multifactorielle¹⁶. Les facteurs individuels, comportementaux et sociaux ont des influences différentes sur les trois composantes de l'indice. Par exemple, une utilisation régulière des services dentaires est associée positivement au nombre de dents obturées et négativement au nombre de dents absentes. Ces associations opposées diminuent la sensibilité de l'indice CAO à l'influence des variables antécédentes¹.

OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Au cours du présent travail, nous décrirons, à l'aide d'analyses multidimensionnelles (analyses en composante principale et factorielle exploratoire, analyse scalaire multidimensionnelle et analyse d'homogénéité), les différentes dimensions sous-jacentes à la santé dentaire. Les informations de base que nous utiliserons consistent en une description qualitative de l'état des surfaces de chacune des dents. On pourrait tirer le maximum de cette description nominale des surfaces dentaires (surface saine, cariée, obturée ou absente) par une approche multidimensionnelle qui fait ressortir des aspects qui sont perdus lors de la réduction en un indice composite comme le CAO.

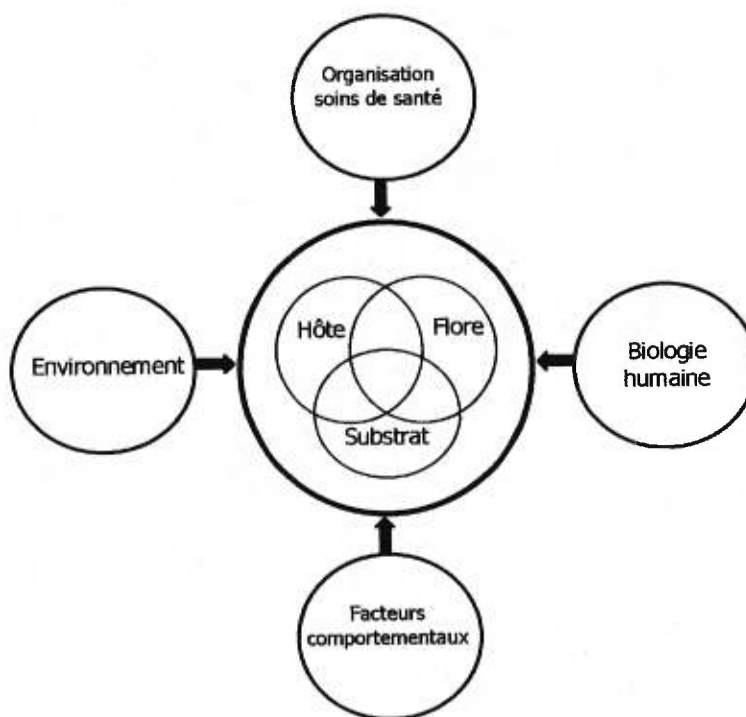
1. CADRE CONCEPTUEL PROPOSÉ

Il existe plusieurs modèles théoriques décrivant la contribution de différents facteurs dans l'origine des maladies buccales. Tous postulent des déterminants multifactoriels. Nous avons choisi le modèle *health field concept* décrit à la figure 1 pour interpréter les résultats de nos analyses parce qu'il nous semblait complet et qu'il reflète l'état des connaissances actuelles sur les maladies buccales. Bjertness et al.^{17;18} rapportent ce modèle dans deux écrits.

La triade de Keyes (figure 1, au centre) est un modèle « biologique » qui explique le processus carieux¹⁹. Ce modèle d'interaction est représenté à l'aide de trois cercles représentant l'hôte, les bactéries et le substrat. En présence d'un hôte

susceptible, d'une flore microbienne spécifique et d'un substrat adéquat, la maladie peut se développer. Si un des facteurs est exclu, il n'y aura pas de maladie. Ce modèle ne nous renseigne pas sur ce qui affecte la triade. L'état de santé buccale est influencé non seulement par des facteurs locaux mais aussi par un ensemble de facteurs médicaux, sociaux, économiques et comportementaux^{17;18;20;21}.

Figure 1 : Modèle "Health field concept" présenté par Bjertness et al.^{17;18}



Dans le modèle socioécologique illustré à la figure 1 et auquel nous allons nous référer, la triade de Keyes subit l'influence de quatre grands facteurs^{17;18}: (1) les facteurs comportementaux tels que l'attitude face à la santé et l'état

psychologique, (2) la biologie humaine tels le potentiel de santé individuel, le statut médical ou la maturation, (3) l'environnement physique ou social et, finalement (4) l'organisation des soins de santé, notamment la nature des programmes selon qu'ils sont axés sur la prévention ou la restauration.

Chapitre premier

Recension des écrits

Une des approches utilisées dans la documentation médicale pour éviter les problèmes liés au CAO est l'utilisation des composantes individuelles de l'indice (C, A ou O) pour décrire la santé dentaire. Ainsi, Brodeur et al.^{7a}, dans leur rapport d'étude sur la santé dentaire des Québécois, analysent l'effet de diverses variables antécédentes sur le nombre de dents cariées non traitées et sur le nombre de dents absentes. Les résultats de leurs analyses démontrent que les facteurs influençant ces deux composantes sont différents. En ce qui a trait à la carie, la composante C de l'indice, les facteurs reliés au nombre de surfaces cariées non traitées (régression logistique sur la variable dichotomisée) étaient le revenu, l'utilisation des services dentaires, le sexe et le fait d'avoir ou non une assurance dentaire. Alors que les facteurs reliés au nombre de dents restantes dans la bouche (c'est-à-dire 32 moins la composante A de l'indice) étaient plutôt l'éducation, l'âge, la langue, la région habitée et l'utilisation des services dentaires.

Norlen et Bjorg²⁰ ont aussi décrit la relation entre la santé buccale (opérationnalisée entre autres par différentes composantes du CAO) et des variables explicatives. Dans leur étude portant sur un échantillon de femmes

approchant l'âge de la retraite, le nombre de dents restantes (1 moins la composante A de l'indice) était relié à la profession, au statut socio-économique, au statut marital et au nombre de grossesses. Le nombre de dents cariées ou obturées (la somme des composantes C et O de l'indice) était relié au statut socio-économique et non au statut marital. Le nombre de surfaces cariées était significativement plus élevé chez les femmes ayant au moins un problème médical. Le nombre de dents restantes, cariées et obturées était significativement relié à certains facteurs sanguins (fB-glucose et S-urate). On remarque dans cet article que la description des relations entre la santé dentaire et les multiples variables indépendantes peut s'avérer difficile à interpréter à cause du grand nombre de relations différentes.

L'approche consistant en une décomposition systématique de l'indice CAO et en une description des facteurs influençant chacune de ses composantes donne des résultats difficiles à synthétiser.

Une autre modification du CAO consiste à décomposer en un plus grand nombre de sous-composantes le profil C, A, et O, et ce dans le but de mieux décrire certaines situations particulières.

La modification du CAO qu'a proposée Anaise²² visait à décrire la **sévérité** de l'atteinte carieuse afin de déterminer le besoin de traitements. Cette modification

subdivisait la composante C du CAOD en 4 groupes: C (cariée sans restauration), CF (carie secondaire à la périphérie d'une restauration ou carie primaire sur une dent déjà restaurée sur une autre surface), IX (indication pour extraction à la suite d'une destruction coronaire par la carie) et IRC (indication pour traitement de canal suite à l'atteinte carieuse de la pulpe). Les deux autres composantes du CAO (A et O) restaient identiques. Ainsi, on obtenait un CAO global identique mais un profil plus révélateur de la sévérité de la maladie et des besoins (individuels ou communautaires) de traitement.

Frenken et al.²³ ont modifié l'indice CAOOF afin qu'il reflète mieux l'**atteinte carieuse réelle**. L'une des conséquences de l'extraction d'une dent sur l'indice CAOOF est l'ajout de 4 ou 5 surfaces à l'indice alors que moins de surfaces étaient atteintes par la carie. Afin de ne pas attribuer automatiquement un barème de 4 ou 5 surfaces perdues lors de l'extraction d'une dent et ainsi contribuer indûment à l'inflation du CAOOF (comme indicateur de carie), ils ont estimé le taux de croissance de la carie (à partir de radiographies prises à plusieurs mois d'intervalle) et calculé un facteur de correction pour la composante A de l'indice CAOOF. Cette modification était pertinente pour des populations dans lesquelles le taux de caries est bas et où l'atteinte occlusale (1 surface) des molaires constitue la majorité des lésions carieuses. Dans les pays industrialisés, ce n'est souvent pas le cas.

D'autres auteurs ont tenté de pondérer les composantes du CAO pour obtenir un indice de santé global plus sensible aux variables antécédentes.

Sheiham et al. ¹ ont décrit deux mesures composites issues du CAO afin de créer une mesure qui soit plus sensible que le CAO à des variables antécédentes précises.

La première mesure, l'indice « fonctionnel » (ci-après FS-T), concerne le nombre de **dents en santé** qui permettent d'avoir une bonne fonction. Cet indice s'obtient en faisant le décompte des dents soit saines, soit restaurées, reflétant ainsi l'influence et les bénéfices des approches restauratrice et de prévention primaire en santé dentaire. Dans le calcul de cet indice, les dents saines et restaurées ont une pondération de 1 alors que les dents cariées et absentes ont une pondération de 0.

La deuxième mesure, l'indice *tissue-health* (santé des tissus, ci-après T-H), établit une hiérarchie selon la quantité relative de substance dentaire en santé. Sheiham avait comme postulat qu'une dent saine avait plus de tissu en santé qu'une dent obturée et qu'une dent obturée avait plus de tissu en santé qu'une dent cariée. Il a donc proposé un ensemble de pondérations arbitraires pour refléter cette théorie : 4 pour une dent saine, 2 pour une dent obturée, 1 pour une dent cariée et 0 pour

une dent absente. On obtient l'indice T-H en faisant la somme pondérée des dents saines, cariées ou obturées.

Les auteurs ont ensuite comparé le pouvoir explicatif de variables antécédentes dans la variation de ces différents indices à l'aide d'analyses de régression. Selon les auteurs, la quantité de variation expliquée (R^2) par les variables indépendantes (43 au total) est plus grande avec les composantes individuelles du CAO (le nombre de dents absentes [A], le nombre de dents obturées [O], ou le nombre de dents saines [S]) qu'avec les indices composites (CAOD, FS-T ou T-H). Il faut noter que le type de régression n'est pas spécifié (stepwise, entrée forcée, etc.). La régression avec le CAOD comme variable dépendante n'explique que 11,9 % de la variation totale alors que chacun des deux nouveaux indices composites est expliqué dans une proportion d'environ 25 %. Cependant, les différences entre les R^2 ne semblent pas très importantes. Le tableau 1 compare les coefficients de régression et de détermination pour les régressions décrites précédemment.

Parmi les variables indépendantes significatives qui reviennent pour les deux nouveaux indicateurs, on voit apparaître une variable purement comportementale, la satisfaction du patient face à son apparence.

Tableau 1 : Tableau comparatif des coefficients de régression significatifs ($p < 0,01$) pour chacun des indices en fonction des variables antécédentes

	A	O	S	CAOD	FS-T	T-H
Age	0,39	-0,22	-0,29		-0,40	-0,38
Région (nord, sud)	0,21	0,27				
Histoire dentaire (favorable ou non)	0,29		-0,33	0,29	-0,19	-0,23
Contacts sociaux						
Adéquation		0,16		0,15		
Temps passé avec famille/amis				-0,11*		
Menace pour la santé			-0,15*			
Prévention						
Régularité des visites	-0,21	0,35			0,22*	0,12*
Cigarette		0,15*				
Ceinture de sécurité					0,13	
Motivation						
Peur	-0,14*					
Satisfaction de l'apparence			0,21		0,17	0,20
Inquiétude face aux problèmes futurs			0,14*			
N	300	315	281	309	306	306
R ²	0,326	0,312	0,274	0,119	0,284	0,238

L'en-tête des colonnes correspond à la variable dépendante de chacune des régressions, A = nombre de dents absentes, O = nombre de dents obturées, S = nombre de dents saines, FS-T = indice fonctionnel, T-H = tissue-health ; * = $p < 0,05$

Les auteurs concluent en disant que les deux nouveaux indicateurs présentent un certain nombre d'avantages. Comme le CAOD, ils sont faciles à calculer et sont basés sur des mesures cliniques faciles à obtenir. Par opposition au CAO, ils évitent théoriquement le problème d'influences conflictuelles des variables antécédentes sur les composantes individuelles du CAO. Ils semblent plus sensibles que le CAOD à l'influence de variables comportementales puisque ces dernières ont un plus grand pouvoir explicatif dans la variation des nouveaux

indices que dans la variation du CAOD. Cependant, les pondérations utilisées pour le calcul des indicateurs T-H et FS-T sont arbitraires.

Dans un deuxième article portant sur les indices pondérés, Marcenes & Sheiham ² modifient les pondérations du T-H. Ils ont remarqué que, pour des raisons techniques, une dent restaurée a souvent moins de tissu en santé que lorsqu'elle présentait une carie. Comme l'indicateur T-H doit représenter la quantité de tissu sain des dents, les auteurs ont révisé la pondération : 4 pour une dent saine, 1 pour une dent cariée ou obturée et 0 pour une dent absente.

L'approche utilisée est la même que dans l'étude de Sheiham et al. ¹, c'est-à-dire la détermination de la sensibilité de différents indicateurs cliniques à des variables antécédentes. La sensibilité d'un indice a été déterminée de deux façons : (1) le nombre de corrélations significatives entre les variables antécédentes et chaque indicateur ainsi que l'importance de ces corrélations et (2) la taille du R^2 issu de régressions *stepwise*.

Les corrélations bivariées significatives sont indiquées au tableau 2. L'indice T-H original correspond à T-H₁ alors que celui calculé avec les pondérations révisées correspond à T-H₂. Une fois de plus, les composantes individuelles (C, A, O) sont plus « sensibles » (ont un plus grand nombre de corrélations bivariées significatives) aux variables indépendantes que les indicateurs composites. Par

ordre croissant de sensibilité des indices composites, nous avons: CAOD (une seule corrélation significative), T-H₂, CAOF, T-H₁ et FS-T.

Tableau 2 : Tableau comparatif des coefficients de corrélation bivariée significatifs ($p < 0,05$) entre chacun des indicateurs cliniques et les variables antécédentes

	C	A	O	CAOD	CAOF	T-H ₁	T-H ₂	FS-T
Hommes (n=164)								
SSE	-0,36	-0,56	0,74		-0,19	0,35		0,60
Fréquence de brossage	-0,25	-0,25	0,37			0,16		0,29
Sucre	0,20	0,27		0,23	0,23	-0,29	-0,26	-0,30
Visites dentaires	0,40	0,48	-0,53		0,15	-0,26		-0,45
Région	0,31	-0,62	-0,65			-0,29		-0,52
Éducation	-0,39	-0,55	0,77		0,27	0,42	0,21	0,67
Revenu	-0,35		0,72		-0,19	0,35		0,59
Femmes (n=164)								
SSE	-0,31	-0,62	0,71		-0,29	0,52	0,34	0,67
Fréquence de brossage		-0,32	0,31		-0,23	0,30	0,23	0,34
Sucre		0,22	-0,22		0,20	-0,21	-0,17	-0,25
Visites dentaires	0,27	0,46	-0,54		0,23	-0,38	-0,25	-0,50
Région	0,25	0,56	-0,65		0,22	-0,46	-0,30	-0,60
Éducation	-0,27	-0,62	0,72		-0,25	0,50	0,31	0,66
Revenu	-0,25	-0,28	0,17					0,30

Le tableau 3 indique les résultats des analyses de régression multiple. Comme on peut le constater, la régression avec le CAOD comme variable dépendante nous indique que seulement 1 à 5 % de la variation totale est expliquée par les variables indépendantes. L'indice T-H₂ avait été proposé pour palier une défaillance dans la théorie du T-H₁. À la suite de la modification de la pondération, les auteurs

constatent que la proportion de variation expliquée par les variables antécédentes est inférieure pour le T-H₂ (9-12 %) par rapport au T-H₁ (22-29 %).

Tableau 3 : Tableau comparatif des coefficients de régression significatifs ($p < 0,05$) et coefficients de détermination pour les différents indices en fonction des variables antécédentes les plus courantes.

Variables explicatives	INDICES				
	CAOD	CAOF	T-H ₁	T-H ₂	FS-T
Hommes (n=164)					
Éducation		-0,21	0,34		0,57
Sucre	0,24	0,17	-0,20	-0,22	-0,14
Visites dentaires					-0,15
R ²	0,05	0,10	0,22	0,09	0,49
Femmes (n=164)					
Éducation			0,22		0,34
SSE			0,34	0,26	0,40
R ²	0,01	0,08	0,29	0,12	0,49

L'indice qui présente le meilleur ajustement est le FS-T avec 49 % de la variation totale expliquée par les variables antécédentes. Les variables indépendantes significatives qui reviennent souvent dans les modèles de régression sont, pour les hommes : (1) l'éducation, (2) la quantité de sucre consommée et (3) l'utilisation des services. Pour les femmes, ces variables sont : (1) l'éducation et (2) le statut socio-économique.

Les auteurs concluent en insistant sur les faits suivants : (1) l'indicateur FS-T semble être aussi sensible aux variables antécédentes que le nombre de dents obturées (la plus sensible des composantes individuelles du CAO), (2) l'indicateur

T-H₂ est simple à calculer mais donne un modèle de régression avec un ajustement inférieur à celui de l'indicateur T-H₁ et (3) des informations additionnelles peuvent être apportées par les nouveaux indices (par rapport au CAOD) en ce qui a trait aux facteurs sociaux et comportementaux associés à la **santé dentaire**.

Soulignons que le problème des pondérations arbitraires n'est pas résolu dans cette deuxième étude. L'indice fonctionnel FS-T donne des pondérations de 1 aux dents saines ou obturées et de 0 aux dents cariées et absentes. Une dent saine a-t-elle la même fonction qu'une dent restaurée ? Pourquoi considère-t-on une dent cariée comme étant non fonctionnelle ? Les indices de quantité de tissu dentaire sain T-H₁ et T-H₂ donnent des pondérations de 4 aux dents saines, 2 ou 1 aux dents obturées, 1 aux dents cariées et 0 aux dents absentes. Les auteurs mentionnent que la substance dentaire restante sur une dent restaurée est souvent moins importante que sur une dent cariée. Cependant, ils ne donnent pas une pondération inférieure aux dents obturées.

Lewis³ a pris six indicateurs composites cliniques (pondérés ou non) et a comparé leur sensibilité à des variables antécédentes par une série de régressions linéaires (type d'approche non spécifiée). La sensibilité est déterminée par le R² issu de chacune des régressions.

Le tableau 4 illustre les pondérations utilisées dans le calcul des six indicateurs. Les indicateurs CAOD, FS-T, T-H₁ et T-H₂ ont été décrits précédemment ; deux nouveaux indices sont étudiés ici. L'indice U₁ donne une pondération de 1 aux dents saines et de 0 aux dents absentes. Les dents cariées ont une pondération de 0,51 si elles n'occasionnent aucune douleur alors que cette pondération descend à 0,46 si une douleur est présente. En ce qui concerne les dents obturées, une pondération de 0,72 est accordée si la restauration est satisfaisante alors que la pondération descend à 0,69 si la restauration est défectueuse. Pour calculer l'indice U₂, on attribue aussi une pondération de 1 aux dents saines. Les dents absentes, cariées ou obturées ont des pondérations différentes selon leur position. En moyenne, une dent absente a une pondération de 0,40. Si une dent postérieure est absente, la pondération est plus élevée (0,56) que si une dent antérieure est absente (0,30 pour une dent supérieure et 0,33 pour une dent inférieure). Une dent cariée obtient en moyenne une pondération inférieure (0,21) à celle d'une dent absente. Si la carie est située sur une dent postérieure, la pondération est plus grande (0,24) que si elle est située sur une dent antérieure (0,18 pour une dent supérieure et 0,20 pour une dent inférieure). Finalement, une dent obturée a un score moyen de 0,75. Si cette dent obturée est située dans un des sextants postérieurs, la dent obtient une pondération de 0,77 alors que si elle est située antérieurement, sa pondération est plus faible (0,71 pour une dent supérieure et 0,73 pour une dent inférieure). Remarquons que l'indicateur obtenu par la somme pondérée U₂ est le seul à accorder une valeur autre que 0 aux dents absentes. La

pondération est même supérieure à celle donnée aux dents cariées. Selon cette logique, une dent absente a une contribution plus favorable à la santé dentaire qu'une dent cariée.

Tableau 4 : Pondérations pour le calcul des six indicateurs de santé dentaire

	PONDÉRÉS					
	CAOD	FS-T	T-H ₁	T-H ₂	U ₁	U ₂
Absentes	1	0	0	0	0	0,40
Postérieures						0,56
Antérieures supérieures						0,30
Antérieures inférieures						0,33
Cariées	1	0	0,25	0,25		0,21
Cariées douloureuses					0,46	
Cariées non douloureuses					0,51	
Postérieures						0,24
Antérieures supérieures						0,18
Antérieures inférieures						0,20
Obturées	1	1	0,50	0,25		0,75
Obturations défectueuses					0,69	
Obturations satisfaisantes					0,72	
Postérieures						0,77
Antérieures supérieures						0,71
Antérieures inférieures						0,73
Saines	0	1	1	1	1	1

Lewis³ affirme que le CAOD a une relation négative avec la santé dentaire tout comme les mesures individuelles du nombre de dents cariées (C), absentes (A) ou obturées (O). Ainsi, plus ces indices ont une valeur élevée, moins bonne est la santé dentaire. Il ajoute que les indicateurs pondérés (FS-T, T-H₁, T-H₂, U₁ et U₂) ont tous une relation positive avec la santé dentaire tout comme la mesure

individuelle du nombre de dents saines (S). Ainsi, plus la santé dentaire est bonne, plus les indicateurs pondérés seront élevés. Cette observation est importante puisque le but poursuivi par plusieurs auteurs est d'élaborer un indice de santé et non un indice de maladie.

Les résultats des régressions faites avec les différents indicateurs et deux mesures simples (A, le nombre de dents absentes et S, le nombre de dents saines) comme variables dépendantes sont compilés au tableau 5. Lewis³ compare les résultats qu'il a obtenus à ceux de Sheiham et al.¹. Les coefficients de détermination qu'il a obtenus sont plus grands que ceux rapportés par Sheiham et al.¹. Notons que les variables indépendantes qu'il a utilisées sont pour la plupart opérationnalisées de façon différente de celles utilisées par Sheiham et al.¹. Il semble donc difficile de faire ces comparaisons.

Selon ces résultats, tous les indicateurs composites sauf U^2 semblent avoir une sensibilité acceptable (R^2 variant entre 0,40 et 0,46). La mesure du nombre de dents saines est peu sensible avec un coefficient de détermination multiple R^2 égal à 0,37. L'indice composite U^2 accordant une pondération considérable aux dents absentes est le moins sensible des indices comparés ($R^2 = 0,29$). Le résultat le plus surprenant est probablement celui du CAOD. Son coefficient de détermination ($R^2 = 0,42$) est beaucoup plus élevé que ceux obtenus dans des études comparables. Nous croyons que ce résultat est tributaire de la technique

utilisée et des caractéristiques des sujets de l'échantillon plutôt que d'une sensibilité soudaine de l'indice.

Tableau 5 : Tableau comparatif des coefficients de régression significatifs ($p < 0,05$) pour les différents indices de santé en fonction de variables antécédentes

	INDICATEURS COMPOSITÉS						MESURES INDIVIDUELLES	
	CAOD	FS-T	T-H ₁	T-H ₂	U ₁	U ₂	A	S
Age	0,62	-0,56	-0,65	-0,63	-0,65	-0,47	0,70	-0,57
Sexe			0,09	0,09	0,09	0,08	-0,08	
Éducation								
Secondaire	0,12		-0,12	-0,13	-0,11			
Post-secondaire partielle								
Post-secondaire								
Endroit de naissance								
Royaume Uni et Irlande								
Europe								
Autre	-0,14	0,12	0,17	0,18	0,16	0,19	-0,10	0,18
Occupation								
Col blanc								
Col bleu		-0,20			-0,10	-0,12	0,15	
Autre	-0,13	-0,20			-0,12		0,14	
Cause dernière visite : urgence		-0,12	-0,10	-0,08	-0,10	-0,12	0,08	
Fréquence visites								
1 an	0,14		-0,08	-0,11				-0,13
2 ans +	0,12			-0,10				-0,13
Fréquence de brossage								
Hebdomadaire	0,10	-0,08	-0,08	-0,08		-0,09		-0,09
Quotidienne								
3 fois / jour								
R ²	0,42	0,40	0,45	0,43	0,46	0,29	0,49	0,37

Chapitre deux

Approche générale

1. BANQUE DE DONNÉES

Nous avons utilisé la banque de données recueillies au cours d'un sondage sur la santé buccale de Québécois adultes effectué par le groupe de recherche interdisciplinaire en santé de l'Université de Montréal en collaboration avec la Direction de la Santé Publique de Montréal-Centre^{7a}. Ce sondage a eu lieu entre 1994 et 1995. Les variables disponibles dans cette banque touchent de nombreuses facettes de la santé bucco-dentaire. L'échantillon de sujets compte 2110 adultes âgés entre 35 et 44 ans.

Dix dentistes examinateurs ont fait les examens cliniques des sujets^{7a}. Une période de calibrage d'un mois a permis de mesurer la consistance interexamineur et la concordance de leurs évaluations avec celles des dentistes qui dirigeaient la formation. Le tableau 5a donne les bornes inférieures et supérieures de la statistique Kappa mesurant la concordance. Dans cette étude, nous n'utiliserons pas les variables se rapportant aux mesures parodontales. Le coefficient Kappa pour la mesure de carie, le seul qui soit d'intérêt pour la présente étude, est excellent (supérieur à 0,80).

Tableau 5a : Indices Kappa pour les variables de l'examen dentaire

Variables	KAPPA	
	Min	Max
Carie	0,84	0,95
Saignement	0,40	0,71
Tartre	0,31*	0,73
Poches parodontales sur 2 sites (± 1 mm)	0,78	1,00
Poches parodontales sur toute la dent	0,45	0,69
Pertes d'attachement (± 1 mm)	0,71	0,95

* Un seul examinateur avec un Kappa inférieur à la catégorie modérée (0,40)

2. VALIDATION CROISÉE

Étant donné que tous les types d'analyses que nous allons utiliser sont essentiellement déterministes, c'est-à-dire qu'elles ne font que décrire l'échantillon sans tenter d'inférences à la population, il convient d'évaluer minimalement la généralisation des résultats par une approche de validation croisée. L'échantillon original comptait 2110 sujets ; nous l'avons séparé en deux de manière aléatoire. Les sous-échantillons 1 et 2 ont respectivement 1077 et 1033 sujets. Toutes les

analyses ont été effectuées sur le premier sous-échantillon et les résultats ont ensuite été validés auprès du deuxième sous-échantillon.

3. DESCRIPTION DES VARIABLES

Parmi les nombreuses variables de cette banque de données, nous n'avons utilisé que les variables décrivant l'état de la couronne des 32 dents. Ces variables sont codées : (1) absente, (2) cariée, (3) obturée et (4) saine.

Une première série de 32 variables décrit l'état de chacune des dents. Ainsi, la couronne d'une dent pouvait : (1) être absente, (2) présenter une carie non restaurée, (3) présenter une obturation sans atteinte carieuse (récidivante ou autre) ou (4) être totalement saine.

Une deuxième série de 166 variables décrit l'état de chacune des surfaces dentaires. Ainsi, chaque surface dentaire pouvait : (1) être absente, (2) présenter une carie, (3) présenter une obturation sans atteinte carieuse (récidivante ou autre) ou (4) être saine.

Les surfaces buccales ou linguales qui ont habituellement un sillon de développement (lingual des antérieures supérieures, buccal des molaires

inférieures et lingual des molaires supérieures) ont été considérées comme deux surfaces distinctes : surface lisse et surface non lisse.

4. ÉCHANTILLONNAGE

Le paragraphe suivant, tiré du rapport ^{7a} sur la santé bucco-dentaire des adultes québécois de 35 à 44 ans, explique le plan d'échantillonnage de l'étude d'où les données ont été tirées.

Le plan de sondage a été fondé sur le découpage géographique des logements en utilisant les données du recensement de 1991. Pour la population visée par cette étude, soit les adultes de 35 à 44 ans de la province de Québec, les secteurs de recensement ont été utilisés comme unités primaires d'échantillonnage (UPE) et les secteurs de dénombrement comme unités secondaires d'échantillonnage (USE). (...) [L'échantillon a été formé] en prévoyant un taux de participation de 50 % et une moyenne de 1,2 personne de 35 à 44 ans éligible par logement. (...) Chaque logement échantillonné a reçu un avis de la date de la visite de l'intervieweur. Des intervieweurs ont été formés afin de suivre une procédure d'approche standardisée avec les résidents de chaque unité de logement sélectionnée. Enfin, les personnes ayant accepté de participer ont reçu une date de rendez-vous pour l'examen. (...) Le taux de participation à l'examen bucco-dentaire a été de 44,5 %. Au total, 2110 personnes ont été examinées au Québec. Comme dans plusieurs autres études, la participation est plus importante dans les zones rurales.

Les données de la banque ont été pondérées (post-stratification) pour corriger des différences de sexe et de niveau d'éducation par rapport aux statistiques officielles du recensement canadien de 1991. Nous avons supprimé cette pondération, les

logiciels d'analyses multidimensionnelles ne permettant pas de post-stratification. À la figure 1a, nous présentons la prévalence de l'état des dents pour les individus de l'échantillon ayant au moins une dent présente en bouche.

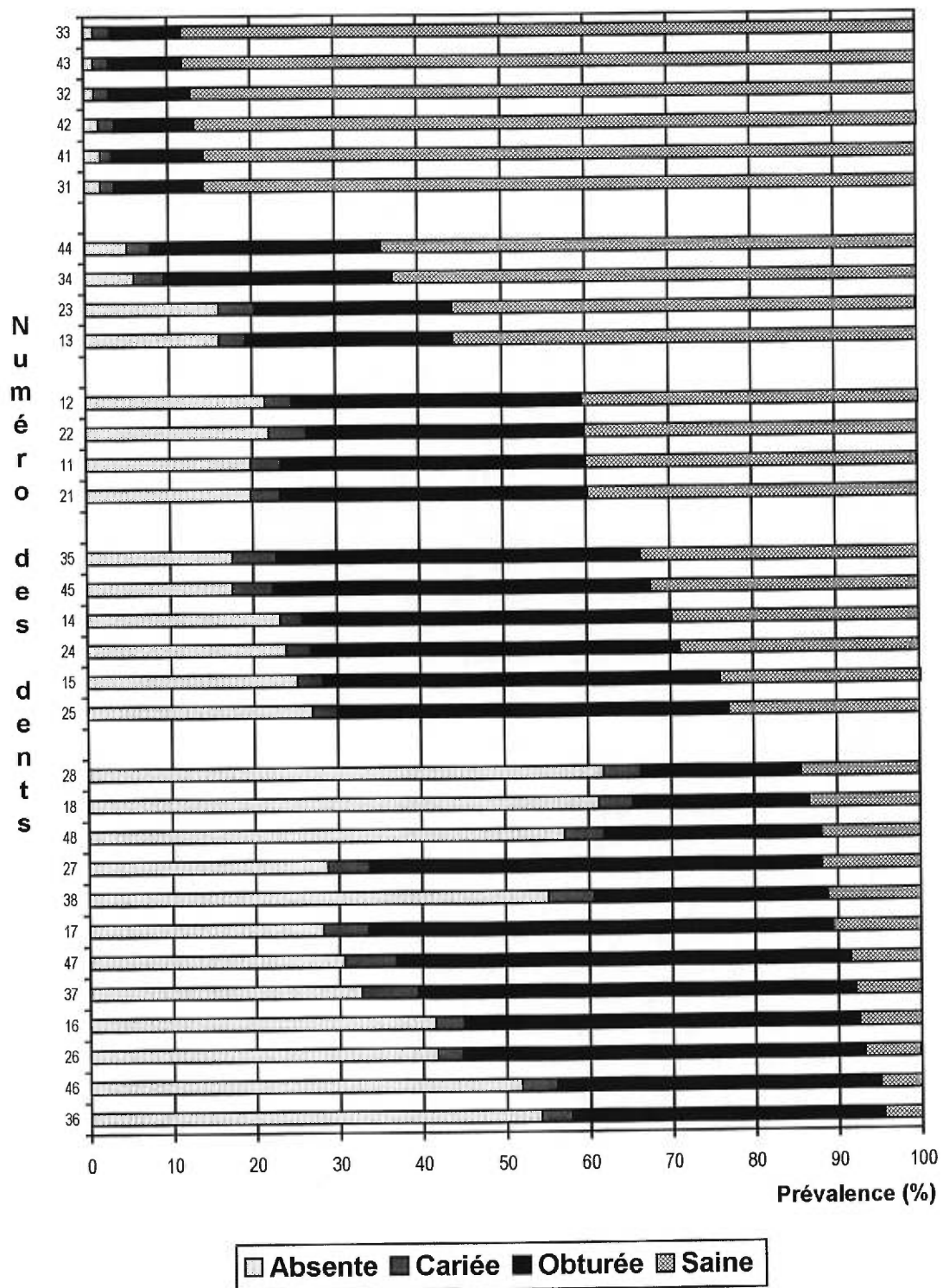
5. ANALYSES MULTIDIMENSIONNELLES

5.1 GÉNÉRALITÉS

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé trois types d'analyses multidimensionnelles : l'analyse d'homogénéité (ou analyse des correspondances multiples), l'analyse en composante principale, l'analyse factorielle exploratoire ainsi que l'analyse scalaire multidimensionnelle. Ces quatre approches visent à réduire l'information fournie par un ensemble de variables en un nombre restreint de dimensions tout en optimisant un critère statistique et sont fondées sur des mesures de proximité différentes.

D'une manière générale, dans une analyse « p-variée » (c'est-à-dire dans laquelle on dispose de l'information sur « p » variables différentes), on peut représenter les données dans un espace à « p » dimensions. La réduction des dimensions sous-jacentes permet une explication parcimonieuse des relations qui existent entre les variables. L'étude des covariations (proximités ou distances entre les « p » variables) dans un espace réduit peut révéler des dépendances selon certaines dimensions. On peut alors regrouper chaque ensemble homogène de telles variables en une (ou plusieurs) variable hypothétique (ou construit) représentée

Figure 1a : Prévalence de l'état de chacune des dents selon l'étude sur la santé buccodentaire des québécois adultes



par une dimension appartenant à l'espace réduit. Chacune des « k » dimensions synthétiques, habituellement porteuses d'explications, est plus facile à interpréter que les multiples variables d'origine prises individuellement. Peu importe l'approche choisie, le but de l'analyse multidimensionnelle est de réduire le nombre de dimensions nécessaires à la représentation des données. Ces dimensions peuvent, selon l'approche utilisée, être orthogonales (c'est-à-dire indépendantes) ou obliques (c'est-à-dire montrant un certain degré de dépendance). Ces différentes approches sont toutes essentiellement descriptives et s'appuient sur une représentation graphique qui nous renseigne sur la proximité des variables étudiées lorsqu'elles sont projetées dans le nouveau système d'axe (la solution de l'analyse).

L'analyse de données multidimensionnelles se complique par :

- (1) le caractère exploratoire de l'analyse : aucune hypothèse précise n'est formulée *a priori* ;
- (2) le choix du nombre de variables initiales analysées et leur métrique : le nombre « p » de variables analysées (ainsi que leur métrique) est déterminant puisque le nombre de dimensions « k » de la solution finale dépend du rapport entre « p » et « k » et l'approche utilisée dépend du niveau de mesure des variables ;

- (3) les algorithmes : les calculs à la base de ces analyses sont habituellement résolus à l'aide d'algorithmes souvent complexes qui peuvent, à l'occasion, ne pas converger ;
- (4) la représentation graphique en plusieurs dimensions : la pierre angulaire de ces approches multivariées est la représentation graphique. En général, les graphiques en deux dimensions ne constituent qu'une projection d'une solution finale multidimensionnelle ;
- (5) il existe souvent des solutions alternatives et lorsque le choix de la «meilleure» solution ne peut être départagé par des critères statistiques, le chercheur doit procéder à un choix fondé sur son cadre conceptuel ou théorique.

Les résultats des analyses réalisées dans le cadre de cette étude s'appuient à divers degrés sur des méthodes itératives d'estimation. Chaque méthode d'analyse vise à optimiser un critère statistique par un ensemble d'itérations successives. Lorsque l'amélioration du critère devient négligeable d'une itération à l'autre, l'algorithme s'arrête et la valeur numérique de l'estimation obtenue lors de la dernière itération devient la solution.

5.2 ANALYSE D'HOMOGÉNÉITÉ

L'analyse d'homogénéité (ci-après AH) n'a que très rarement été utilisée avec des données sur la santé dentaire ²⁴. L'AH fait partie d'une famille de méthodes

également connues sous le nom de *dual scaling*²⁵. L'AH, par opposition aux techniques inférentielles d'analyses statistiques, est une technique descriptive d'analyse multidimensionnelle et multivariée qui permet de quantifier des variables nominales par une approche non linéaire.

Considérons une matrice de données X nous indiquant les valeurs de « p » variables catégorielles pour « n » sujets (voir tableau 6). Cette matrice de données constituée de « n » rangées à « p » variables. Chaque rangée représente le vecteur d'un sujet ; un tel vecteur est représenté par un « point » dans un espace à « p » dimensions. Le but de l'AH est de rechercher un nouveau système d'axes orthogonaux (ou dimensions perpendiculaires) de façon à ce que la projection des « points » nous donne une image des données originales aussi peu déformée que possible. Étant donné que l'AH est une technique de réduction de dimensions, on essaie d'obtenir l'image des données la plus parcimonieuse.

Tableau 6 : Matrice de données X indiquant les valeurs de « p » variables pour « n » sujets

Sujets	VARIABLES				
	1	2	3	...	p
1	$X_{(1,1)}$	$X_{(1,2)}$	$X_{(1,3)}$		$X_{(1,p)}$
2	$X_{(2,1)}$	$X_{(2,2)}$	$X_{(2,3)}$		$X_{(2,p)}$
3	$X_{(3,1)}$	$X_{(3,2)}$	$X_{(3,3)}$		$X_{(3,p)}$
...					
n	$X_{(n,1)}$	$X_{(n,2)}$	$X_{(n,3)}$		$X_{(n,p)}$

La décomposition de l'information originale se fait un peu comme dans une analyse en composante principale. L'information totale du « nuage de points », calculée à partir d'une matrice de mesures de distances entre les variables (métrique de χ^2) se décompose en « k » dimensions orthogonales (covariance=0), souvent appelées « axes d'inertie ». Chaque nouvel axe d'inertie « explique » une partie de l'information contenue dans la matrice. L'information expliquée par la $k^{\text{ième}}$ dimension, « λ_k », est appelée lambda, valeur propre ou inertie de cette dimension.

L'AH permet d'analyser des variables catégorielles après une transformation qui s'appuie sur des fréquences. Le **nombre maximal de dimensions** (ayant des valeurs propres non triviales) est théoriquement donné par le nombre total de catégories (c'est-à-dire le nombre total d'options en considérant toutes les variables) moins le nombre de variables. Ainsi, si on analyse les données de 8 variables ayant chacune 3 catégories (ou options), le nombre maximal de valeurs propres non triviales sera $(8*3) - 8 = 16$. Le nombre de catégories d'une variable à l'autre peut être constant ou varier.

La somme de toutes les valeurs propres de chacune des dimensions (dans une solution où l'on extrait le maximum de dimensions) correspond à l'information totale (l'inertie totale). Cette **inertie totale** est égale au nombre moyen de catégories par variable diminué de 1. Dans l'exemple où l'on analyserait 8

variables à 3 catégories chacune, le nombre moyen de catégories par variable est 3 et l'inertie totale à « expliquer » sera 2.

Il existe plusieurs approches pour déterminer le nombre de dimensions qui seront retenues à des fins d'interprétation. Certains auteurs suggèrent de projeter les points dans les « k » premiers axes d'inertie de façon à ce que la partie de l'information « expliquée » atteigne une proportion acceptable²⁴. D'autres utilisent un critère statistique approprié au type de données analysées²⁵. Par exemple, la proportion de l'inertie totale « expliquée » dans une dimension peut servir de critère. Dans notre exemple, l'inertie totale est égale à 2 et le nombre de dimensions maximal est 16. Si, dans la solution de l'analyse d'homogénéité, il n'y a pas de dimension particulièrement importante, l'**inertie moyenne** de chacune des dimensions devrait être $2/16$ ou encore 0,125. Nous utiliserons ce critère à des fins de comparaison pour déterminer l'importance d'une dimension dans la solution finale. Nous exploiterons la procédure « HOMALS » programmée dans le logiciel SPSS (version 7) pour faire les AH de cette étude.

5.3 ANALYSES EN COMPOSANTE PRINCIPALE ET FACTORIELLE EXPLORATOIRE

L'analyse en composante principale (ACP) et l'analyse factorielle exploratoire (AF) sont apparentées et souvent utilisées en tandem. C'est pourquoi nous présenterons ces deux méthodes conjointement. L'AF exploratoire présente une solution en deux parties. La première section consiste toujours en une analyse en

composante principale (ACP). La seconde partie dépend des critères spécifiés par le chercheur.

L'ACP et l'AF permettent toutes deux de représenter « p » variables dans un univers à « k » dimensions ($k < p$), ce qui permet une interprétation parcimonieuse de leur covariation. Habituellement, en ACP ou en AF, les valeurs analysées sont les corrélations de Pearson entre les variables prises deux à deux. Cette mesure de proximité permet de déterminer le sens et l'intensité de la relation entre les variables initiales lorsque la relation entre ces variables est linéaire (ou lorsque l'échantillon couvre une étendue linéaire de la relation).

L'ACP et l'AF ont des objectifs différents. Essentiellement, l'ACP porte sur l'analyse de la matrice de corrélation alors que l'AF repose sur cette matrice de corrélation dite « réduite ». Les éléments de la diagonale de la matrice « réduite » - les variances - sont remplacés par une estimation de la variance « commune » ou variance partagée par toutes les variables dans un espace réduit. Le tableau 7 donne les différences entre l'ACP et de l'AF.

Il existe plusieurs approches pour déterminer le nombre de dimensions « k » qui seront retenues à des fins d'interprétation. D'une manière générale, le critère par défaut pour déterminer le nombre de dimensions retenues dans une solution

Tableau 7 : Tableau comparatif des caractéristiques de l'ACP et de l'AF

ACP	AF
Technique de transformation des variables observées en autant de variables dites «composantes» et subséquemment de réduction à un nombre réduit de composantes	Modèle d'explication des variables observées à l'aide d'un nombre réduit de variables hypothétiques appelées facteurs
Explication de la variance totale des variables analysées	Explication de la variance commune aux variables analysées
Les composantes (dimensions extraites) ne sont pas corrélées	Les facteurs (dimensions extraites) peuvent être corrélés
La matrice analysée est une matrice de corrélations de Pearson avec des 1 sur la diagonale (variances standardisées)	La matrice analysée est une matrice de corrélations de Pearson avec une estimation de la «communauté» (partie de la variance d'une variable commune à l'ensemble des variables) sur la diagonale
On ne fait pas de rotation avec les composantes extraites	Une rotation du système d'axes (dimensions) de la solution initiale permet d'obtenir une solution dans laquelle les facteurs se distinguent mieux les uns des autres

repose sur les valeurs propres des composantes ou des facteurs. Cependant, comme dans tout problème de classification par regroupement de variables, le nombre de dimensions souhaité devrait être déterminé par le chercheur. Dans une situation d'analyse préliminaire, le chercheur peut se prévaloir de l'option par défaut préprogrammée dans la plupart des logiciels.

Comme la matrice examinée dans ces deux analyses est une matrice de corrélations de Pearson, les variables étudiées devraient relever d'une échelle proportionnelle (ratio). Or les données de base de notre étude (l'état de chacune des dents ou de chacune des surfaces [voir chapitre 2, section 3]) sont nominales. Lorsqu'on attribue à ces données un caractère logique ordonné, on définit des variables ordinales qui se prêtent à l'ACP et à l'AF. Nous avons recodé les variables de façon à ce que les catégories présentent un ordre logique. La description de ce recodage est donnée dans la section de méthodologie des AF. Nous exploiterons la procédure « FACTOR » du logiciel SPSS (version 7) pour faire les AF et ACP de cette étude.

5.4 ANALYSE SCALAIRE MULTIDIMENSIONNELLE

L'analyse scalaire multidimensionnelle (ASM) est une troisième approche de réduction dimensionnelle. Les variables rapprochées dans la solution graphique ont plus de « ressemblances » que les variables éloignées. L'ASM permet

l'analyse de variables mesurées selon différentes échelles; dans la présente étude, nous l'utiliserons avec des variables dichotomiques.

L'ASM est réalisée sur une matrice de distances. Il existe un grand nombre de mesures de distances. La mesure « distances euclidiennes au carré » est simple à interpréter : dans un tableau de contingence 2x2, elle correspond au nombre de paires discordantes. Le tableau 8 donne un exemple hypothétique de la distance euclidienne carrée pour **une** paire de variables. Dans ce tableau, on indique pour un échantillon de 1000 sujets les fréquences de l'atteinte carieuse de la surface mésiale des première et deuxième molaires supérieures droites. Le nombre de paires discordantes dans ce cas est égal à 65 (25 + 40). C'est ce 65 qui correspond à la mesure de distance entre les surfaces mésiales des première et deuxième molaires supérieures droites.

Tableau 8 : Tableau de contingence hypothétique illustrant le nombre de paires discordantes entre deux variables

		M6		Total
		Cariée	Non cariée	
M7	Cariée	50	40	90
	Non cariée	25	885	910
Total		75	925	1000

M6 : surface mésiale de la première molaire supérieure droite

M7 : surface mésiale de la deuxième molaire supérieure droite

Ces « distances euclidiennes au carré » pour chacune des paires de variables sont reportées dans la matrice analysée. Ainsi, la matrice analysée est une matrice « $p \times p$ » dans laquelle chaque entrée correspond au nombre de fois où la première variable ne prend pas la même valeur que la deuxième. Cette matrice est donc symétrique et présente des 0 sur la diagonale.

Le processus itératif de l'ASM est basé sur la minimisation d'un critère statistique appelé « stress ». Le stress exprime la façon dont les données observées dans l'échantillon s'éloignent des résultats dégagés par le modèle. On peut calculer le stress de plusieurs façons. La procédure « ALSCAL » de SPSS (version 7) que nous allons exploiter utilise une formule générale du stress appelée « SSTRESS ». Sans énoncer la formule de calcul, nous pouvons dire que plus le SSTRESS est élevé, moins bon est l'ajustement du modèle par rapport aux données initiales.

Chapitre trois

Exploration par analyse d'homogénéité

1. ANALYSE D'HOMOGÉNÉITÉ SUR TOUTES LES SURFACES

1.1 MÉTHODOLOGIE

Comme nous l'avons mentionné au début du chapitre 2, nous avons opté pour une approche par validation croisée. Les résultats des analyses seront donc présentés pour le premier sous-échantillon et les résultats de la validation seront discutés par la suite.

Nous avons fait une première AH sur toutes les surfaces dentaires. Les 166 variables nominales correspondant aux surfaces de chacune des 32 dents ont été analysées. Comme nous l'avons mentionné au chapitre deux, chaque variable était codée : (1) absente, (2) cariée, (3) obturée ou (4) saine.

Nous avons spécifié une analyse selon quatre dimensions afin de faire ressortir une solution qui vienne appuyer les notions du modèle *health field concept* décrit par Bjertness et al. ^{17;18} (se référer à l'introduction pour une description de ce modèle). Les caractéristiques techniques de cette analyse sont décrites au tableau 9.

Tableau 9 : Caractéristiques techniques de l'AH sur toutes les surfaces dentaires

CARACTÉRISTIQUES	SPÉCIFICATION
Variables	Toutes les surfaces (166 au total)
Nombre de catégories	4 catégories par variable (664 au total)
Nombre de dimensions demandées	4
Nombre maximal de dimensions	498
Inertie totale à expliquer	3
Inertie moyenne par dimension	0,006

Le critère de convergence préprogrammé (fixé à 0,00001 dans cette étude) correspond à l'amélioration de l'ajustement (le pourcentage d'inertie totale expliquée) entre deux itérations. Si la différence d'ajustement entre deux itérations est inférieure au critère de convergence, le processus itératif prend fin.

1.2 RÉSULTATS DU PREMIER SOUS-ÉCHANTILLON

Le sommaire des résultats de cette première analyse réalisée à l'aide des données du premier sous-échantillon est compilé au tableau 10.

Le pourcentage d'inertie totale expliqué par ces quatre dimensions est de 24,5 %.

On peut décrire les dimensions en examinant les valeurs des mesures de discrimination (MD) de chacune des variables.

Tableau 10 : Valeurs propres résultant de l'analyse sur toutes les surfaces dentaires (premier sous-échantillon)

DIMENSION	VALEUR PROPRE	POURCENTAGE D'INERTIE TOTALE
Dimension 1	0,4266	14,2
Dimension 2	0,1158	3,9
Dimension 3	0,1108	3,7
Dimension 4	0,0814	2,7
4 dimensions	0,7346	24,5

Afin de simplifier la présentation des résultats, la matrice 166x4 des MD est représentée à l'annexe 1. Le tableau 11 propose une synthèse qualitative qui sert à décrire les dimensions.

Une MD permet d'établir l'importance relative de la contribution de chaque variable à chaque dimension. Dans notre analyse, les 166 variables ont chacune quatre MD qui s'interprètent comme une mesure d'association entre la variable et la dimension correspondante. Une façon de décrire les dimensions consiste donc à décrire le comportement des MD des variables.

Tableau 11 : Description qualitative des mesures de discrimination (MD) issues de l'analyse sur toutes les surfaces dentaires (premier sous-échantillon)

DIMENSION	DESCRIPTION QUALITATIVE
Dimension 1	<p>Dans la dimension 1, les dents antérieures ont des MD plus importantes que celles des dents postérieures. Aucun modèle particulier ne se dégage quant au type de surface. Les dents supérieures antérieures ont en général des contributions plus grandes que leurs correspondantes inférieures. Ce modèle n'apparaît pas pour les dents postérieures. Les dents qui montrent la plus faible contribution à cette dimension sont les troisièmes molaires. Les premières molaires contribuent peu à cette dimension.</p>
Dimension 2	<p>En général, les premières et deuxièmes prémolaires ont les plus grandes MD dans la deuxième dimension. Cependant, cette dimension cache une information sur les surfaces. Pour chacune des dents prises individuellement, les surfaces mésiale, distale et surtout occlusale sont les surfaces qui présentent les plus grandes MD.</p>
Dimension 3	<p>Les dents saturant de façon plus importante cette troisième dimension sont les six antérieures inférieures, suivies (de loin) des premières et troisièmes molaires. Il ne se dégage pas de modèle particulier quant aux surfaces. Les dents supérieures et inférieures ont des comportements semblables (sauf pour les antérieures).</p>
Dimension 4	<p>Dans cette quatrième dimension, les antérieures ont des contributions pratiquement nulles. Les troisièmes molaires ont les MD les plus importantes et les premières molaires inférieures montrent une tendance semblable. Les surfaces buccales qui présentent un sillon de développement ont des pondérations plus élevées.</p>

1.3 DISCUSSION DES RÉSULTATS DU PREMIER SOUS-ÉCHANTILLON

Le pourcentage d'inertie totale expliqué par ces quatre dimensions est faible (moins de 25 %). La dimension la plus importante n'explique que 14 % de l'inertie totale. Si on compare les valeurs propres au critère décrit plus haut (inertie moyenne par dimension), les quatre sont largement supérieures au critère de 0,006 (3/498). Il en demeure que le nombre total de catégories étant élevé, ce critère est peu utile. Étant donné que le nombre maximal possible de dimensions est grand, on observe une première dimension dominante suivie d'un très grand nombre de dimensions expliquant peu d'inertie. La première dimension explique environ 14 % de l'inertie totale alors que les suivantes se partagent assez également l'information restante. D'ailleurs, dans une solution à plus de quatre dimensions, on observe que les dimensions suivantes présentent des valeurs propres semblables aux dimensions 2, 3 et 4 (voir annexe 2).

Ces résultats portent à croire que les variables analysées conjointement sont trop nombreuses et trop hétérogènes pour en tirer des renseignements utiles concernant la santé dentaire. C'est pourquoi nous avons décidé de réduire le nombre de variables analysées en les regroupant de façon à ce que l'AH soit faite sur des groupes de surfaces plus homogènes. Dans ce qui suit, nous présenterons les résultats des analyses faites sur les dents de chacune des arcades prises séparément.

2. ANALYSE D'HOMOGENÉITÉ SUR LES SURFACES DES DENTS SUPÉRIEURES

2.1 MÉTHODOLOGIE

Nous avons uniquement analysé les surfaces dentaires des dents supérieures. Les 86 variables nominales correspondant aux surfaces de chacune des 16 dents supérieures ont été analysées. Les critères de cette analyse (les mêmes que dans l'analyse précédente) sont décrits au tableau 12.

Tableau 12 : Caractéristiques techniques de l'analyse sur les surfaces des dents supérieures (premier sous-échantillon)

CARACTÉRISTIQUES	SPÉCIFICATION
Variables	Surfaces des dents supérieures (86 au total)
Nombre de catégories	4 catégories par variable (344 au total)
Nombre de dimensions demandées	4
Nombre maximal de dimensions	258
Inertie totale à expliquer	3
Inertie moyenne par dimension	0,012

2.2 RÉSULTATS DU PREMIER SOUS-ÉCHANTILLON ET DISCUSSION

Le sommaire des résultats de cette analyse est compilé au tableau 13.

Tableau 13 : Valeurs propres résultant de l'analyse sur les surfaces des dents supérieures (premier sous-échantillon)

DIMENSION	VALEUR PROPRE	POURCENTAGE D'INERTIE TOTALE
Dimension 1	0,5550	18,5
Dimension 2	0,1513	5,0
Dimension 3	0,1170	3,9
Dimension 4	0,1071	3,6
4 dimensions	0,9305	31,0

Le pourcentage d'inertie totale expliqué par ces quatre dimensions est plus élevé que pour l'analyse de toutes les dents (31 % vs 24,5 %). La première dimension explique encore une fois beaucoup plus d'inertie que les suivantes. Les quatre dimensions ont des valeurs propres supérieures au critère de 0,012 (voir tableau 12) ; les résultats montrent une augmentation de l'inertie totale expliquée par quatre dimensions lorsque les surfaces analysées sont limitées aux surfaces des dents supérieures. L'analyse démontre encore des signes « d'effritement » des dimensions, c'est-à-dire que l'inertie expliquée par les dimensions 2, 3 et 4 est petite et varie peu.

3. ANALYSE D'HOMOGENÉITÉ SUR LES SURFACES DES DENTS INFÉRIEURES

3.1 MÉTHODOLOGIE

Nous avons ensuite analysé uniquement les surfaces dentaires des dents inférieures. Les 80 variables nominales correspondant aux surfaces de chacune des 16 dents inférieures ont été analysées. Les critères de cette analyse sont décrits au tableau 14.

Tableau 14 : Caractéristiques techniques de l'analyse sur les surfaces des dents inférieures (premier sous-échantillon)

CARACTÉRISTIQUES	SPÉCIFICATION
Variables	Surfaces des dents inférieures (80 au total)
Nombre de catégories	4 catégories par variable (320 au total)
Nombre de dimensions demandées	4
Nombre maximal de dimensions	240
Inertie totale à expliquer	3
Inertie moyenne par dimension	0,013

3.2 RÉSULTATS DU PREMIER SOUS-ÉCHANTILLON ET DISCUSSION

Les résultats de l'analyse faite sur les surfaces des dents inférieures sont présentés au tableau 15.

Tableau 15 : Valeurs propres résultant de l'analyse sur les surfaces des dents inférieures (premier sous-échantillon)

DIMENSION	VALEUR PROPRE	POURCENTAGE D'INERTIE TOTALE
Dimension 1	0,4332	14,4
Dimension 2	0,1707	5,7
Dimension 3	0,1325	4,4
Dimension 4	0,1198	4,0
4 dimensions	0,8562	28,5

Une fois de plus, le pourcentage d'inertie totale expliqué par ces quatre dimensions est plus élevé que pour l'analyse des surfaces de toutes les dents (28,5 % vs 24,5 %). Les quatre dimensions ont des valeurs propres supérieures au critère de 0,013 (voir tableau 14). On peut noter que l'analyse, même si elle présente toujours des signes « d'effritement » des dimensions, montre une tendance à expliquer plus d'inertie totale.

4. VALIDATION CROISÉE

4.1 ANALYSE D'HOMOGENÉITÉ SUR TOUTES LES SURFACES

Nous avons refait l'AH sur toutes les surfaces dentaires à partir des données du deuxième sous-échantillon. En ce qui a trait aux critères de l'analyse, se référer au tableau 9.

Les résultats sont à strictement parler identiques. Le tableau 16 présente les valeurs propres (ainsi que le pourcentage d'information par dimension) issues des données du deuxième échantillon. Notons que ces résultats sont semblables à ceux du tableau 10.

Tableau 16 : Valeurs propres résultant de l'analyse sur toutes les surfaces dentaires (deuxième sous-échantillon)

DIMENSION	VALEUR PROPRE	POURCENTAGE D'INERTIE TOTALE
Dimension 1	0,4365	14,5
Dimension 2	0,1190	4,0
Dimension 3	0,1126	3,8
Dimension 4	0,0866	2,9
4 dimensions	0,7547	25,2

4.2 ANALYSE D'HOMOGENÉITÉ SUR LES SURFACES DES DENTS SUPÉRIEURES

Nous avons refait l'AH sur les surfaces des dents supérieures à partir des données du deuxième sous-échantillon. En ce qui a trait aux critères de l'analyse, se référer au tableau 12.

Encore une fois, les résultats issus des données du deuxième échantillon sont très semblables à ceux du premier échantillon. Le tableau 17 illustre les résultats pour cette analyse. Notons que ces résultats sont semblables à ceux du tableau 13.

Tableau 17 : Valeurs propres résultant de l'analyse sur toutes les surfaces des dents supérieures (deuxième sous-échantillon)

DIMENSION	VALEUR PROPRE	POURCENTAGE D'INERTIE TOTALE
Dimension 1	0,5802	19,3
Dimension 2	0,1983	6,6
Dimension 3	0,1359	4,5
Dimension 4	0,1163	3,9
4 dimensions	1,0306	34,3

4.3 ANALYSE D'HOMOGENÉITÉ SUR LES SURFACES DES DENTS INFÉRIEURES

Nous avons refait l'AH sur les surfaces des dents inférieures à partir des données du deuxième sous-échantillon. En ce qui a trait aux critères de l'analyse, se référer au tableau 14.

Les résultats issus des données du deuxième échantillon sont très semblables à ceux du premier échantillon. Le tableau 18 illustre les résultats pour cette analyse. Notons que ces résultats sont semblables à ceux du tableau 15.

4.4 DISCUSSION DE LA VALIDATION CROISÉE

Le sommaire de ces analyses faites sur le deuxième sous-échantillon indique que les résultats semblent être stables d'un échantillon à l'autre. Il n'existe pas de test statistique portant sur l'ensemble des valeurs propres, cependant l'examen des

profils des valeurs propres pour les deux échantillons montre que leurs valeurs numériques sont très proches les unes des autres.

Tableau 18 : Valeurs propres résultant de l'analyse sur toutes les surfaces des dents inférieures (deuxième sous-échantillon)

DIMENSION	VALEUR PROPRE	POURCENTAGE D'INERTIE TOTALE
Dimension 1	0,4392	14,6
Dimension 2	0,1754	5,8
Dimension 3	0,1240	4,1
Dimension 4	0,1152	3,8
4 dimensions	0,8539	28,4

5. DISCUSSION GÉNÉRALE DES

ANALYSES D'HOMOGENÉITÉ

Le fait d'avoir analysé conjointement un grand nombre de variables ne permet pas d'identifier des regroupements porteurs d'explications. Ce phénomène est commun à toutes les méthodes d'analyse multidimensionnelle. C'est pourquoi l'AH produit plusieurs centaines de dimensions, chacune expliquant si peu d'inertie qu'il devient impossible d'identifier des dimensions dominantes.

Dans les trois AH faites jusqu'à présent (dans l'un ou l'autre des sous-échantillons), il semble toujours y avoir un « effritement » des dimensions, c'est-à-dire que la première dimension explique le plus d'inertie alors que les suivantes n'ont qu'un faible pouvoir explicatif. Cependant, l'inertie expliquée par quatre dimensions augmente à mesure qu'on diminue le nombre de variables analysées. Ces observations nous portent à croire que si l'ensemble des variables analysées était moins grand et plus homogène, l'AH donnerait des résultats plus faciles à interpréter. Nous aborderons donc, au chapitre 4, le regroupement des surfaces en sous-groupes plus homogènes.

Chapitre quatre

Regroupement des variables

1. INTRODUCTION

Les prochaines analyses portent sur le regroupement de la dentition en sous-groupes de dents ou de surfaces homogènes. Certains écrits concernant la modification du CAO ont utilisé des regroupements de dents comme pondération. Cependant, il existe une ambivalence quant à ces regroupements. Certains auteurs regroupent les dents (ou les surfaces) selon leur fonction³, d'autres selon leur ressemblance anatomique²⁶⁻²⁸, leur résistance à la carie²⁹ ou la probabilité de voir s'accumuler la plaque à différents endroits dans la bouche³⁰.

Même si le nombre de dimensions demandé dans les AH précédentes était limité à quatre (suivant le modèle *health field concept* décrit dans l'introduction), on peut noter des regroupements de dents. Le tableau 19 présente de façon qualitative le profil des mesures de discrimination issus de l'analyse sur les 166 surfaces dentaires. Ces mesures sont présentées à l'annexe 2.

Puisque les AH ne montrent pas de différences entre les côtés droit et gauche (c'est-à-dire le profil des mesures de discrimination d'une dent droite est le même

que celui de sa correspondante gauche), nous ne ferons plus de distinction entre les deux. Ce résultat est en accord avec plusieurs écrits démontrant la symétrie droite/gauche (bilatéralité) des maladies buccales^{26;30-32}.

Tableau 19 : Description qualitative des mesures de discrimination issues de l'AH (voir annexe 2)

DENT	D 1	D2	D3	D4
8 haut	-	-	+	++
8 bas	-	-	+	++
7 haut	+	-	-	-
7 bas	+	-	-	-
6 haut	-	-	+	-
6 bas	-	-	+	+
5 haut	+	++	-	-
5 bas	+	+	-	-
4 haut	+	++	-	-
4 bas	+	+	+	-
3-2-1 haut	++	-	-	-
3-2-1 bas	+	-	++	-

D = dimension, 8 = troisième molaire, 7 = deuxième molaire, 6 = première molaire, 5 = deuxième prémolaire, 4 = première prémolaire, 3 = canine, 2 = latérale, 1 = centrale.

Nous avons tenté de produire dans ce chapitre, et ce par différentes approches, des regroupements de dents semblables à ceux issus des résultats de l'AH. Il est important de noter que nous avons utilisé différentes métriques afin de vérifier si

les regroupements obtenus variaient selon le niveau de mesure ou s'ils étaient relativement stables peu importe la mesure.

2. ANALYSE FACTORIELLE EXPLORATOIRE,

PREMIÈRE APPROCHE

2.1 MÉTHODOLOGIE

Les variables que nous avons tirées de la banque de données sont les 32 variables de base du CAOD. Chaque variable de l'ensemble de données était codée (voir chapitre 2) : (1) absente, (2) cariée, (3) obturée et (4) saine. Nous les avons recodées de la façon suivante : (1) saine, (2) cariée, (3) obturée et (4) absente.

En faisant une AF sur ce type de variables, nous imposons un ordre. Dans la documentation médicale, cet ordre n'est pas accepté comme faisant partie d'un continuum. Par exemple, une dent absente n'a pas nécessairement été cariée et obturée avant son extraction. Même si cette codification ne fait pas l'objet d'une entente, on peut l'utiliser pour avoir une idée des regroupements qu'elle occasionne dans une AF.

Avant la solution finale, le logiciel donne au chercheur trois indications de la justification de l'AF : le déterminant de la matrice de corrélations analysée ($|R|$), le KMO et le test de sphéricité de Bartlett.

Lorsque le déterminant de la matrice de corrélation $|R| = 0$, il existe une dépendance linéaire entre les variables : au moins une des variables peut être obtenue par la transformation d'une autre variable. Lorsque $|R| = 1$, la matrice analysée est une matrice identité : il n'existe pas de corrélation entre les variables. Lorsque le déterminant est exactement égal à 0, la solution montre des signes de dégénérescence dans la solution de l'analyse.

L'indice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) *measure of sampling adequacy* varie entre 0 et 1. Lorsque le KMO est petit, il n'est pas indiqué de faire une analyse factorielle.

Le test de sphéricité de Bartlett porte sur les corrélations observées. Lorsque le test est significatif, cela indique que les corrélations observées ne sont pas nulles. Cependant, comme ce test est très sensible à de grands échantillons, ce qui est le cas dans cette étude-ci (1077 sujets), il est plutôt considéré comme une indication que l'AF est pertinente.

Les statistiques initiales dans l'AF sont toujours les résultats de l'analyse en composante principale. Celle-ci permet de déterminer le nombre de dimensions à extraire pour représenter les données. Étant donné le caractère exploratoire de cette étude, nous avons choisi de nous prévaloir des options par défaut du logiciel

SPSS pour déterminer le nombre de facteurs à extraire. Nous avons opté pour la méthode d'extraction des axes principaux (PAF : *principal axis factor*) et une rotation orthogonale. Le tableau 20 indique les spécifications de cette AF.

Tableau 20 : Caractéristiques techniques de l'AF, première approche

CRITÈRE	SÉLECTION
Nombre de variables	32
Nombre de facteurs	5
Méthode d'extraction	PAF
Rotation	VARIMAX

2.2 RÉSULTATS DU PREMIER SOUS-ÉCHANTILLON

Le déterminant de la matrice de corrélation ($|R|$) est égal à 0,0000000. L'indice KMO est égal à 0,95599. Le test de sphéricité de Bartlett est significatif.

Les indications précédentes nous autorisent à procéder à l'AF à partir de ces variables. Même si le déterminant de la matrice est petit, il est probablement différent de 0 puisque l'algorithme converge et qu'il n'y a pas de signe de dégénérescence de la solution.

L'analyse en composante principale (ACP) nous indique qu'il y a six facteurs possibles, c'est-à-dire six composantes avec des valeurs propres (*eigenvalues*)

supérieures à 1. Ces six composantes expliquent 65,1 % de la variance totale.

Les communautés initiales sont acceptables (supérieures à 0,30) pour toutes les variables (varient entre 0,52227 et 0,79471).

Lorsqu'on extrait six facteurs avec la méthode PAF, 56,9 % de la variance commune est expliquée par le modèle. Les communautés finales de chacune des variables sont aussi acceptables (varient entre 0,39180 et 0,76695). Le tableau 21 présente les variances expliquées par l'ACP et l'AF. Le tableau 22 illustre la matrice des saturations (supérieures à 0.35 en valeur absolue) pour l'AF après rotation orthogonale. Certaines dents, comme les canines supérieures (13 et 23) et des prémolaires (15, 34 et 44),aturent plus d'un facteur.

Tableau 21 : Tableau comparatif des variances expliquées par l'ACP et l'AF, solution orthogonale

Facteur	ACP			AF		
	Eigenvalue	% variance	Cumulatif	Eigenvalue	% variance	Cumulatif
1	12,00	37,5	37,5	11,60	36,3	36,3
2	2,82	8,8	46,3	2,45	7,7	43,9
3	2,05	6,4	52,7	1,52	4,7	48,7
4	1,68	5,3	58,0	1,30	4,1	52,7
5	1,23	3,9	61,8	0,77	2,4	55,2
6	1,03	3,2	65,1	0,56	1,8	56,9

Tableau 22 : Matrice des saturations pour chacune des dents de l'AF, solution orthogonale

DENT	FACTEUR 1	FACTEUR 2	FACTEUR 3	FACTEUR 4	FACTEUR 5	FACTEUR 6
42	0,82431					
32	0,82241					
31	0,81352					
41	0,79509					
33	0,71847					
43	0,70560					
16		0,66243				
46		0,64705				
36		0,64021				
26		0,62101				
37		0,55741				
27		0,54096				
47		0,52462				
17		0,51510				
21			0,77153			
11			0,76817			
22			0,73810			
12			0,72334			
23			0,55231	0,39319		
13			0,52979	0,39327		
24				0,59400		
14				0,58668		
25				0,57944		
15		0,35511		0,54960		
38					0,66008	
48					0,65409	
28					0,62933	
18					0,57221	
44	0,42202					0,39998
34	0,42912					0,44995
35						0,50264
45						0,47587

2.3 DISCUSSION DES RÉSULTATS DU PREMIER SOUS-ÉCHANTILLON

La variance expliquée par les six premières composantes de l'ACP (solution initiale) est d'environ 65 %. La proportion de variance commune expliquée par les six premiers facteurs de l'AF est de près de 57 %. Puisque la différence entre

ces deux proportions est petite, nous avons une autre indication que l'AF est appropriée. Une grande partie de la variance totale est faite de variance commune.

On peut voir ressortir des regroupements de dents qui ressemblent à ceux issus de l'AH. Par exemple, les troisièmes molaires ont des caractéristiques différentes des autres dents de la bouche. Elles font leur éruption tard dans le développement de l'individu et elles sont souvent extraites pour des raisons différentes des autres dents (prévention, manque d'espace, malposition, hygiène impossible, etc.). Les dents antérieures (supérieures ou inférieures) sont souvent décrites ensemble dans les écrits scientifiques comme formant des blocs inséparables. Ici, l'analyse nous indique que les canines supérieures (13 et 23) pourraient « ressembler » aux prémolaires supérieures (en plus des latérales et centrales) puisqu'en plus des saturations fortes (0,55231 et 0,52979) pour le facteur 3, facteur défini par les antérieures supérieures, elles affichent des saturations de près de 0,4 pour le facteur 4, défini par les prémolaires supérieures.

3. ANALYSE FACTORIELLE EXPLORATOIRE, DEUXIÈME APPROCHE

3.1 MÉTHODOLOGIE

Afin de voir si une solution permettant une certaine dépendance entre les dimensions est plus facile à interpréter, nous avons procédé à la même analyse avec les données du premier sous-échantillon mais avec une rotation oblique. Le tableau 23 indique les spécifications de cette AF.

Tableau 23 : Caractéristiques techniques de l'AF, deuxième approche

CRITÈRE	SÉLECTION
Nombre de variables	32
Nombre de facteurs	5
Méthode d'extraction	PAF
Rotation	OBLIMIN

3.2 RÉSULTATS DU PREMIER SOUS-ÉCHANTILLON

Étant donné que l'analyse est strictement la même que la précédente mis à part le type de rotation, nous vous référons à la section des résultats de l'AF précédente pour les indices justifiant l'AF (déterminant de la matrice, KMO et test de Bartlett).

Le tableau 24 illustre la matrice des saturations de l'AF après rotation oblique. La solution oblique comporte moins de variables saturant plus d'un facteur.

Tableau 24 : Matrice des saturations pour chacune des dents de l'AF, solution oblique

DENT	FACTEUR 1	FACTEUR 2	FACTEUR 3	FACTEUR 4	FACTEUR 5	FACTEUR 6
24	0,67645					
14	0,66743					
25	0,66677					
15	0,62678					
31		-0,88283				
32		-0,87358				
42		-0,87315				
41		-0,86432				
33		-0,73206				
43		-0,72286				
44		-0,34248			-0,30888	
38			0,68615			
48			0,68128			
28			0,64858			
18			0,58270			
21				-0,85644		
11				-0,85327		
22				-0,79875		
12				-0,78196		
23				-0,49682		
13				-0,46612		
35					-0,41620	
45					-0,39014	
34		-0,33599			-0,35822	
46						0,72575
36						0,68944
16						0,59611
26						0,55522
37						0,54857
47						0,54398
27						0,43706
17						0,38962

La tendance des canines à saturer deux facteurs disparaît. Cependant, on peut remarquer que la dent 44 (première prémolaire inférieure droite) ne montre pas de

saturation supérieure à 0,35 (en valeur absolue). Les deux saturations les plus importantes pour cette variables sont -0,34248 pour le facteur 2 et -0,30888 pour le facteur 5. Les autres prémolaires inférieures (34, 35 et 45) saturent le facteur 5. La dent 34 (première prémolaire inférieure gauche) a aussi une saturation de -0,33599 pour le facteur 2.

La matrice de corrélations entre les facteurs à la suite de la rotation oblique (tableau 25) nous indique que les facteurs sont parfois fortement intercorrélés.

Tableau 25 : Matrice des corrélations entre les facteurs de l'AF après une rotation oblique (seconde approche)

	FACTEUR 1	FACTEUR 2	FACTEUR 3	FACTEUR 4	FACTEUR 5	FACTEUR 6
Facteur 1	1,00000					
Facteur 2	-0,43502	1,00000				
Facteur 3	0,35899	-0,31422	1,00000			
Facteur 4	-0,59478	0,50704	-0,29504	1,00000		
Facteur 5	-0,17239	0,26425	-0,17773	0,18289	1,00000	
Facteur 6	0,58167	-0,36414	0,21994	-0,49096	-0,13738	1,00000

3.3 DISCUSSION DES RÉSULTATS DU PREMIER SOUS-ÉCHANTILLON

La solution oblique est plus contrastée (c'est-à-dire qu'il y a moins de variables qui saturent plus d'un facteur) mais les groupes formés ne sont pas plus faciles à interpréter. Les dents qui saturaient plus d'un facteur dans la solution orthogonale ont maintenant des saturations faibles pour des facteurs qui montrent un niveau

d'association parfois important. Il faut donc prendre en considération les corrélations entre les facteurs lors de l'interprétation.

Les regroupements de la solution oblique sont à peu près semblables à ceux de la solution orthogonale. Les prémolaires montrent toujours une tendance à saturer plus d'un facteur.

4. VALIDATION CROISÉE

4.1 ANALYSE FACTORIELLE EXPLORATOIRE, PREMIÈRE APPROCHE

Nous avons repris les AF avec les données du second sous-échantillon. Les caractéristiques techniques de cette analyse sont décrites au tableau 20.

Le déterminant de la matrice de corrélation ($|R|$) est égal à 0,0000000. Le Kaiser-Meyer-Olkin *measure of sampling adequacy* (KMO) est égal à 0,94597. Le test de sphéricité de Bartlett est significatif. Ces résultats ne donnent pas ici non plus de contre-indications à procéder à l'analyse factorielle à partir de ces variables.

L'ACP nous indique qu'il y a six facteurs possibles, c'est-à-dire six composantes avec des valeurs propres (*eigenvalues*) supérieures à 1. Ces six composantes expliquent 66,4 % de la variance totale. Les communautés initiales sont

acceptables (supérieures à 0,30) pour toutes les variables (varient entre 0,52664 et 0,81439).

Lorsqu'on extrait six facteurs avec l'approche PAF, 58,3 % de la variance commune est expliquée par le modèle. Les communautés finales de chacune des variables sont acceptables (varient entre 0,38139 et 0,82935). Le tableau 26 compare les variances expliquées par l'ACP et l'AF. Notons que ces résultats sont semblables à ceux du tableau 21.

Tableau 26 : Tableau comparatif des variances expliquées par l'ACP et l'AF, résultats de la validation croisée

Facteur	ACP			AF		
	Eigenvalue	% variance	Cumulatif	Eigenvalue	% variance	Cumulatif
1	12,48	39,0	39,0	12,09	37,8	37,8
2	2,92	9,2	48,2	2,63	8,2	46,0
3	1,94	6,0	54,2	1,37	4,3	50,3
4	1,60	5,0	59,2	1,19	3,7	54,0
5	1,29	4,0	63,2	0,83	2,6	56,6
6	1,01	3,2	66,4	0,54	1,7	58,3

Afin d'alléger la présentation des résultats, la matrice des saturations pour les 32 variables après une rotation orthogonale est présentée à l'annexe 3, tableau A3.1. À strictement parler, les regroupements de dents sont identiques et les dents qui, dans l'analyse des données du premier sous-échantillon, avaient tendance à saturer plus d'un facteur (canines supérieures et prémolaires) gardent la même tendance.

4.2 ANALYSE FACTORIELLE EXPLORATOIRE, DEUXIÈME APPROCHE

Le tableau 23 indique les spécifications de la seconde AF faite pour effectuer la validation croisée. Afin d'alléger la présentation des résultats, la matrice des saturations de l'AF pour les 32 variables après une rotation oblique, ainsi que la matrice des corrélations entre les facteurs sont données à l'annexe 3, tableaux A3.2 et A3.3 respectivement. À strictement parler, les regroupements de dents sont identiques à ceux de la même analyse avec le premier sous-échantillon.

Cependant, dans l'analyse des données du premier sous-échantillon, après rotation oblique, les prémolaires inférieures, et la 44 en particulier, avaient des saturations peu importantes. Dans cette analyse avec rotation oblique, les prémolaires inférieures (34, 35, 44 et 45) semblent saturer de façon adéquate un seul facteur (le facteur 6).

4.3 DISCUSSION DE LA VALIDATION CROISÉE

Le pourcentage de variance commune expliquée par les six premiers facteurs de l'AF est de 58,3 %. Dans l'analyse des données du premier sous-échantillon, le pourcentage de variance commune expliquée par les six facteurs était de 56,9 %. Ces deux valeurs sont près l'une de l'autre et portent à croire que les analyses factorielles donnent des résultats stables d'un échantillon à l'autre. Les regroupements issus des données du premier sous-échantillon sont identiques à

ceux obtenus par l'analyse des données du deuxième sous-échantillon et viennent appuyer la stabilité des résultats.

5. DISCUSSION GÉNÉRALE DES ANALYSES FACTORIELLES

D'une manière générale, à la suite des AF effectuées sur les deux sous-échantillons (avec rotation orthogonale ou oblique), on voit ressortir des regroupements de dents stables. Le tableau 27 compare les regroupements retrouvés dans l'AF à ceux issus de l'AH (voir tableau 19).

Les regroupements issus de ces deux types d'analyses multidimensionnelles donnent des résultats équivalents. La prochaine série d'analyses vise, par une autre approche multidimensionnelle, à isoler les mêmes regroupements.

Tableau 27 : Tableau comparatif des regroupements issus de l'AF et de l'AH

REGROUPEMENT DANS AF	COMPARAISON AVEC AH (VOIR TABLEAU 19)
Troisièmes molaires supérieures et inférieures	On retrouve le même regroupement dans l'analyse des profils des MD.
Premières et deuxièmes molaires supérieures et inférieures	Les premières molaires supérieures et inférieures ont un profil de MD identique et les deuxièmes molaires supérieures et inférieures ont aussi un profil identique. Cependant, les deux profils sont légèrement différents l'un de l'autre.
Six antérieures inférieures	Les six antérieures inférieures présentaient un profil de MD identique.
Premières et deuxièmes prémolaires inférieures	Les profils des MD des premières et deuxièmes prémolaires inférieures sont semblables mais non identiques.
Six antérieures supérieures	Les six antérieures supérieures présentent un profil de MD identique.
Premières et deuxièmes prémolaires supérieures	Ce regroupement est aussi présent dans les profils de MD.

6. ANALYSES SCALAIRES MULTIDIMENSIONNELLES

6.1 MÉTHODOLOGIE

Puisqu'il semble exister des regroupements de dents à peu près constants issus des AF précédentes et que ces regroupements suivent d'une certaine façon les profils de mesures de discrimination de l'AH, nous avons entrepris de dégager la métrique des variables originales de l'imposition de l'ordre conféré par chacune des variables nominales (état de chacune des dents), ordre strictement contestable. Pour ce faire, nous avons créé quatre séries de nouvelles variables dichotomiques pour chacune des dents. Par exemple, pour la dent 18 (troisième molaire supérieure droite), quatre nouvelles variables ont été créées :

1. C_18 : prend la valeur 1 si la dent présente au moins une surface cariée, 0 si aucune surface n'est cariée.
2. A_18 : prend la valeur 1 si la dent présente au moins une surface absente, 0 si aucune surface n'est absente.
3. O_18 : prend la valeur 1 si la dent présente au moins une surface obturée, 0 si aucune surface n'est obturée.
4. S_18 : prend la valeur 1 si la dent présente au moins une surface saine, 0 si aucune surface n'est saine.

C'est à partir de ces nouvelles variables dichotomiques que nous avons fait les analyses suivantes pour regrouper les variables. Nous avons choisi d'utiliser une

approche d'analyse scalaire multidimensionnelle (ASM) puisqu'elle permet l'entrée de données brutes dichotomiques. On peut de plus choisir la mesure de distance (ou de proximité) la plus appropriée au type de données. L'analyse scalaire multidimensionnelle représente alors graphiquement le lien entre les variables analysées.

Comme le nombre de variables est grand, quatre analyses ont été planifiées selon les quatre séries de nouvelles variables (une analyse avec les 32 variables C_XX, une analyse avec les 32 variables A_XX, une analyse avec les 32 variables O_XX et une analyse avec les 32 variables S_XX). Le premier objectif est de voir si les regroupements qui se dégagent sont semblables dans les quatre analyses. Le second objectif est de comparer ces regroupements à ceux issus de l'AF et de l'AH.

Les quatre premières analyses sont en tout point identiques sauf pour les variables analysées. Le tableau 28 décrit les caractéristiques techniques de chacune des analyses. Nous avons utilisé les paramètres par défaut du logiciel pour le nombre maximum d'itérations (30) ainsi que pour les critères de convergence (0,001). Le critère de convergence correspond à l'amélioration du SSTRESS (voir chapitre 2, section 5.4) d'une itération à l'autre. La conditionnalité d'une matrice fait référence à l'échelle de mesure des distances. La plupart des matrices de distances, et c'est ici notre cas, ont une conditionnalité dite matricielle, c'est-à-dire que les chiffres à l'intérieur de la matrice ont tous la même échelle de mesure (ici

basée sur des fréquences, voir chapitre 2, section 5.4). Les analyses ont été faites pour extraire deux dimensions puisque le but est d'identifier graphiquement des regroupements de dents « semblables ». Les représentations graphiques en plus de deux dimensions sont difficiles à interpréter.

Tableau 28 : Caractéristiques techniques des ASM

CRITÈRE	SÉLECTION
Échelle des variables mesurées	Dichotomiques
Nature des proximités (distances) calculées	Distances euclidiennes carrées
Dimensions	2
Conditionnalité	Matricielle
Stress minimum	0,005

La matrice analysée (comme il en a été discuté au chapitre 2) consiste en une matrice dans laquelle apparaissent 496 mesures de distances entre les 32 variables prises deux à deux (matrice triangulaire avec des 0 sur la diagonale). Chaque entrée de la matrice correspond au nombre de paires discordantes entre deux variables.

Le logiciel calcule automatiquement deux mesures d'ajustement du modèle : le coefficient de détermination (R^2) indique la quantité de variation totale expliquée par le modèle alors que le stress (total) indique à quel point les données observées

s'éloignent des résultats dégagés par le modèle. On vise donc à obtenir un R^2 élevé et un stress faible.

6.2 RÉSULTATS DU PREMIER SOUS-ÉCHANTILLON ET DISCUSSION

Les résultats de ces quatre premières analyses scalaires multidimensionnelles (ASM) démontrent qu'un premier regroupement, les quatre dents de sagesse, se démarque de manière uniforme, peu importe la série de variables analysées. Ce regroupement est aussi présent dans les résultats de l'AF.

Afin d'alléger la présentation des résultats, nous ne présenterons qu'un graphique par analyse. La figure 2 illustre un exemple de la position des variables. Nous avons choisi ce graphique (résultats des analyses sur les 32 variables « au moins une surface saine ») en raison de sa représentativité. Chaque point du graphique représente une dent. On peut voir que les troisièmes molaires se regroupent clairement. On peut aussi voir que les premières molaires ont tendance à s'éloigner des autres dents.

Trois analyses sur quatre démontrent une symétrie droite/gauche importante. L'analyse de la série de variables « au moins une surface cariée » ne montre pas cette symétrie. De plus, le modèle montre des signes d'un mauvais ajustement. Le tableau 29 illustre les deux mesures d'ajustement issues de cette analyse. On peut voir que l'analyse de la série de variables « au moins une surface cariée »

démontre un coefficient de détermination plus faible et un stress élevé alors que les trois autres analyses démontrent un meilleur ajustement.

Figure 2 : Graphique de la position des variables pour l'ASM sur toutes les dents ; série de variables « au moins une surface saine »

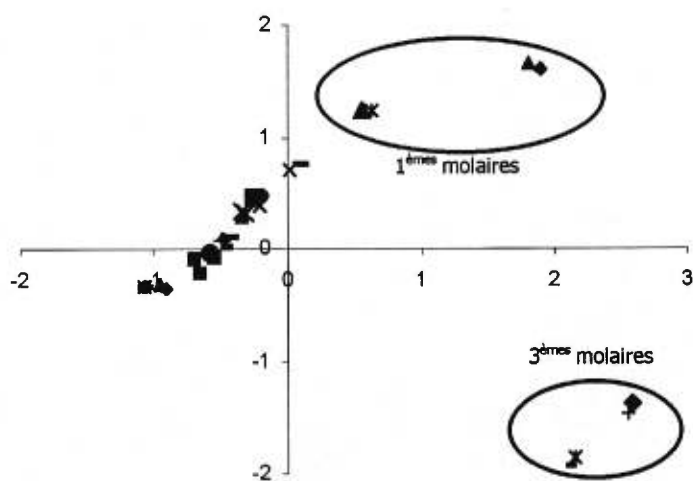


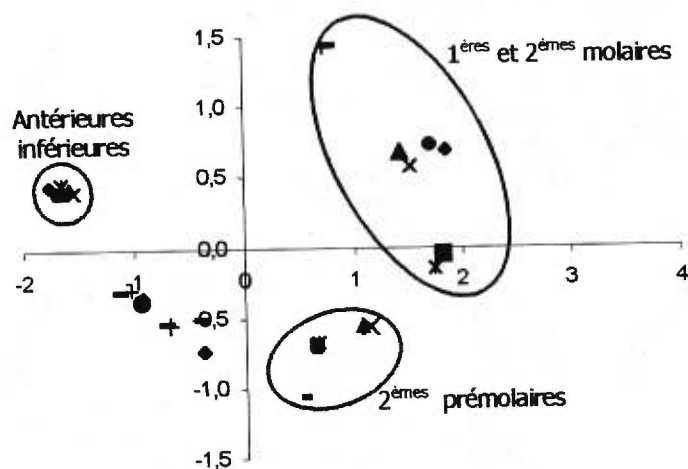
Tableau 29 : Tableau des mesures d'ajustement des quatre ASM faites sur les 32 dents

SÉRIE DE VARIABLES ANALYSÉES	R ²	STRESS
Au moins une surface cariée	0,87029	0,22426
Au moins une surface absente	0,97697	0,09749
Au moins une surface obturée	0,92206	0,13743
Au moins une surface saine	0,97508	0,10117

Dans le but de maximiser les distances entre les variables restantes et ainsi dégager d'autres regroupements de dents, de nouvelles analyses ont été faites, cette fois sur 28 dents (toutes les dents sauf les troisièmes molaires). Les nouvelles analyses suivent les mêmes spécifications que celles décrites au tableau 28.

La figure 3 illustre les résultats de l'analyse sur la série de variables « au moins une surface obturée ». Ce graphique est représentatif des résultats de trois de ces quatre analyses et démontre un regroupement des premières et deuxièmes molaires supérieures et inférieures. Nous ne discuterons pas des représentations graphiques issues de l'analyse de la série de variables « au moins une surface cariée » puisqu'elle donne des signes de mauvais ajustement (tableau 30).

Figure 3 : Graphique de la position des variables pour l'ASM sur 28 dents ; série de variables « au moins une surface obturée »



L'AF montre aussi un regroupement de ces huit dents (premières et deuxièmes molaires). Les prémolaires semblent toujours occuper une position intermédiaire entre les molaires et les dents antérieures. Elles se rapprochent fortement des deuxièmes molaires supérieures (17 et 27) et forment une transition avec les

autres dents de l'ensemble. Comme dans l'AF, on peut voir la tendance des prémolaires à « saturer » plus d'un facteur.

Ici encore, la symétrie droite/gauche est importante et se retrouve dans trois des quatre analyses (l'analyse des variables « au moins une surface cariée » ne montre pas cette symétrie). Une autre observation intéressante : le bloc constitué des antérieures inférieures (de 33 à 43) semble indissociable. Il arrive même que ces six dents aient les mêmes coordonnées (dans l'analyse des variables « au moins une surface saine »). Le tableau 30 illustre les mesures d'ajustement de ces deuxièmes analyses. Les mesures d'ajustement sont adéquates pour trois analyses. Encore une fois, l'analyse faite sur la série de variables « au moins une surface cariée » donne des signes de mauvais ajustement.

Tableau 30 : Tableau des mesures d'ajustement des quatre ASM faites sur les 28 dents

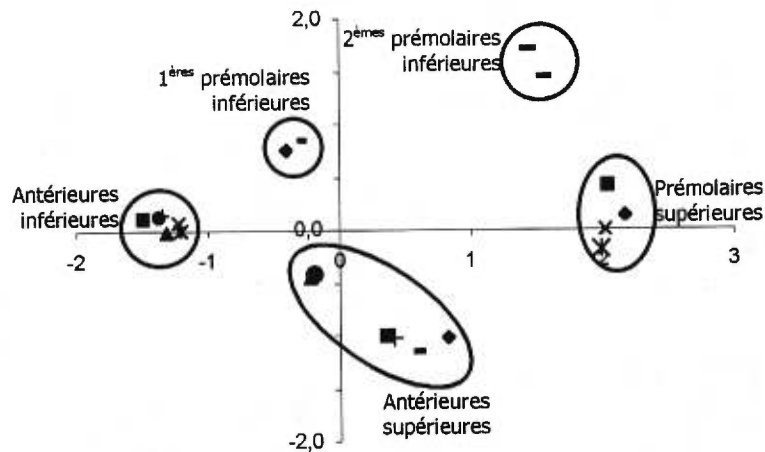
SÉRIE DE VARIABLES ANALYSÉES	R ²	STRESS
Au moins une surface cariée	0,87878	0,20631
Au moins une surface absente	0,98291	0,07960
Au moins une surface obturée	0,92631	0,13257
Au moins une surface saine	0,98320	0,07931

Une troisième série d'analyses a donc été faite, cette fois avec toutes les dents sauf les molaires selon les mêmes critères que les deux premières ASM (tableau 28).

Ici encore, le but était de maximiser les distances entre les variables restantes afin de dégager d'autres regroupements de dents.

La figure 4 est représentative des résultats de trois ASM sur quatre. L'analyse de la série de variables « au moins une surface cariée », en plus de donner des signes de mauvais ajustement (tableau 31), présente des graphiques différents des trois autres ASM. La figure 4 montre que les deuxièmes prémolaires inférieures (35 et 45) forment un groupe et ne se rapprochent pas des autres regroupements de dents. De plus, les antérieures inférieures (33, 32, 31, 41, 42 et 43) forment toujours un groupe indissociable. Les premières prémolaires inférieures (34 et 44) occupent une position médiane entre les antérieures et les deuxièmes prémolaires. Cette tendance se retrouvait aussi dans l'AF et l'AH. Comme les premières prémolaires inférieures semblent vouloir se placer relativement proche du groupe des antérieures inférieures, il semble naturel de les inclure dans ce regroupement. Cependant, on serait aussi justifié de les mettre à part ou de les inclure dans le groupe des secondes prémolaires inférieures.

Figure 4 : Graphique de la position des variables pour l'ASM sur 20 dents ; série de variables « au moins une surface obturée »



La symétrie droite/gauche est toujours présente et se retrouve dans les trois analyses. Le tableau 31 illustre deux mesures d'ajustement de ces troisièmes analyses. Encore une fois, notons le mauvais ajustement du modèle obtenu à l'aide de la série de variables « au moins une surface cariée ».

Tableau 31 : Tableau des mesures d'ajustement des quatre ASM faites sur les 20 dents

SÉRIE DE VARIABLES ANALYSÉES	R ²	STRESS
Au moins une surface cariée	0,85246	0,20155
Au moins une surface absente	0,95923	0,10457
Au moins une surface obturée	0,97726	0,07282
Au moins une surface saine	0,96078	0,07550

7. VALIDATION CROISÉE

Nous avons utilisé la même approche méthodologique pour faire les ASM sur les données du second sous-échantillon. Les critères des analyses sont indiqués au tableau 28.

Les résultats des mesures d'ajustement des première, deuxième et troisième analyses sont indiqués au tableau 32.

Tableau 32 : Résultats des ASM avec les données du second sous-échantillon

DENTS ANALYSÉES	SÉRIE DE VARIABLES	R ²	STRESS
Premières analyses: Toutes les dents	Au moins une surface cariée	0,80483	0,23156
	Au moins une surface absente	0,97072	0,10751
	Au moins une surface obturée	0,92327	0,13707
	Au moins une surface saine	0,97018	0,10824
Deuxièmes analyses : Toutes les dents sauf 3 ^{èmes} molaires	Au moins une surface cariée	0,86949	0,19558
	Au moins une surface absente	0,97397	0,09181
	Au moins une surface obturée	0,92818	0,13094
	Au moins une surface saine	0,97008	0,10002
Troisièmes analyses : Toutes les dents sauf molaires	Au moins une surface cariée	0,90564	0,17553
	Au moins une surface absente	0,97230	0,08449
	Au moins une surface obturée	0,97210	0,07942
	Au moins une surface saine	0,97612	0,07818

Les regroupements issus de ces trois ASM sont à peu de chose près les mêmes que ceux retrouvés dans le premier sous-échantillon. Seule l'analyse des variables

« au moins une surface cariée » donne un graphique de représentation des variables différent.

À la lumière de ces résultats, nous pouvons voir que les ASM effectuées ici donnent des résultats en général assez stables. L'analyse des variables « au moins une surface cariée » montre des signes de mauvais ajustement dans les deux sous-échantillons. De plus, la représentation graphique des variables n'affiche pas de bilatéralité et n'est pas constante selon l'échantillon analysé.

On peut penser que le nombre de dents cariées est trop faible pour donner des résultats stables. Une autre explication pourrait être que l'atteinte carieuse (ou l'absence de traitement des nouvelles caries) de ce groupe d'âge (adultes entre 35 et 44 ans) est aléatoire.

8. DISCUSSION GÉNÉRALE SUR LES REGROUPEMENTS

À la lumière des analyses qui précèdent, nous pouvons faire des regroupements de dents assez stables qui nous serviront dans les analyses d'homogénéité qui suivent.

Tout d'abord, les troisièmes molaires sont toujours regroupées et distinctes des autres dents de la bouche. Dans les trois approches multidimensionnelles que nous avons utilisées, ces quatre dents étaient isolées. Il est fréquent d'ailleurs de

voir des études épidémiologiques faites seulement sur les 28 dents antérieures aux troisièmes molaires.

Les premières et deuxièmes molaires sont aussi regroupées dans l'ASM et l'AF. Dans l'AH faite sur toutes les surfaces dentaires, le profil des mesures de discrimination des premières molaires est différent de celui des deuxièmes molaires (tableau 19). On pourrait ou non les mettre dans un même groupe.

Les premières et deuxièmes prémolaires supérieures apparaissent dans un même groupe dans les trois approches multidimensionnelles exploitées. Il en est de même pour les six antérieures supérieures et les six antérieures inférieures. Les regroupements les plus discutables issus de ces trois approches concernent les prémolaires inférieures. Parfois elles se comportent de façon semblable (AF), parfois elles présentent des caractères différents (AH et ASM).

Adler et Szabo²⁹ ont établi des regroupements qui ressemblent aux regroupements issus des analyses multidimensionnelles et sont basés sur la demi-vie d'une dent, une approche très différente de celles utilisées ici. La demi-vie d'une dent correspond au temps moyen (en années) pour que la moitié de la population ait cette dent atteinte (cariée ou obturée).

Selon leur classification, la deuxième prémolaire inférieure fait partie d'un regroupement qu'ils appellent « susceptible à la carie » parce que sa demi-vie est courte alors que la première prémolaire inférieure fait partie d'un groupe qu'ils appellent « résistant à la carie » par que sa demi-vie est longue.

Puisque le but des analyses précédentes était de faire des regroupements homogènes, nous avons décidé, avec la nouvelle caractéristique présentée par Adler et Szabo ²⁹ de placer les deuxièmes prémolaires inférieures dans un groupe à part et d'inclure les premières prémolaires inférieures avec les antérieures inférieures, regroupement observé avec l'ASM. Le tableau 33 indique les six regroupements à partir desquels les prochaines analyses d'homogénéité seront effectuées.

Tableau 33 : Regroupements à partir desquels les prochaines analyses d'homogénéité seront effectuées

REGROUPEMENT	DENTS
1	3 ^{èmes} molaires supérieures et inférieures
2	1 ^{ères} et 2 ^{èmes} molaires supérieures et inférieures
3	1 ^{ères} et 2 ^{èmes} prémolaires supérieures
4	6 antérieures supérieures
5	2 ^{èmes} prémolaires inférieures
6	8 antérieures inférieures

Chapitre cinq

Analyses d'homogénéité sur les regroupements

1. ARTICLE

**HOMOGENEITY ANALYSIS APPLIED TO DENTAL HEALTH
DATA OF A SAMPLE OF ADULTS FROM QUEBEC**

Julie Lamoureux*, DMD, Jean Lambert*, PhD, Clément Dassa*, PhD

Département de médecine sociale et préventive, Faculté de médecine, Université de Montréal, C.P. 6128, Succursale Centre-Ville, Montréal, Québec, Canada, H3C 3J7.

Address for correspondence : Dr Jean Lambert, Département de médecine sociale et préventive, Faculté de médecine, Université de Montréal, C.P. 6128, Succursale Centre-Ville, Montréal, Québec, Canada, H3C 3J7.

ABSTRACT

Background : The most common measure to describe dental health is the DMF index. The DMF is computed by adding the number of decayed, missing and filled teeth (DMFT) or surfaces (DMFS) in one's mouth. This internationally known measure has a number of shortcomings. The most commonly reported problem is the lack of sensitivity of the index to variables known to affect dental health. Nonetheless, its use is widely spread and it is easily computed.

Aims and methods : The sample used here consists of 1077 Quebecers aged between 35 and 44 years old. This study applies homogeneity analysis (also referred to as multiple correspondence analysis) to the 166 variables (separated in six subsets) utilized to compute the DMFS index. This method was applied in order to identify common dimensions that could help the dental community define a more sensitive measure of dental health.

Results : The results suggest that homogeneity analysis identifies dimensions that explain between 30 % and 50 % of the total inertia contained in the raw data. We could identify dimensions that are common to all teeth and other that were specific to groupings of teeth.

Key words : dental health, indices, DMF, homogeneity analysis, multiple correspondence analysis

INTRODUCTION AND LITERATURE REVIEW

DMF (DMFT and DMFS) indices are simple and frequently used means of describing dental health¹⁻⁶. They are computed by adding either the number of teeth (DMFT) or the number of surfaces of teeth (DMFS) that are decayed, missing or filled. Generally speaking, higher DMF scores are interpreted as poorer dental health. These indices do however have few shortcomings.

From an individual point of view, DMF scores do not indicate changes in health of the mouth^{1,6}. When a carious lesion is filled, the DMFT score does not change. In that regard, we get the impression that no benefit was gained from treatment. Furthermore the DMFT doesn't change when a badly destroyed and infected tooth is removed. Worst still, when a mesial carious lesion is restored by a mesio-occlusal restoration, the DMFS goes up and does not reflect the improved dental health.

From a community perspective, the DMF indices tend to hide the effects of dental programs^{3,7}. While prevention programs aim at a global diminution of the average DMF score, restorative programs aim at diminishing the D component but, at the same time, increase the F component. The general effect on the average DMF can therefore go unnoticed.

A global index has to have internal consistency and the individual components should not respond in an opposite way to influencing variables. For instance, regular utilization of dental services is positively associated with the number of filled teeth and negatively to the number of missing teeth ¹. Those opposite actions tend to lower the sensitivity of the indices to explanatory variables ⁸⁻¹⁰.

One of the ways related in the literature to avoid the noted pitfalls of the DMF is to use the components of the indices separately. Brodeur et al. ^{11a}, in their report on the dental health of adult Quebecers, analysed the association between explaining variables and the D and M components of the DMFT. They found that the variables significantly related to the number of carious teeth (income, utilization of services, sex, and dental insurance) were different than those associated with the number of missing teeth (education, age, language, and demographics). Norlen and Bjorg ¹² also found, in a sample of pre-retiring women, that the variables related the number of remaining teeth (profession, socio-economic status, marital status, and number of pregnancy) were different from the variables associated with the number of carious and/or filled surfaces (socio-economic status).

A number of significant associations can be found between explaining variables and individual components of the DMF, the sum of which becomes very difficult to synthesise. This approach, consisting in a systematic decomposition of the

index, is effective when one wants to examine the variables influencing the different components separately but can become very cumbersome when a general overview is preferred.

Another approach is to weight the components of the DMF into a composite indicator in order to make it more sensitive than the unweighted DMF to explaining variables of dental health. Lewis ³ evaluated six indicators of dental health for their sensitivity to explaining variables. The six composite indicators were : DMFT, FS-T [the sum of sound (or virgin) and filled teeth], T-H₁ (index in which missing teeth have a weight of 0, decayed teeth a weight of 0.25, filled teeth a weight of 0.50 and sound teeth a weight of 1), T-H₂ (index in which missing teeth have a weight of 0, decayed and filled teeth a weight of 0.25 and sound teeth a weight of 1), U₁ (index in which missing teeth have a weight of 0, decayed and painful teeth a weight of 0.46, decayed and not painful teeth a weight of 0.51, incorrectly filled teeth a weight of 0.69, correctly filled teeth a weight of 0.72 and sound teeth a weight of 1) and finally U₂ (index in which missing teeth have an average weight of 0.40, decayed teeth an average weight of 0.21, filled teeth an average weight of 0.75 and virgin teeth a weight of 1). The degree of sensitivity of the indices was determined by comparing the multiple determination coefficient (R^2) in a series of linear regressions.

Lewis³ found that the DMFT index has a negative relation with dental health, as do the simple measures of the number of carious, missing, and filled teeth (the higher their score, the poorer the dental health). He also stated that the composite scores all have a positive relation with dental health, as does the simple measure of the number of virgin teeth (the higher their score, the better the dental health). This observation is a good argument in favour of the composite indicators. The higher the score, the better the dental health. The determination coefficients are disappointing however. The composites' R^2 (FS-T = 0.40, T-H₁ = 0.45, T-H₂ = 0.43, U₁ = 0.46, U₂ = 0.29) in the linear regression are not very different from the DMFT's ($R^2 = 0.42$) and the simple measures of number of missing teeth ($R^2 = 0.49$) still show more sensitivity to explaining variables in the model.

The composite indices as well as the DMF give disappointing results when we search an indicator sensitive to variables that influence dental health. A different approach that utilizes the fundamental categorical nature of the raw data might give us an indication of how to weight the DMF index to obtain a more appropriate indicator. In this study, we will use a homogeneity analysis, (also known as multiple correspondence analysis) a non-linear multivariate analysis of dimension reduction, to explore the health of the surfaces of teeth. This analysis will help us identify the dimensions underlying dental health. We will also aim at using these dimensions in creating weighted indices that are more specific and sensitive to dental health.

METHODS

The data used are from 1077 subjects included in a survey on the dental health of Quebecers. The sampling method is described elsewhere ^{11a}. This survey, done between 1994 and 1995 on a sample of Quebecers aged between 35 and 44, aimed at evaluating the prevalence of oral diseases, identifying needs of orofacial treatments, determining level of hygiene, utilization of services and preventive habits, and finally pinpointing variables that are related to a high level of oral diseases.

The 166 variables used in this study are nominal variables describing the coronal aspect of the surfaces of 32 teeth. The buccal or lingual surfaces that have a developmental groove were evaluated as two separate surfaces : smooth and non-smooth surfaces. All the variables are coded according to four categories : (1) missing, (2) decayed, (3) filled with no sign of cavity or (4) sound (or virgin).

The statistical analysis used to explore the relations between the surfaces of teeth is a homogeneity analysis (HA) also known as multiple correspondence analysis. This type of approach projects the information contained in the original variables into a space with a restricted number of dimensions. The variables analysed here are nominal, i.e. the categories of each variable have no numerical values. The purpose of HA is to assign numerical values to the nominal categories of the variables (as well as to subjects) so that each category can be represented and

interpreted graphically. This assignment of numerical values is referred to as « quantification ». As opposed to inferential techniques of statistical analysis, HA is a descriptive multivariate analysis. It quantifies nominal variables in an « optimal way », meaning that differing categories are separated as much as possible. It has no claim as to the generalisability of the results.

The decomposition of the original information (called total inertia) resembles the decomposition used in a principal component analysis. The total inertia is partitioned along « k » orthogonal (or independent) dimensions. Each one of these dimensions (also called axes of inertia) « explains » part of the information contained in the data. The quantity of information explained by one dimension, λ_k (lambda), is called the inertia of that dimension.

Contrary to other multidimensional approaches (like principal component analysis, factor analysis, etc.), HA is appropriate for the analysis of nominal data. For instance, to perform a factor analysis, one needs variables that are at least at an ordinal level of measurement so that the correlation matrix analysed is the appropriate measure of proximity between the variables. In HA, the proximity matrix is obtained from a χ^2 transformation of the data, so it is appropriate for nominal data. Like in other multidimensional approaches the determination of the optimal number of dimensions for a HA solution can be done in a number of ways: one can set a minimum level of inertia in one dimension or a minimum

level of total inertia explained by all the dimensions. Given the exploratory nature of this study and the indication in preliminary analyses of a drop in the inertia explained by higher dimensions than the first three, we sought tridimensional solutions.

HA provides the most useful results when homogeneous variables are analysed. The six analyses that follow are done on homogeneous groupings of teeth. The analytical steps that led to the definition of those groupings are summarily described in the next section on preliminary analyses. A more detailed explanation can be found in an unpublished work by the first author ¹⁵.

The HA were performed using HOMALS procedure in SPSS statistical software (version 7) in a Windows environment. Table 1 shows the characteristics of the six HA done in this study. The method of extraction for the six analyses is « alternating least squares » or ALS. We kept the default settings of the program for the maximum number of iterations (100) and the convergence criteria (0.00001). The number of variables in each analysis is equal to the number of teeth analysed multiplied by the number of surfaces per tooth. The total number of categories is equal to the number of variables multiplied by the number of categories per variable (four). The average inertia per dimension is obtained by dividing the total inertia (equal to the average number of categories per variable minus one) by the maximum number of dimensions. It corresponds to the value

lambda can be expected to reach in each of the dimensions. If lambda is much larger than that criteria, the dimension is thought to be important in explaining the total inertia. It can be noted that the total inertia in these six analyses is always equal to 3.

PRELIMINARY ANALYSES

It was observed in preliminary exploration of data ¹⁵ that the analysis of the 166 surfaces at the same time would not give useful results. The number of possible dimensions was so high that the information given by each of them was too small to be meaningful. It was determined that more interpretable results would be obtained from the analysis of less variables if those variables were more homogenous, i.e. « resembled » each other. We proceeded to grouping the 166 variables by three different approaches: analysis of the profiles of results from the HA on all the 166 surfaces, factorial analysis on ordinal variables representing the health of each tooth and multidimensional scaling of dichotomous variables representing each tooth. The three approaches gave similar results as related to the grouping of variables. The six groupings considered for the present study are: (1) surfaces of third molars, (2) surfaces of first and second molars, (3) surfaces of first and second upper bicuspid, (4) surfaces of six upper anterior teeth, (5) surfaces of second lower bicuspid and (6) surfaces of eight lower anterior teeth.

RESULTS

ANALYSIS 1 : HOMOGENEITY ANALYSIS ON THIRD MOLARS

This first analysis examined 24 nominal variables, corresponding to the six surfaces of each of the four third molars: (1) mesial , (2) buccal (smooth), (3) distal, (4) lingual (smooth), (5) occlusal and (6) buccal or lingual with a developmental groove (non-smooth). Each variable having four categories, a total of 96 categories were quantified in three dimensions.

Table 2 provides a summary of the results of the analysis. The inertia explained by the three dimensions is 1.0600 or approximately 35.3 % of the total inertia. The first dimension explains 18.6 % of the total inertia.

To unburden the results of the analyses, only one graph per analysis will be presented. Figure 1 illustrates the quantification of the categories in dimensions 1 and 3. Each point represents one of the 96 categories quantified. The virgin surfaces (n=24), filled (n=24) and missing (n=24) are found in concentrated aggregations while decayed surfaces (n=24) have variable weights along the three dimensions.

Filled, missing and virgin surfaces are not distributed along the second axis (not shown). According to the first dimension, missing surfaces are separated from

other surfaces. The third dimension (not shown) seems to distinguish between upper (18 and 28) and lower (38 and 48) wisdom teeth. The surfaces of upper teeth are found on one side of the axis (in this case the positive side) while the surfaces of the lower teeth are on the other side.

The first dimension seems to be mostly influenced by individual behaviours (most likely attitude toward dental health). The second dimension seems to represent an axis of need in dental treatment. The third dimension shows an influence of human anatomy on dental health.

One of the characteristics of HA is the assignment of higher weights (absolute values) to less common occurrences. The decayed surfaces of 18 and 28 (upper third molars) have higher weights, i.e. between 5 and 10 in the second dimension that those of 38 and 48 (lower third molars), which are between 0 and 5.

Therefore it is less common to observe decay on surfaces of upper third molars than on lower third molars..

ANALYSIS 2 : HOMOGENEITY ANALYSIS ON FIRST AND SECOND MOLARS

This second analysis examined 48 nominal variables, corresponding to the six surfaces of each of the eight teeth: (1) mesial , (2) buccal (smooth), (3) distal,

(4) lingual (smooth), (5) occlusal and (6) buccal or lingual with a developmental groove.). Each variable having four categories, a total of 192 categories were quantified in three dimensions.

Table 2 provides a summary of the results of this second analysis. The inertia explained by the three dimensions is 0.8637 or approximately 28.8 % of the total inertia. The first dimension explains 17.8 % of the total inertia.

Figure 2 illustrates the quantification of categories for each of the surfaces along dimensions 1 and 3. Each point represents one of the 192 categories explored. Filled (n=48) and virgin (n=48) surfaces are distributed along two main axes (dimensions 1 and 2) while decayed (n=48) surfaces are spread along the three dimensions. Missing (n=48) surfaces have a spread component along the first axis only.

Much like in the first analysis, the first dimension, which separates missing surfaces from the others, seems to be most influenced by attitude toward dental health. Unlike the first analysis, virgin and filled surfaces show a component along the second dimension (not shown). This dimension separates filled surfaces on the one hand and other surfaces on the other. The fact that filled surfaces are separated from virgin or carious surfaces gives the impression that this second dimension is influenced by the subjects' utilization of dental health services.

The third dimension shows the spread of decayed surfaces. Smooth buccal and lingual surfaces, which are believed to be relatively less susceptible to decay, both have higher weights in the third dimensions (figure 2). The filled surfaces though do not show this characteristic. We could interpret this axis as a representation of dental treatment needs.

ANALYSIS 3 : HOMOGENEITY ANALYSIS ON UPPER BICUSPIDS

This third analysis examined 20 nominal variables, corresponding to the five surfaces of each of the four teeth: (1) mesial , (2) buccal (smooth), (3) distal, (4) lingual (smooth), and (5) occlusal. Each variable having four categories, a total of 80 categories were quantified in three dimensions.

Table 2 provides a summary of the results of this third analysis. The inertia explained by the three dimensions is 1.2747 or approximately 42.5 % of the total inertia. The first dimension explains 24.3 % of the total inertia.

Figure 3 illustrate the quantification categories for each of the surfaces along dimensions 1 and 2. Each point represents one of the 80 categories explored. The filled (n=20), missing (n=20) and virgin surfaces (n=20) are found in concentrated aggregations while decayed surfaces (n=20) have variable weights according to the three dimensions (mostly second and third dimensions).

Again like in the first and second analyses, the first dimension, which separates missing surfaces from the others, seems to be most influenced by attitude toward dental health. The second dimension separates filled surfaces on the one hand and other surfaces on the other. The fact that filled surfaces are separated from virgin or carious surfaces gives the impression that this dimension is influenced by the subjects' utilization of dental health services. Missing surfaces show almost no component along the second or third axes.

The third dimension (not shown) displays the spread of decayed surfaces. Smooth buccal and lingual surfaces, which are believed to be relatively less susceptible to decay, both have higher weights in the third dimensions. The filled surfaces do not show this characteristic. The configuration of this third dimension is almost identical to the one seen in the second analysis (figure 2) and can be viewed as being influenced mostly by dental treatment needs.

ANALYSIS 4 : HOMOGENEITY ANALYSIS ON SIX UPPER ANTERIORS

This fourth analysis examined 30 nominal variables, corresponding to the five surfaces of each of the six teeth: (1) mesial , (2) buccal (smooth), (3) distal, (4) lingual (smooth), and (5) lingual with a developmental groove. Each variable having four categories, a total of 120 categories were quantified in three dimensions.

Table 2 provides a summary of the results of this fourth analysis. The inertia explained by the three dimensions is 1.2752 or approximately 42.5 % of the total inertia. The first dimension explains 28.7 % of the total inertia.

Figure 4 illustrates the quantification of the categories for each of the surfaces along dimensions 1 and 2. Each point represents one of the 120 categories explored. The filled (n=30), missing (n=30) and virgin surfaces (n=30) are found in concentrated aggregations while decayed surfaces (n=30) have variable weights according to the three dimensions.

It can be observed that all surfaces are spread along the first dimension. Filled surfaces show an important component along the second axis whereas missing and virgin surfaces do not. Missing surfaces show almost no component along the second or third axes.

Much like in the two preceding analyses, the first dimension, which separates missing surfaces from the others, seems to be most influenced by attitude toward dental health. In figure 4, it is obvious that filled surfaces are separated from other surfaces in the second dimension. We can postulate that this dimension is influenced by the subjects' utilization of dental health services.

The third dimension (not shown) shows the spread of decayed surfaces only. Again, smooth buccal and lingual surfaces have higher weights in the third dimensions while filled surfaces do not show this characteristic. This configuration, which resembles that of the third dimension in analyses 2 (first and second molars) and 3 (upper bicuspid), can be viewed as mostly the representation of dental treatment needs (figure 1).

ANALYSIS 5 : HOMOGENEITY ANALYSIS ON SECOND LOWER BICUSPIDS

This fifth analysis examined 10 nominal variables, corresponding to the five surfaces of each of the two teeth: (1) mesial , (2) buccal (smooth), (3) distal, (4) lingual (smooth), and (5) occlusal. Each variable having four categories, a total of 40 categories were quantified in three dimensions.

Table 2 provides a summary of the results of this fifth analysis. The inertia explained by the three dimensions is 1.4756 or approximately 49.2 % of the total inertia. The first dimension explains 25.8 % of the total inertia.

Figure 5 illustrates the quantification of categories for each of the surfaces in dimensions 1 and 3. Each point represents one of the 40 categories explored. The filled (n=10), missing (n=10) and virgin surfaces (n=10) are found in concentrated aggregations while decayed surfaces (n=10) have variable weights according to the three dimensions (mostly along second and third axes).

It can be observed that filled and virgin surfaces are spread along the first and third dimensions. Decayed surfaces are mostly spread along the second and third axes. Missing surfaces show no component along the second or third axes.

Once again much like in the preceding analyses, the first dimension, which separates missing surfaces from the others, seems to be mostly influenced by attitude toward dental health. The second dimension (not shown) shows the spread of decayed surfaces only which are opposed to all other surfaces. Again, decayed surfaces that are smooth buccal or lingual surfaces have higher weights in the second dimension and the filled surfaces do not show this characteristic. This configuration, which resembles that depicted in figure 2, can be viewed as mostly influenced by dental treatment needs. In figure 5, it is obvious that the third dimension separates virgin surfaces from filled or carious surfaces and one can postulate that this dimension represents the cumulative effect of intrinsic (dental anatomy, enamel resistance, etc.) and extrinsic (cleansability, position, etc.) susceptibility of dental surfaces.

ANALYSIS 6 : HOMOGENEITY ANALYSIS ON EIGHT LOWER ANTERIORS

This final analysis examined 34 nominal variables, corresponding to the four or five surfaces of each of the eight teeth: (1) mesial , (2) buccal (smooth), (3) distal, (4) lingual (smooth), and (5) occlusal (for the bicuspid only). Each variable

having four categories, a total of 136 categories were quantified in three dimensions.

Table 2 provides a summary of the results of this fifth analysis. The inertia explained by the three dimensions is 1.2221 or approximately 40.7 % of the total inertia. The first dimension explains 26 % of the total inertia.

Figure 6 illustrates the quantification of the categories for each of the surfaces in dimensions 1 and 2. Each point represents one of the 136 categories explored. The filled (n=34), missing (n=34) and virgin surfaces (n=34) are found in concentrated aggregations while decayed surfaces (n=34) have variable weights according to the three dimensions (mostly along second and third axes).

It can be observed that the first axis isolates missing surfaces. Decayed surfaces are mostly spread along the second and third axes. Missing surfaces of bicuspid have quantifications along the first dimension which are different from that of other anterior teeth. Their weights along the first axis is lower (absolute value) than the six other anterior teeth. In the first five analyses groupings, missing surfaces were very close to each other. The decision to include the bicuspid with the other anterior teeth in this analysis is obviously debatable.

Much like in the preceding analyses, the first dimension, which separates missing surfaces from the others, seems to be mostly influenced by attitude toward dental health. The second dimension shows the spread of decayed and, to a lower extent, filled surfaces. Smooth buccal and lingual surfaces (either decayed or filled) have higher weights (in absolute value) in the second dimension than other surfaces. This configuration can be viewed as mostly influenced by dental treatment needs. The third dimension (not shown) separates decayed surfaces from filled surfaces. We can postulate that this dimension, not unlike the second dimension depicted in figure 3, is influenced by utilization of dental health care services.

DISCUSSION

The HA done in this study explain between 30 % and 50 % of the total inertia. This level of inertia is adequate to high given the fact that only three dimensions are used to explain between 30 to 144 dimensions (depending on the analysis performed). We should keep in mind that this type of analysis projects multiple observations in a multidimensional space where no association between the axes is permitted. Dental health is a multifactorial phenomenon influenced by factors that show a variable level of dependence or covariation. The projection in an

orthogonal space, though parsimonious and statistically simpler, automatically limits the interpretation of the graphical representations.

Table 2 summarises the results of the six analyses in percentages of total inertia.

The first dimension always displays the highest lambda estimated by the algorithm. Hence, the first dimension is represented by the axis of dispersion of the data which explains the maximum of inertia. The next dimension is identified as the next axis of maximum dispersion which is perpendicular to the first one.

The third and subsequent dimensions are all mutually orthogonal and each explain a part of the total inertia which is lower from one dimension to the next.

The proportion of inertia explained by the **first dimension** varies between 17.8 % and 28.7 %, depending on the analysis. This first axis of inertia always separates missing surfaces from the other surfaces. It was proposed that this axis seemed to represent individual attitudes toward dental health. It is reasonable to think that one's attitudes will play a role in the decision between extracting and repairing a tooth. It is also reasonable to think that these attitudes will be have the greatest impact in the choice of treatment for anteriors, the most visible teeth of the mouth. The results of the six analyses are in agreement with this reasoning since the first dimension explains a greater percentage of inertia in analyses of anterior teeth (between 24.3 % and 28.7 %) compared to molars (between 17.8 % and 18.6 %).

The rest of the inertia explained is separated almost equally between the two next dimensions. Depending on the group of teeth analysed, the graphical displays vary. We will not discuss the first analysis (pertaining to third molars) because of the peculiar aspect of the third dimension. No other analysis shows a simple anatomical representation of the mouth. It is easy to understand why the third molars are ignored in studies on dental health^{2;6;13;14}. Their inclusion in an indicator of dental health is debatable.

If we look closely at the results from the analyses on upper teeth (analyses 3 and 4, figures 3 and 4), the **second axis of inertia** always separates filled surfaces from other surfaces. We interpreted this dimension as representative of the subjects' level of utilization of health care services. The inertia explained by this second dimension varies between 8 % and 10 % of the total inertia. The missing surfaces do not show a component along this dimension except for upper canines for which it is very small. Given the fact that missing surfaces do not show any component along other dimensions than the first one in the other 5 analyses, this very minor component for the upper canines could be view as a possible artefact. It could also be that the extraction of upper canines is somewhat related to the level of utilization of dental care services, while the extraction of other upper teeth is often unrelated.

Again in analyses 3 and 4, the **third dimension** explains between 5 % and 9 % of total inertia. This dimension, which opposes decayed surfaces to other surfaces, was said to represent dental treatment needs. If these analyses had been done on a sample of children, the graphical displays would probably have been very different. Treatment needs in children vary greatly from those of adults.

The second analysis (1st and 2nd molars) shows graphical displays similar to those of the above mentioned 3rd and 4th analyses. However, the results revealed signs of ill-fitting. The percentage of inertia explained by the three dimensions is lower than 30 % and the second and third dimensions have a low explanatory power (6 % and 5 % of total inertia respectively). It is probable that the analysis would have produced more easily interpretable results if the eight teeth had been separated onto more homogenous groupings (either upper and lower molars separately or first and second molars separately).

This third dimension in analyses 3 and 4 is the same as the **second dimension** of analyses 5 and 6 and can be interpreted as being influenced by dental treatment needs. This dimension explains between 8 % and 13 % of total inertia. In the fifth analysis (second lower bicuspid), the third dimension explains almost 11 % of total inertia. This dimension separates virgin surfaces from other surfaces and was interpreted as the cumulative susceptibility of surfaces to decay. It is the only grouping of teeth that shows this particular weighting scheme where virgin

surfaces get positive weights and all the other surfaces get negative weights. This weightings resembles the traditional DMF in the sense that decayed, missing and filled surfaces are all mixed together and opposed to virgin surfaces. We could argue that the traditional DMF is only a representation of the cumulative susceptibility of surfaces to dental disease and not an indicator of dental health.

Finally, in the sixth analysis (eight lower anterior teeth), the third dimensions explains 6.5 % of the total inertia. It separates decayed surfaces from other surfaces and can be interpreted as defining the utilization of dental care services.

Table 3 presents a summary of the interpretation of dimensions above mentioned. Generally speaking, the second and third dimensions of the analyses are under the theoretical influence of utilization of dental care services and dental treatment needs. Given the proximity of the numeric values of explained inertia in those two dimensions, the order in which they are extracted depends on the group of teeth analysed. So, if the utilization of services has a greater explanatory power in the health of upper teeth surfaces than the treatment needs, it will be extracted first. As can be seen, upper and lower teeth are under the same influences but to different degrees.

It is noteworthy that we interpreted four theoretical dimensions each of which isolates a particular component of the DMFS (or a closely related component).

The individual behaviours axis opposes missing surfaces to all the other surfaces, the need for treatment axis opposes decayed surfaces to all other surfaces, the utilization of services axis opposes filled surfaces to all the other surfaces, and finally the susceptibility axis opposes virgin surfaces to all other surfaces.

As discussed in the introduction, the DMF index is a poorly sensitive indicator of dental health. Theoretically, we could use subjects' optimal scores from HA to compute a more sensitive indicator of dental health. In order to obtain a meaningful metric, a HA would have to be performed on all surfaces jointly. However, such a comprehensive analysis did not prove informative¹⁵. Hence, we separated the 166 surfaces into subgroups to obtain interpretable results ; it is not statistically sound to use the individual scores from different HA to build a new indicator. We could however use a qualitative approach based on the results of the HA. For example the first dimension, which always opposes missing surfaces to other surfaces, was interpreted as the reflection of individual behaviours. It is possible that a more sensitive indicator of dental health to individual behaviours could be computed by adding all virgin, decayed and filled surfaces and then subtracting all missing surfaces.

There are some limitations to this study. The data studied here originates from a survey in a sample of adults. Results of a HA on a more heterogeneous sample (from ages 18 to 65 for example) would possibly yield different interpretations.

We hypothesize that the dimensions we uncovered would still be present though forming a subset of a larger set of dimensions.

The orthogonal solution provided by HA allow for a parsimonious explanation of the data. However, it does not inform us on the possible dependence between the axes and hence the construct they represent.

Finally, dental health is only partly determined by the health of coronal surfaces of teeth. More and more impact on dental health is related to periodontal destruction. This study did not include periodontal data, neither did it consider the health of root surfaces. More complete models of dental health could be obtained by the examination of more inclusive data.

References

1. Sheiham A, Maizels J, Maizels A: New composite indicators of dental health. *Comm Dent Health* 1987;4:407-414.
2. Marcenes WS, Sheiham A: Composite indicators of dental health : functioning teeth and the number of sound equivalent teeth (T-Health). *Comm Dent Oral Epidemiol* 1993;21:374-378.
3. Lewis JM: Improving dental health status indicators for evaluation. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1996;24:32-36.
4. Lawrence HP, Beck JD, Hunt RJ, Koch GG: Adjustment of the M-component of the DMFS index for prevalence studies of older adults. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1996;24:322-331.
5. Fleiss JL, Kingman A: Statistical management of data in clinical research. *Oral Biol Med* 1990;1:55-66.
6. Jakobsen JR, Hunt RJ: Validation of oral status indicators. *Comm Dent Health* 1990;1990:3-279.
7. Turunen S, Nyssönen V, Vesala H: Perspectives on poor dental health and its determinants. *Comm Dent Health* 1992;10:49-55.
8. Cohen ME, Cecil JC: Number of independent variables in the regression based prediction of oral health. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1982;10:268-271.

9. Clarkson JE, Worthington HV: Association between untreated caries and age, gender and dental attendance in adults. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1993;21:126-128.
10. Anderson RJ, James PMC, James DM, Norden H: Dental caries experience and treatment patterns. *British Dent J* 1971;131:67-71.
- 11a. Brodeur JM, Payette M, Olivier M, Chabot D, Benigeri M, Williamson S: Étude 1994-1995 sur la santé buccodentaire des adultes québécois de 35 à 44 ans, Ministère de la santé et des services sociaux, Québec, 1998: 159 p.
11. Burt BA: The future of the caries decline. *J Public Health Dent* 1985;45:261-269.
12. Norlén P, Östberg H, Björn AL: Relationship between general health, social factors and oral health in women at the age of retirement. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1991;19:196-301.
13. Adler P, Szabo Z: Interpretation of a Cauchy distribution function describing cumulative caries prevalence curves. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1979;7:82-86.
14. Adler P, Szabo Z: Comparison of two mathematical descriptions of the cumulative caries prevalence. *Acta Medica acad Scientiarum Hungaricae* 1979;36:211-222.
15. Lamoureux J: Analyses exploratoires multidimensionnelles des relations entre les surfaces dentaires d'un échantillon d'adultes québécois entre 35 et 44 ans. *Unpublished master thesis* 1998.

Table 1 : Description of specifications for the six analyses of homogeneity

CRITERIA	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Number of teeth	4	8	4	6	2	8
Number of surfaces	24	48	20	30	10	34
Number of categories (total)	96	192	80	120	40	136
Maximum number of dimensions	72	144	60	90	30	102
Average inertia per dimension	0.042	0.021	0.050	0.033	0.100	0.029

A1 = analysis of third molars, A2 = analysis of first and second molars, A3 = analysis of upper bicuspid, A4 = analysis of six upper anteriors, A5 = analysis of second lower bicuspid, A6 = analysis of eight lower anteriors

Table 2 : Amount of inertia and percentage of total inertia in each of the three dimensions for the six HA performed on groupings of teeth.

	D1	D2	D3	D4
Analysis 1 : third molars				
Inertia	0.5596	0.2851	0.2153	1.0600
Percentage of total inertia	18.6	9.5	7.2	35.3
Analysis 2 : first and second molars				
Inertia	0.5336	0.1799	0.1502	0.8637
Percentage of total inertia	17.8	6.0	5.0	28.8
Analysis 3 : first and second upper bicuspid				
Inertia	0.7292	0.2849	0.2606	1.2747
Percentage of total inertia	24.3	9.5	8.7	42.5
Analysis 4 : six upper anteriors				
Inertia	0.8610	0.2663	0.1479	1.2752
Percentage of total inertia	28.7	8.9	4.9	42.5
Analysis 5 : second lower bicuspid				
Inertia	0.7743	0.3833	0.3180	1.4756
Percentage of total inertia	25.8	12.8	10.6	49.2
Analysis 6 : eight lower anteriors				
Inertia	0.7795	0.2464	0.1962	1.2221
Percentage of total inertia	26.0	8.2	6.5	40.7

D1 = dimension 1, D2 = dimension 2, D3 = dimension 3, D4 = dimension 4

Table 3 : Theoretical interpretation of the three first dimensions for the six analyses performed on groupings of teeth

	DIMENSION 1	DIMENSION 2	DIMENSION 3
Analysis 1 : 3 rd molars	Attitude / health	Need for dental treatment	Oral anatomy
Analysis 2 : 1 st and 2 nd molars	Attitude / health	Utilization of services	Need for dental treatment
Analysis 3 : 1 st and 2 nd upper bicuspid	Attitude / health	Utilization of services	Need for dental treatment
Analysis 4 : Six upper anteriors	Attitude / health	Utilization of services	Need for dental treatment
Analysis 5 : 2 nd lower bicuspid	Attitude / health	Need for dental treatment	Susceptibility
Analysis 6 : eight lower anteriors	Attitude / health	Need for dental treatment	Utilization of services

**Figure 1 : Quantification of categories along dimensions 1 and 3
for analysis of surfaces of third molars**

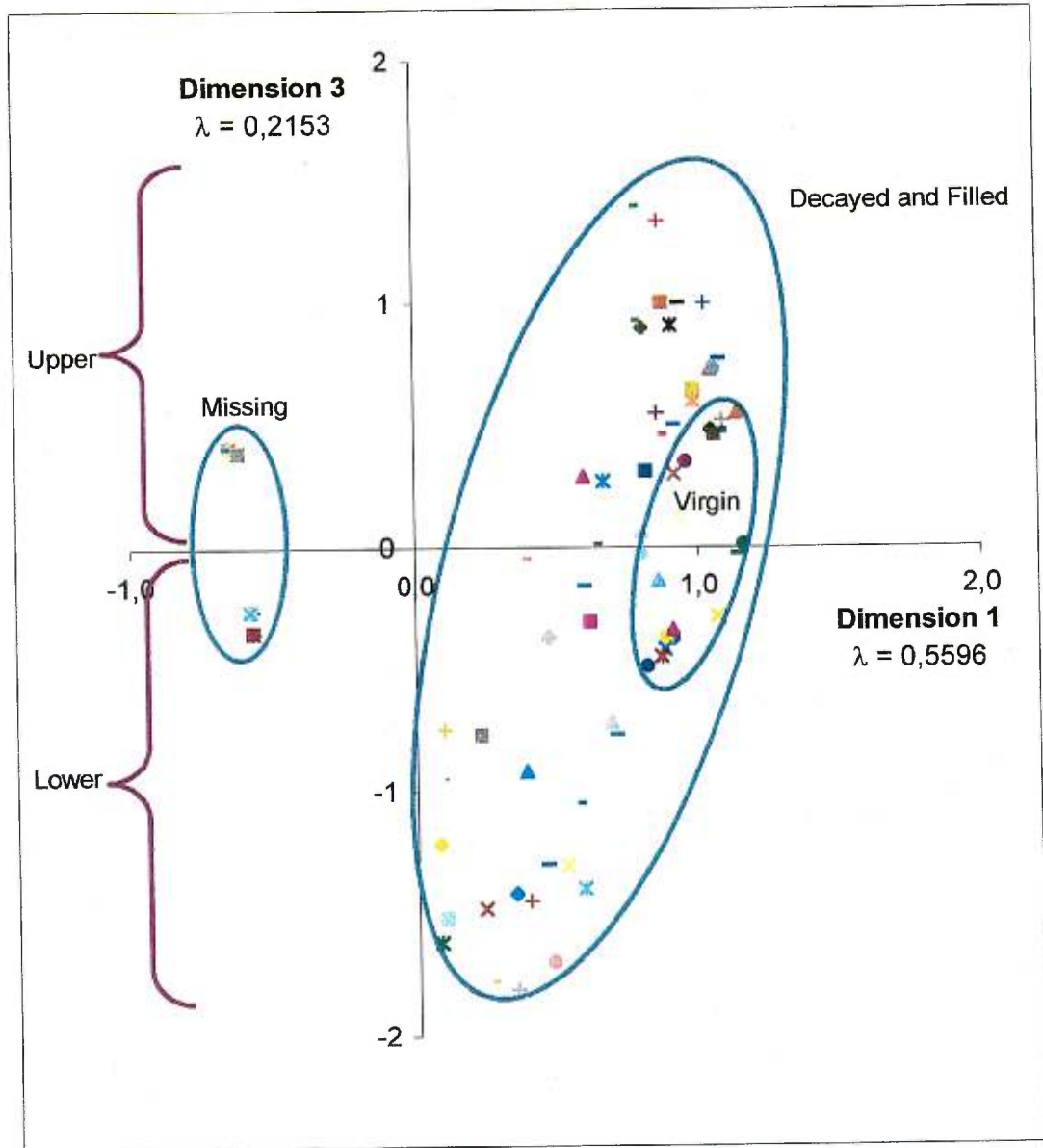
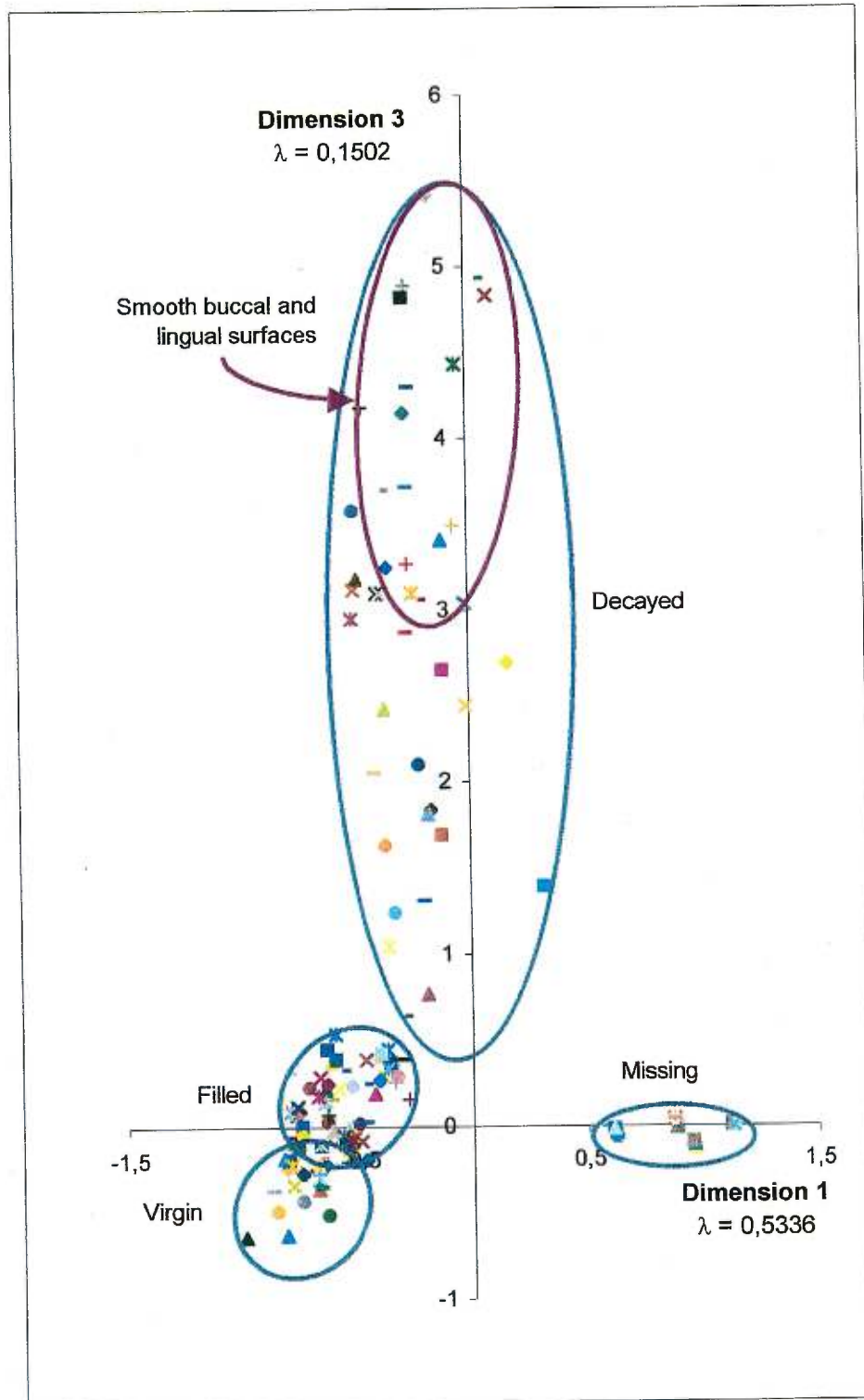


Figure 2 : Quantification of categories along dimensions 1 and 3 for analysis of surfaces of first and second molars



**Figure 3 : Quantification of categories along dimensions 1 and 2
for analysis of surfaces of upper bicuspids**

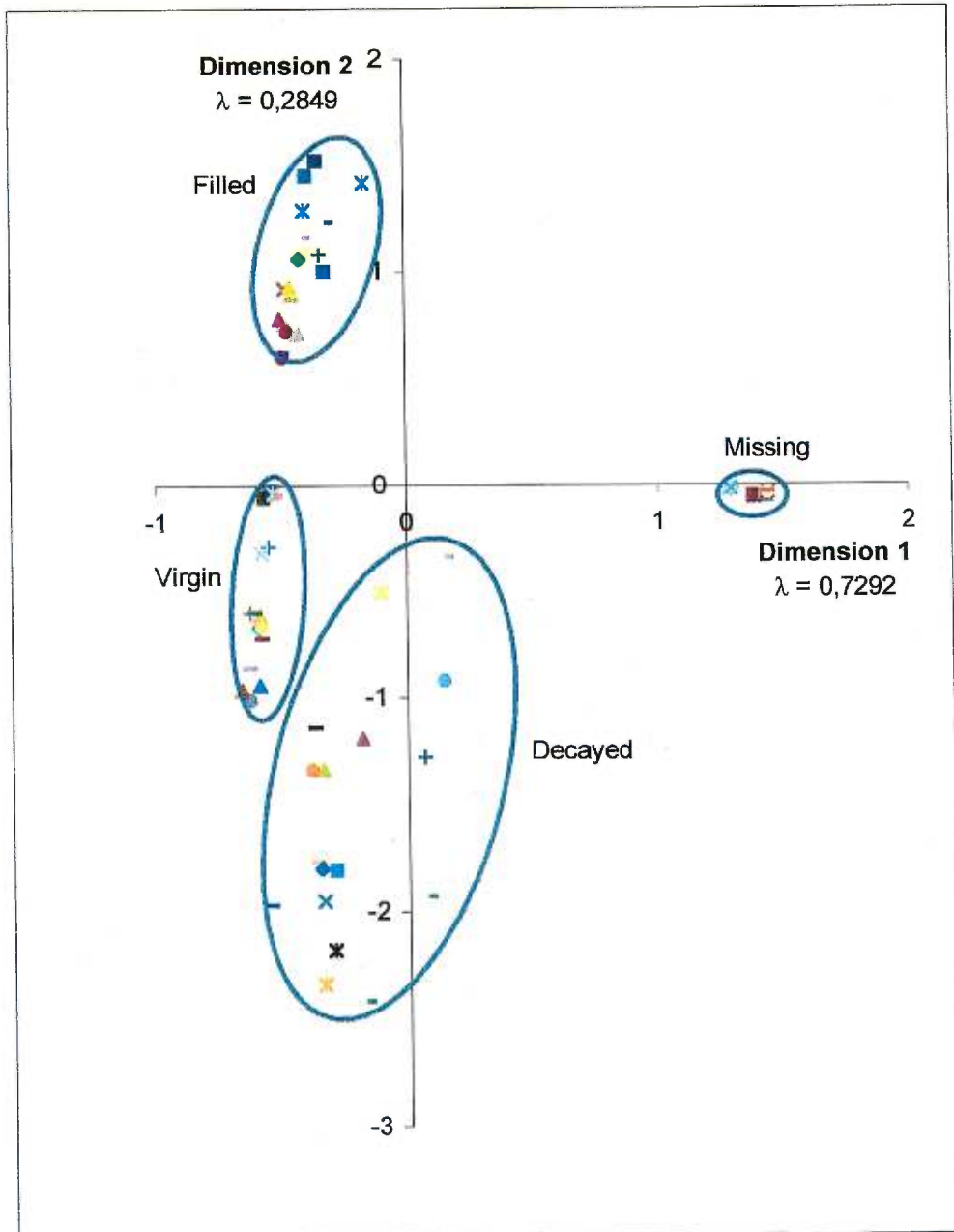


Figure 4 : Quantification of categories along dimensions 1 and 2
for analysis of surfaces of the six upper anterior teeth

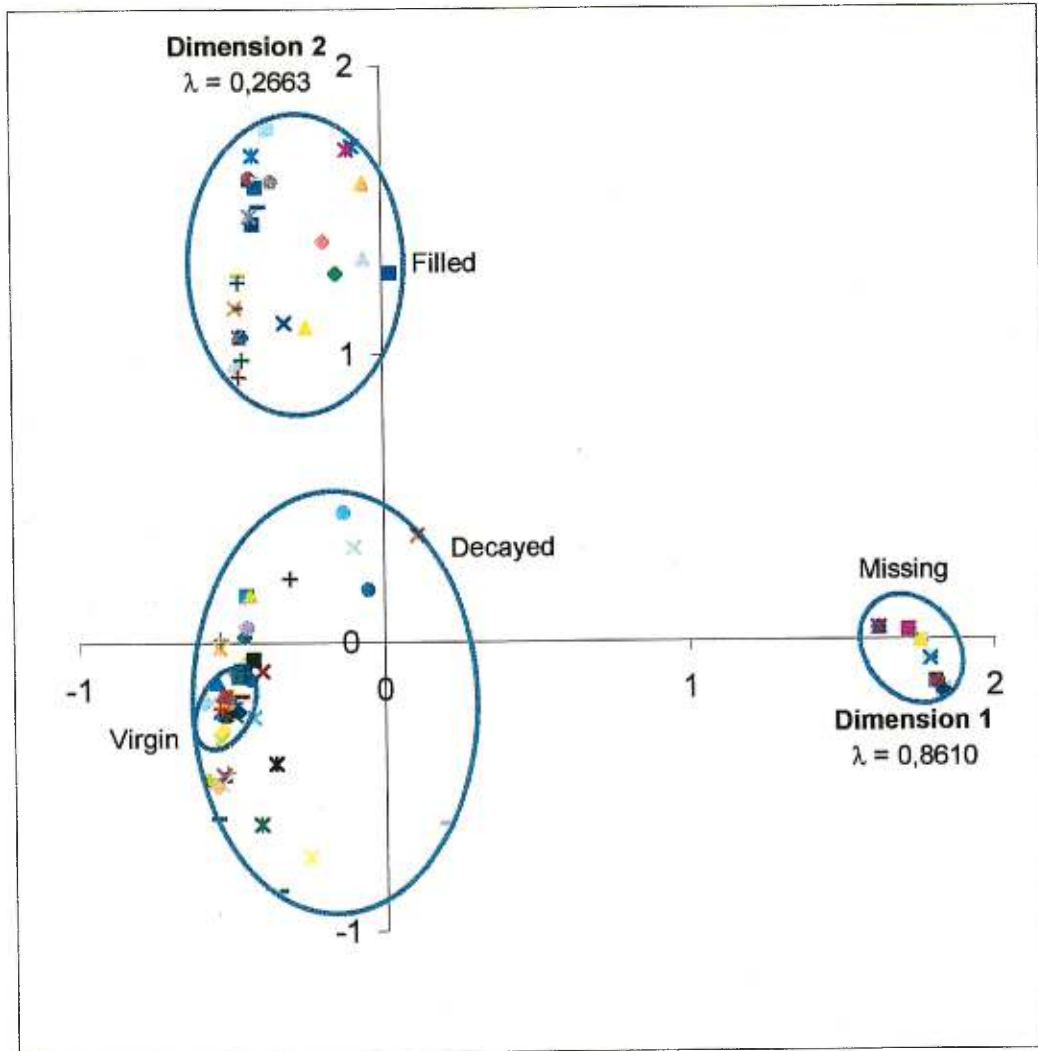


Figure 5 : Quantification of categories along dimensions 1 and 3 for analysis of surfaces of second lower bicuspid

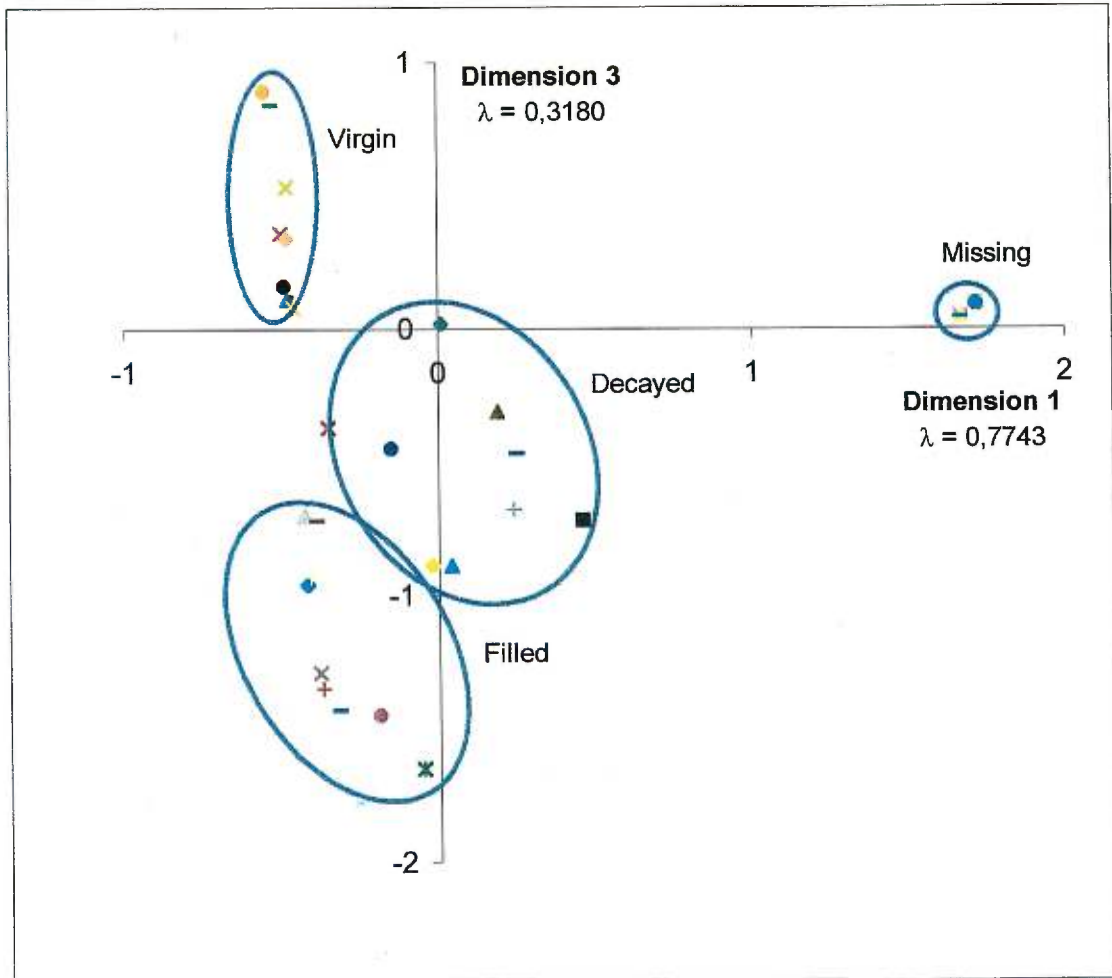
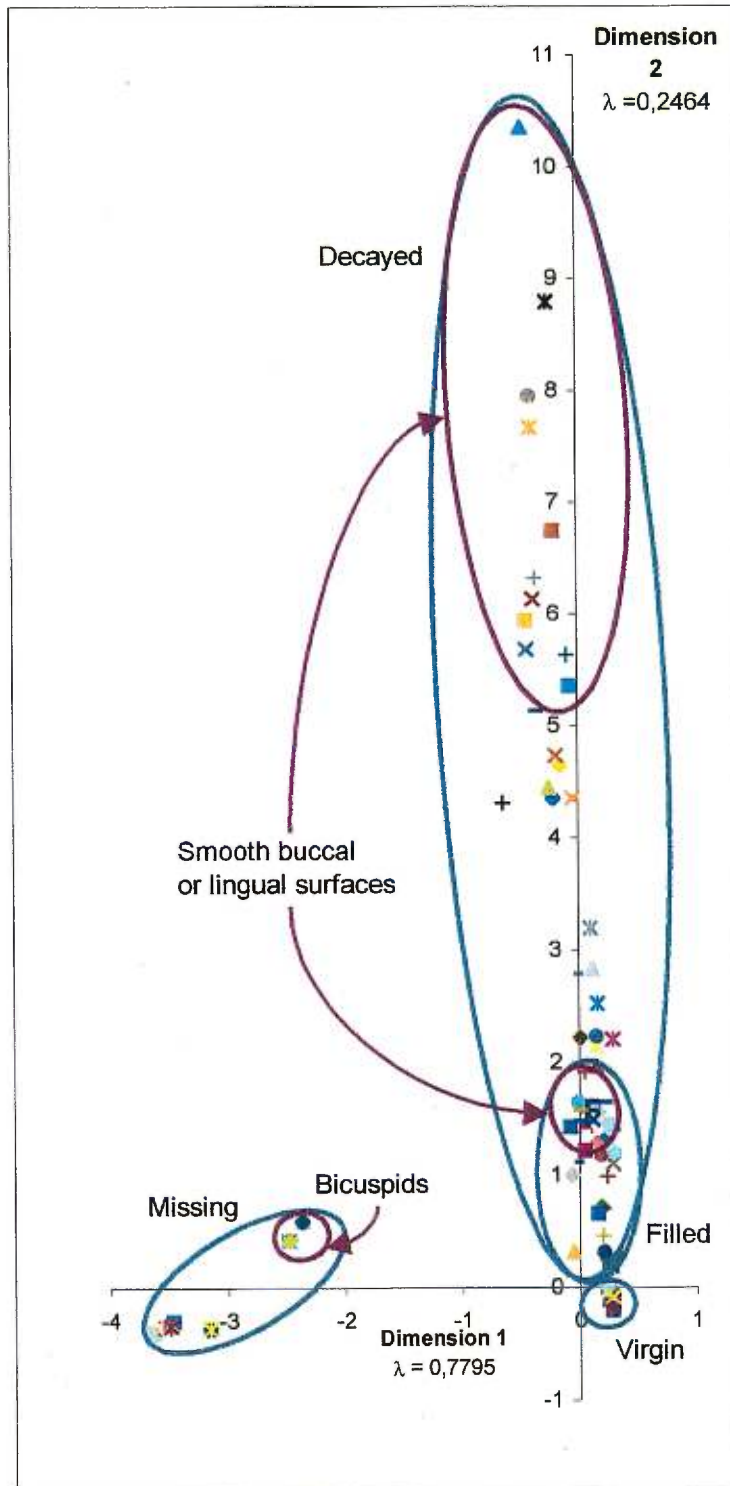


Figure 6 : Quantification of categories along dimensions 1 and 2 for analysis of surfaces of the eight lower anterior teeth



2. VALIDATION CROISÉE

Nous avons procédé aux AH présentées dans l'article sur les données du deuxième sous-échantillon. Les caractéristiques techniques des AH sont les mêmes que celles faites sur les données du premier échantillon et sont décrites dans la section de méthodologie de l'article. Le tableau 34 donne les inerties selon les dimensions ainsi que le pourcentage d'inertie totale pour les six analyses faites sur les regroupements de dents.

Mise à part la troisième dimension de l'analyse 4, les pourcentages d'inertie dans chacune des dimensions ne varient pas de plus de 0,7 % par rapport aux résultats du premier sous-échantillon. Ces observations viennent appuyer la validation croisée. En général, les représentations graphiques se rapprochent également des résultats du premier sous-échantillon. Les graphiques des analyses faites sur les deux sous-échantillons sont placés à l'annexe 4 pour alléger la présentation des résultats. Les axes issus de ces AH peuvent être interprétés de la même façon que ceux issus des six analyses faites sur le premier sous-échantillon. Si l'apparence générale des graphiques est la même, l'orientation des axes peut être inversée. Par exemple, prenons la première dimension dans l'analyse des troisièmes molaires (annexe 4, graphiques A4.1 à A4.4). Dans le premier sous-échantillon (graphiques A4.1 et A4.2), les surfaces absentes sont opposées aux autres surfaces et sont situées du côté négatif de l'axe alors que dans le sous-échantillon 2

(graphiques A4.3 et A4.4), les surfaces absentes sont du côté positif de l'axe.

Cette particularité, résultant du type d'analyse, ne nuit pas à la validation croisée.

Tableau 34 : Inerties et pourcentages d'inertie totale dans chacune des dimensions et au total (3 dimensions) pour les six AH faites à partir des données du deuxième sous-échantillon

	D1	D2	D3	TOTAL
Analyse 1 : troisièmes molaires				
Inertie	0,5732	0,3017	0,2184	1,0933
% d'inertie	19,1	10,0	7,3	36,4
Analyse 2 : premières et deuxièmes molaires				
Inertie	0,5497	0,1865	0,1653	0,9015
% d'inertie	18,3	6,2	5,5	30,0
Analyse 3 : prémolaires supérieures				
Inertie	0,7612	0,2987	0,2732	1,3331
% d'inertie	25,4	9,9	9,1	44,4
Analyse 4 : six antérieures supérieures				
Inertie	0,8612	0,2553	0,2495	1,3660
% d'inertie	28,7	8,5	8,3	45,5
Analyse 5 : deuxièmes prémolaires inférieures				
Inertie	0,7704	0,3910	0,3194	1,4808
% d'inertie	25,7	13,0	10,7	49,4
Analyse 6 : huit antérieures inférieures				
Inertie	0,7932	0,2488	0,2171	1,2591
% d'inertie	26,5	8,3	7,2	42,0

D1 = dimension 1, D2 = dimension 2, D3 = dimension 3

La troisième dimension de l'analyse des six antérieures supérieures (**analyse 4**) explique 4,9 % de l'inertie totale dans le premier sous-échantillon (voir table 2 de l'article) alors qu'elle explique 8,3 % de l'inertie totale dans le second. Même si cet écart est faible, il est important de le mentionner puisqu'il contribue à augmenter l'inertie totale expliquée dans l'AH des données du premier sous-échantillon. Dans le premier ensemble de données, l'inertie totale expliquée était de 42,5 % et elle grimpe à 45,5 % dans le second. De plus, cette variation dans l'inertie expliquée est accompagnée d'une particularité dans les graphiques. La représentation graphique de la deuxième dimension extraite des données du premier sous-échantillon (voir annexe 4, graphique A4.13) correspond à celle de la troisième dimension extraite des données du deuxième sous-échantillon (voir annexe 4, graphique A4.16) et *vice versa*. Cette particularité vient s'ajouter aux variations des valeurs propres pour illustrer que les deuxième et troisième dimensions ont des pouvoirs explicatifs rapprochés. Ces deux dimensions peuvent donc, d'un échantillon à l'autre, être extraites dans un ordre qui varie.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, il n'existe pas de test statistique portant sur l'ensemble des inerties issues des AH. Cependant, les valeurs numériques proches les unes des autres nous incitent à conclure que les résultats issus des AH sont stables d'un échantillon à l'autre.

Conclusion

L'objectif premier de cette étude était d'identifier des dimensions porteuses de sens sous-jacentes à la santé dentaire. À l'aide d'analyses multidimensionnelles, nous avons exploré les relations qui existent entre des variables simples à mesurer, les mêmes que nous utilisons pour calculer le CAO.

L'analyse conjointe de toutes les surfaces dentaires s'est avérée peu révélatrice. La quantité d'inertie expliquée était faible et une seule dimension, la première, expliquait une quantité acceptable d'inertie totale. Nous avons donc entrepris six AH sur des regroupements de dents plus homogènes. Nous avons pu identifier différentes dimensions, chacune d'elles isolant une composante simple du CAO. La première dimension des six analyses avait toujours la même apparence graphique ; elle opposait les surfaces absentes aux autres surfaces. Nous avons interprété cet axe comme un axe d'attitudes individuelles face à la santé dentaire. Éventuellement, un indice composite calculé à partir des scores optimaux individuels obtenus selon la première dimension devrait être mis en relation avec des variables reflétant les attitudes face à la santé dentaire afin de déterminer la sensibilité de l'indice à ces variables.

L'interprétation des deuxième et troisième dimensions de chacune des six analyses variait selon les dents considérées. Par exemple, nous avons interprété la

deuxième dimension dans les analyses des dents supérieures (antérieures et prémolaires) comme reflétant l'utilisation des soins de santé dentaire. Pour les dents inférieures (prémolaires et antérieures), cette interprétation était plutôt réservée à la troisième dimension. Cependant, les inerties respectives de ces deux dimensions étaient très rapprochées. De plus, lors de la validation croisée, nous avons vu que, dans l'analyse des six antérieures supérieures, les dimensions 2 et 3 étaient extraites dans un ordre différent selon l'échantillon analysé. L'importance relative des dimensions 2 et 3 ne devrait donc pas, selon nous, faire l'objet d'une polémique. Les deux axes extraits après la première dimension ont des pouvoirs explicatifs rapprochés et l'interprétation de ces deux axes a tentativement été définie comme : (1) l'utilisation des soins de santé dentaire et (2) les besoins de traitements dentaires.

L'analyse des deuxièmes prémolaires inférieures est la seule analyse dont une des dimensions a été définie comme étant influencée par la « susceptibilité ». Jackson et al.³³, dans un article sur la distribution de l'atteinte carieuse sur les incisives inférieures permanentes, parlent des « vulnérabilités » intrinsèque et extrinsèque des sites. Ils mentionnent que le patron d'atteinte carieuse des surfaces interproximales des incisives inférieures indique qu'une influence endogène (susceptibilité de la dent) semble plus probable qu'une influence exogène (influence du milieu buccal) dans l'explication de l'atteinte carieuse de ces dents. La raison pour laquelle les auteurs ont choisi d'étudier les incisives inférieures

pour expliciter la vulnérabilité n'est pas claire mais il est possible que cette influence de la susceptibilité intrinsèque soit plus évidente au niveau des dents qui sont rarement atteintes par la carie (c'est-à-dire qui ont une demie-vie longue).

Il est recommandé d'appliquer l'AH à des échantillons présentant des caractéristiques différentes afin de déterminer la généralisabilité des interprétations graphiques et la stabilité des solutions. S'il s'avérait que l'AH donne des résultats stables dans différentes populations, il est impératif de mettre à l'épreuve les interprétations des axes. Il faudrait calculer des indices pondérés à l'aide de chacune des dimensions et les soumettre à des analyses de régressions afin de déterminer leur sensibilité aux variables représentant les construits théoriques mis de l'avant ici.

Bibliographie

1. Sheiham A, Maizels J, Maizels A: New composite indicators of dental health. *Comm Dent Health* 1987;4:407-414.
2. Marcenes WS, Sheiham A: Composite indicators of dental health : functioning teeth and the number of sound equivalent teeth (T-Health). *Comm Dent Oral Epidemiol* 1993;21:374-378.
3. Lewis JM: Improving dental health status indicators for evaluation. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1996;24:32-36.
4. Lawrence HP, Beck JD, Hunt RJ, Koch GG: Adjustment of the M-component of the DMFS index for prevalence studies of older adults. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1996;24:322-331.
5. Fleiss JL, Kingman A: Statistical management of data in clinical research. *Oral Biol Med* 1990;1:55-66.
6. Jakobsen JR, Hunt RJ: Validation of oral status indicators. *Comm Dent Health* 1990;1990:3-279.
- 7a. Brodeur JM, Payette M, Olivier M, Chabot D, Benigeri M, Williamson S: Étude sur la santé buccodentaire des adultes québécois de 35 à 44 ans ' Ministère de la santé et des services sociaux, Québec, 1998: 159p.
7. Burt BA: The future of the caries decline. *J Public Health Dent* 1985;45:261-269.
8. Davies AL, Bailit HL, Holtby S: Oral health in the US. Will improve health lead to decreased demand for dental services. *J Dent Educ* 1985;49:427-431.
9. Angelillo IF, Nobile CGA, Pavia M: Survey of reasons for extraction of permanent teeth in Italy. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1996;24:336-340.
10. Klock KS, Haugeje Jordan O: An analysis of primary and contributing reasons for extraction of permanent teeth given by dentists. *Acta Odont Scand* 1993;51:371-378.

11. Hill IN, Muller TP, Blayney JR: Significance of permanent teeth extracted for orthodontic reasons. *J Dent Res* 1968;47:750-759.
12. Turunen S, Nyssönen V, Vesala H: Perspectives on poor dental health and its determinants. *Comm Dent Health* 1992;10:49-55.
13. Cohen ME, Cecil JC: Number of independent variables in the regression based prediction of oral health. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1982;10:268-271.
14. Clarkson JE, Worthington HV: Association between untreated caries and age, gender and dental attendance in adults. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1993;21:126-128.
15. Anderson RJ, James PMC, James DM, Norden H: Dental caries experience and treatment patterns. *British Dent J* 1971;131:67-71.
16. Santé et bien-être social Canada. La dentisterie préventive : pratique, règles et recommandations. 2, 1-340. 1981. Ministère santé et bien-être social.
17. Bjertness E, Eriksen HM, Hansen BF: Factors of importance for changes in dental caries among adults. A follow-up study of Oslo citizens from the age of 35 to 50 years. *Acta Odont Scand* 1992;50:193-200.
18. Bjertness E, Eriksen HM: Design of a socio-ecologic caries model and testing on 50-yr-old citizens of Oslo, Norway. *Acta Odont Scand* 1992;50:151-162.
19. Granath LE, Schröder U: Explanatory model for the interaction of factors in the caries process. *Acta Odontol Scand* 1978;36:253-256.
20. Norlén P, Östberg H, Björn AL: Relationship between general health, social factors and oral health in women at the age of retirement. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1991;19:196-301.
21. Jenny J, Frazier PJ, Bagramian RA, Proshok JM: Explaining variability in caries experience using an ecological model. *J Dent Res* 1974;53:554-564.
22. Anaise JZ: Measurement of dental caries experience - modification of the DMFT index. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1984;12:43-46.

23. Frencken JE, Van Palenstein Helderma WH, Mulder J: Correction factor for the M-component in DMFS-index in child and adolescent population in Tanzania. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1990;18:159-160.
24. Gagnot G, Bansard JY, Kerbaol M, Yardin M: Analyse factorielle des correspondances appliquée à une enquête sur l'hygiène bucco-dentaire. *J de Biologie Buccale* 1977;5:85-91.
25. Nishisato S: *Elements of dual scaling : An introduction to practical data analysis*, Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates Inc.; 1994:1.
26. Worthington HV, Adkins BL: Analysis of covariance in caries clinical trials using groupings of teeth. *J Dent Res* 1985;64:102-105.
27. Douglass JM, Wei Y, Zhang BX, Tinanoff N: Dental caries in preschool Beijing and Connecticut children as described by a new caries analysis system. *Comm Dent Oral Epidemiol* 1994;22:94-99.
28. Johnsen DC, Schubot D, Bhat M, Jones PK: Caries pattern identification in primary dentition: a comparison of clinician assignment and clinical analysis groupings. *Pediatric Dent* 1993;15:113-115.
29. Adler P, Szabo Z: Comparison of two mathematical descriptions of the cumulative caries prevalence. *Acta Medica acad Scientiarum Hungaricae* 1979;36:211-222.
30. Koroluk LD, Hoover JN, Komiyama K: Factors related to plaque distribution in a group of Canadian preschool children. *Int J Paediatric Dent* 1994;4:167-172.
31. Boffa J, Shwartz M, Ash A, Pliskin JS, Gröndahl HG: Bilateral dental caries from the individual perspective: a definition and a statistical test for its existence. *Caries Res* 1986;20:91-95.
32. Barnaud J, Morin D: Indice de symétrie de la croissance dentaire et de la carie dentaire. *Revue d'Odontostomatologie* 1974;3:329-332.
33. Jackson D, Fairpo CG, Burch PRJ: Non-random frequency distributions of caries attacks among mesial and distal surfaces of human permanent mandibular incisors. *Arch Oral Biol* 1973;18:1205-1213.

ANNEXE 1

Le tableau A1.1 illustre la matrice des mesures de discrimination pour les 166 variables correspondant aux surfaces coronaires des 32 dents. Chacun des rangs de la matrice représente une variable. Par exemple la surface mésiale de la couronne de la troisième molaire supérieure droite est dénotée par MES18C1.

Lorsque le nom d'une variable commence par :

1. « MES », il s'agit de la surface mésiale ;
2. « BUL », il s'agit de la surface buccale lisse ;
3. « BUS », il s'agit de la surface buccale non lisse (avec un sillon de développement) ;
4. « DIS », il s'agit de la surface distale ;
5. « LIL », il s'agit de la surface linguale lisse ;
6. « LIS », il s'agit de la surface linguale non lisse (avec un sillon de développement) ;
7. « OCC », il s'agit de la surface occlusale.

Tableau A1.1 : Mesures de discrimination des 166 variables issues de l'AH selon 4 dimensions

VARIABLES	DIMENSIONS			
	1	2	3	4
MES18C1	0,092	0,112	0,129	0,258
BUL18C1	0,092	0,123	0,122	0,252
DIS18C1	0,093	0,116	0,140	0,301
LIS18C1	0,091	0,108	0,118	0,249
LIL18C1	0,091	0,106	0,124	0,265
OCC18C1	0,092	0,140	0,120	0,171
MES17C1	0,514	0,183	0,053	0,014
BUL17C1	0,512	0,092	0,045	0,016
DIS17C1	0,512	0,091	0,046	0,003
LIS17C1	0,513	0,059	0,053	0,045
LIL17C1	0,514	0,044	0,055	0,020
OCC17C1	0,513	0,162	0,072	0,026
MES16C1	0,385	0,190	0,120	0,105
BUL16C1	0,384	0,090	0,106	0,036
DIS16C1	0,385	0,177	0,106	0,044
LIS16C1	0,384	0,092	0,107	0,058
LIL16C1	0,385	0,102	0,108	0,055
OCC16C1	0,385	0,141	0,118	0,085
MES15C1	0,552	0,209	0,049	0,016
BUL15C1	0,548	0,035	0,035	0,032
DIS15C1	0,549	0,207	0,040	0,016
LIL15C1	0,549	0,032	0,038	0,065
OCC15C1	0,552	0,252	0,042	0,048
MES14C1	0,557	0,178	0,020	0,006

Tableau A1.1 : Mesures de discrimination des 166 variables issus de l'AH selon 4 dimensions (suite)

VARIABLES	DIMENSIONS			
	1	2	3	4
BUL14C1	0,555	0,030	0,014	0,008
DIS14C1	0,555	0,228	0,027	0,014
LIL14C1	0,557	0,044	0,025	0,002
OCC14C1	0,557	0,302	0,049	0,073
MES13C1	0,708	0,136	0,019	0,026
BUL13C1	0,706	0,069	0,013	0,044
DIS13C1	0,701	0,170	0,015	0,024
LIS13C1	0,698	0,074	0,002	0,002
LIL13C1	0,700	0,099	0,006	0,017
MES12C1	0,678	0,193	0,032	0,061
BUL12C1	0,675	0,090	0,020	0,046
DIS12C1	0,675	0,143	0,028	0,045
LIS12C1	0,673	0,110	0,027	0,027
LIL12C1	0,673	0,088	0,017	0,020
MES11C1	0,695	0,170	0,015	0,035
BUL11C1	0,697	0,088	0,027	0,048
DIS11C1	0,697	0,177	0,040	0,096
LIS11C1	0,692	0,057	0,027	0,012
LIL11C1	0,693	0,068	0,018	0,024
MES21C1	0,710	0,186	0,024	0,044
BUL21C1	0,709	0,084	0,011	0,005
DIS21C1	0,716	0,219	0,035	0,068
LIS21C1	0,709	0,081	0,011	0,001
LIL21C1	0,710	0,109	0,023	0,029

Tableau A1.1 : Mesures de discrimination des 166 variables issus de l'AFH selon 4 dimensions (suite)

VARIABLES	DIMENSIONS			
	1	2	3	4
MES22C1	0,654	0,201	0,014	0,003
BUL22C1	0,653	0,087	0,029	0,086
DIS22C1	0,655	0,181	0,029	0,056
LIS22C1	0,651	0,092	0,019	0,022
LIL22C1	0,653	0,097	0,026	0,011
MES23C1	0,714	0,144	0,013	0,050
BUL23C1	0,717	0,073	0,019	0,032
DIS23C1	0,714	0,174	0,006	0,013
LIS23C1	0,713	0,079	0,008	0,005
LIL23C1	0,712	0,094	0,007	0,005
MES24C1	0,571	0,194	0,039	0,116
BUL24C1	0,566	0,048	0,034	0,119
DIS24C1	0,567	0,206	0,048	0,089
LIL24C1	0,566	0,046	0,028	0,067
OCC24C1	0,570	0,231	0,061	0,106
MES25C1	0,512	0,196	0,046	0,137
BUL25C1	0,512	0,071	0,041	0,136
DIS25C1	0,512	0,200	0,077	0,152
LIL25C1	0,514	0,066	0,066	0,172
OCC25C1	0,513	0,212	0,055	0,119
MES26C1	0,383	0,162	0,123	0,060
BUL26C1	0,383	0,080	0,115	0,024
DIS26C1	0,383	0,155	0,118	0,034
LIS26C1	0,382	0,095	0,128	0,059

Tableau A1.1 : Mesures de discrimination des 166 variables issus de l'AH selon 4 dimensions (suite)

VARIABLES	DIMENSIONS			
	1	2	3	4
LIL26C1	0,382	0,088	0,122	0,060
OCC26C1	0,382	0,133	0,119	0,035
MES27C1	0,532	0,149	0,069	0,068
BUL27C1	0,535	0,122	0,058	0,072
DIS27C1	0,532	0,092	0,077	0,091
LIS27C1	0,533	0,075	0,077	0,094
LIL27C1	0,534	0,066	0,085	0,141
OCC27C1	0,534	0,147	0,070	0,027
MES28C1	0,083	0,106	0,142	0,239
BUL28C1	0,082	0,094	0,126	0,188
DIS28C1	0,082	0,102	0,131	0,214
LIS28C1	0,082	0,091	0,138	0,250
LIL28C1	0,083	0,082	0,133	0,221
OCC28C1	0,083	0,123	0,130	0,175
MES38C1	0,047	0,093	0,164	0,213
BUS38C1	0,045	0,056	0,164	0,178
BUL38C1	0,047	0,069	0,164	0,184
DIS38C1	0,043	0,052	0,164	0,193
LIL38C1	0,051	0,051	0,170	0,196
OCC38C1	0,045	0,111	0,168	0,203
MES37C1	0,373	0,148	0,080	0,070
BUS37C1	0,369	0,102	0,057	0,084
BUL37C1	0,370	0,112	0,071	0,138
DIS37C1	0,374	0,097	0,074	0,174

Tableau A1.1 : Mesures de discrimination des 166 variables issus de l'AH selon 4 dimensions (suite)

VARIABLES	DIMENSIONS			
	1	2	3	4
LIL37C1	0,372	0,099	0,075	0,151
OCC37C1	0,369	0,137	0,079	0,119
MES36C1	0,252	0,139	0,142	0,211
BUS36C1	0,250	0,079	0,137	0,192
BUL36C1	0,253	0,094	0,142	0,220
DIS36C1	0,252	0,140	0,155	0,233
LIL36C1	0,253	0,118	0,153	0,245
OCC36C1	0,250	0,097	0,158	0,232
MES35C1	0,392	0,193	0,061	0,012
BUL35C1	0,406	0,105	0,060	0,026
DIS35C1	0,388	0,182	0,086	0,027
LIL35C1	0,393	0,062	0,059	0,033
OCC35C1	0,389	0,248	0,071	0,043
MES34C1	0,513	0,073	0,105	0,011
BUL34C1	0,508	0,072	0,143	0,069
DIS34C1	0,515	0,154	0,118	0,029
LIL34C1	0,492	0,028	0,098	0,003
OCC34C1	0,507	0,223	0,117	0,099
MES33C1	0,466	0,087	0,292	0,013
BUL33C1	0,467	0,079	0,341	0,147
DIS33C1	0,448	0,090	0,282	0,021
LIL33C1	0,440	0,061	0,273	0,029
MES32C1	0,488	0,139	0,300	0,029
BUL32C1	0,469	0,085	0,297	0,075

Tableau A1.1 : Mesures de discrimination des 166 variables issus de l'AH selon 4 dimensions (suite)

VARIABLES	DIMENSIONS			
	1	2	3	4
DIS32C1	0,509	0,127	0,302	0,020
LIL32C1	0,444	0,077	0,258	0,003
MES31C1	0,437	0,112	0,279	0,051
BUL31C1	0,416	0,094	0,264	0,080
DIS31C1	0,440	0,150	0,271	0,032
LIL31C1	0,405	0,091	0,243	0,019
MES41C1	0,419	0,114	0,264	0,043
BUL41C1	0,409	0,078	0,250	0,077
DIS41C1	0,441	0,131	0,261	0,027
LIL41C1	0,403	0,078	0,237	0,001
MES42C1	0,474	0,112	0,271	0,027
BUL42C1	0,462	0,081	0,276	0,026
DIS42C1	0,492	0,111	0,266	0,020
LIL42C1	0,448	0,065	0,251	0,001
MES43C1	0,450	0,093	0,296	0,020
BUL43C1	0,449	0,119	0,277	0,029
DIS43C1	0,425	0,084	0,260	0,007
LIL43C1	0,407	0,064	0,256	0,010
MES44C1	0,466	0,128	0,156	0,089
BUL44C1	0,487	0,105	0,152	0,060
DIS44C1	0,480	0,211	0,155	0,064
LIL44C1	0,464	0,078	0,141	0,036
OCC44C1	0,475	0,254	0,149	0,035
MES45C1	0,369	0,169	0,082	0,044

Tableau A1.1 : Mesures de discrimination des 166 variables issus de l'AH selon 4 dimensions (suite)

VARIABLES	DIMENSIONS			
	1	2	3	4
BUL45C1	0,360	0,074	0,048	0,024
DIS45C1	0,352	0,136	0,074	0,016
LIL45C1	0,349	0,029	0,049	0,015
OCC45C1	0,362	0,242	0,067	0,031
MES46C1	0,229	0,139	0,137	0,092
BUS46C1	0,229	0,054	0,136	0,084
BUL46C1	0,230	0,085	0,137	0,102
DIS46C1	0,229	0,114	0,143	0,113
LIL46C1	0,229	0,057	0,127	0,090
OCC46C1	0,232	0,117	0,157	0,114
MES47C1	0,351	0,124	0,068	0,074
BUS47C1	0,352	0,100	0,045	0,048
BUL47C1	0,352	0,077	0,042	0,066
DIS47C1	0,350	0,098	0,047	0,091
LIL47C1	0,357	0,044	0,056	0,070
OCC47C1	0,350	0,126	0,060	0,062
MES48C1	0,054	0,076	0,189	0,197
BUS48C1	0,053	0,085	0,221	0,216
BUL48C1	0,059	0,073	0,216	0,176
DIS48C1	0,053	0,072	0,213	0,242
LIL48C1	0,051	0,062	0,198	0,228
OCC48C1	0,052	0,134	0,205	0,135

ANNEXE 2

Le tableau A2.1 illustre les valeurs propres d'une AH à 30 dimensions sur les surfaces de toutes les dents. Le graphique A2.1 illustre « l'éboulis » (aussi appelé *scree plot*) des valeurs propres. Notons que la première dimension est dominante alors que les autres dimensions se partagent le reste de l'inertie expliquée par les 30 dimensions. L'inertie totale expliquée par les 30 dimensions est de 1,5352 soit environ 51 % de l'inertie totale et la moitié de cette inertie expliquée (0,7347 ou 24,4 % de l'inertie totale) se trouve dans les quatre premières dimensions.

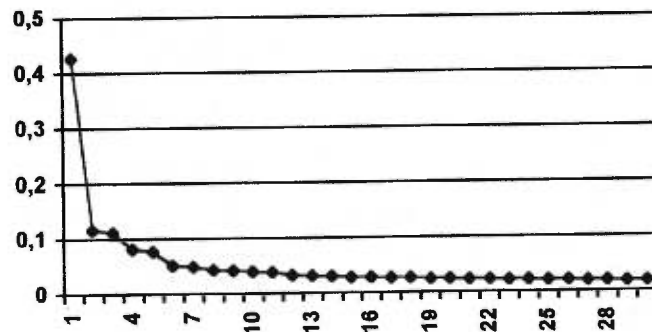
Tableau A2.1 : Valeurs propres pour les 30 premières dimensions de l'AH sur 166 surfaces

Dimension	Valeurs propres
1	0,4266
2	0,1158
3	0,1108
4	0,0815
5	0,0765
6	0,0505
7	0,0483
8	0,0428
9	0,0414
10	0,0398
11	0,0378

Tableau A2.1 : Valeurs propres pour les 30 premières dimensions de l'AH sur 166 surfaces (suite)

Dimension	Valeurs propres
12	0,0329
13	0,0317
14	0,0303
15	0,0281
16	0,0278
17	0,0265
18	0,0262
19	0,0248
20	0,0242
21	0,0234
22	0,0230
23	0,0226
24	0,0222
25	0,0212
26	0,0209
27	0,0203
28	0,0200
29	0,0188
30	0,0185

Graphique A2.1 : Valeurs propres illustrées par un graphique de l'éboulis ('scree plot').



ANNEXE 3

Le tableau A3.1 illustre la matrice des saturations dont les valeurs absolues sont supérieures à 0,35 pour l'AF (première approche) faite à partir des données du deuxième sous-échantillon (rotation orthogonale). Les caractéristiques techniques de cette AF sont inscrites au tableau 20 du chapitre 4.

Tableau A3.1 : Matrice des saturations, validation croisée, solution orthogonale

DENT	FACTEUR 1	FACTEUR 2	FACTEUR 3	FACTEUR 4	FACTEUR 5	FACTEUR 6
41	0,87447					
31	0,86224					
32	0,83694					
42	0,81585					
33	0,72387					
43	0,70022					
47		0,63209				
26		0,62259				
16		0,62066				
46		0,62047				
36		0,61512				
27		0,58742				
17		0,58000				
37		0,55564				
22			0,72911			
21			0,72212			
11			0,71735			
12			0,69193			
23			0,57678	0,35702		
13			0,54440	0,40131		
15				0,60791		
25				0,59990		
14				0,58696		
24		0,35419		0,57446		
18					0,63891	
28					0,59841	
48					0,59097	
38					0,58211	
44	0,39797					0,49835
34	0,36431					0,49828
35						0,48006
45						0,44480

Le tableau A3.2 illustre la matrice des saturations dont les valeurs absolues sont supérieures à 0,35 pour l'AF (deuxième approche) faite à partir des données du second sous-échantillon (rotation oblique). Les caractéristiques techniques de cette AF sont inscrites au tableau 23 du chapitre 4. Le tableau A3.3 illustre la matrice de corrélations entre les facteurs de la solution oblique.

Tableau A3.2 : Matrice des saturations, validation croisée, solution oblique

DENT	FACTEUR 1	FACTEUR 2	FACTEUR 3	FACTEUR 4	FACTEUR 5	FACTEUR 6
47	0,66957					
46	0,64313					
36	0,64240					
26	0,60222					
16	0,59784					
37	0,56691					
17	0,52748					
27	0,52448					
41		-0,95782				
31		-0,93901				
32		-0,88509				
42		-0,85091				
33		-0,69017				
43		-0,66465				
18			0,65160			
28			0,61432			
48			0,60990			
38			0,60812			
22				-0,76962		
21				-0,76864		
11				-0,76105		
12				-0,71444		
23				-0,53238		
13				-0,49054		
15					-0,65179	
25					-0,62596	
14					-0,61386	
24					-0,58307	
44						0,45459
34						0,45403
35						0,42324
45						0,39760

Tableau A3.3 : Matrice des corrélations entre les facteurs, validation croisée, solution oblique

	FACTEUR 1	FACTEUR 2	FACTEUR 3	FACTEUR 4	FACTEUR 5	FACTEUR 6
Facteur 1	1,00000					
Facteur 2	-0,35389	1,00000				
Facteur 3	0,24019	-0,28831	1,00000			
Facteur 4	-0,52274	0,46357	-0,31474	1,00000		
Facteur 5	-0,54639	0,38111	-0,31376	0,52306	1,00000	
Facteur 6	0,30610	-0,40515	0,23741	-0,23306	-0,27984	1,00000

ANNEXE 4

Les graphiques des pages suivantes correspondent aux quantifications des catégories des six AH faites sur les regroupements. Afin de pouvoir comparer les représentations graphiques, les quantifications issues des analyses sur le premier sous-échantillon sont placées à côté des quantifications issues des analyses sur le deuxième sous-échantillon. Les légendes de chacun des graphiques ont été placées au début du document afin d'en alléger la présentation. Chaque point sur les graphiques représente une des surfaces analysées. À l'aide d'ellipses, les surfaces ont été regroupées selon leurs caractéristiques. L'abréviation « AB » indique les surfaces absentes, « OB » les surfaces obturées, « CA » les surfaces cariées et « SA » les surfaces saines.

Légendes des graphiques

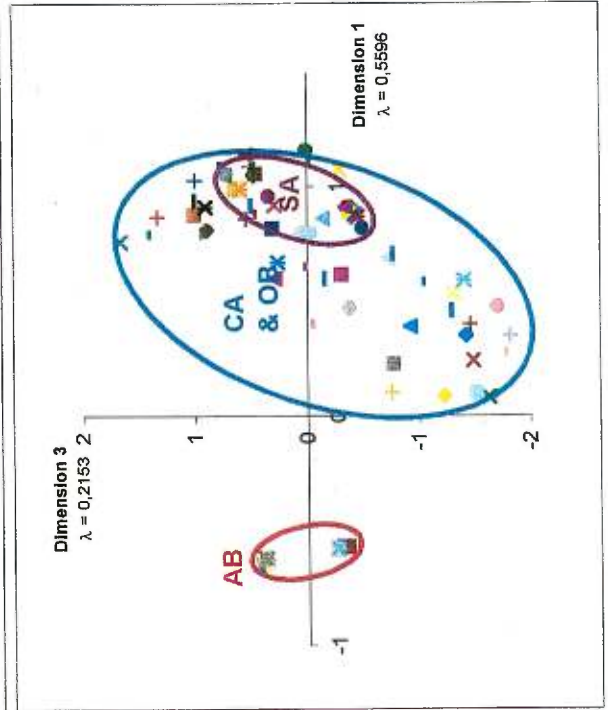
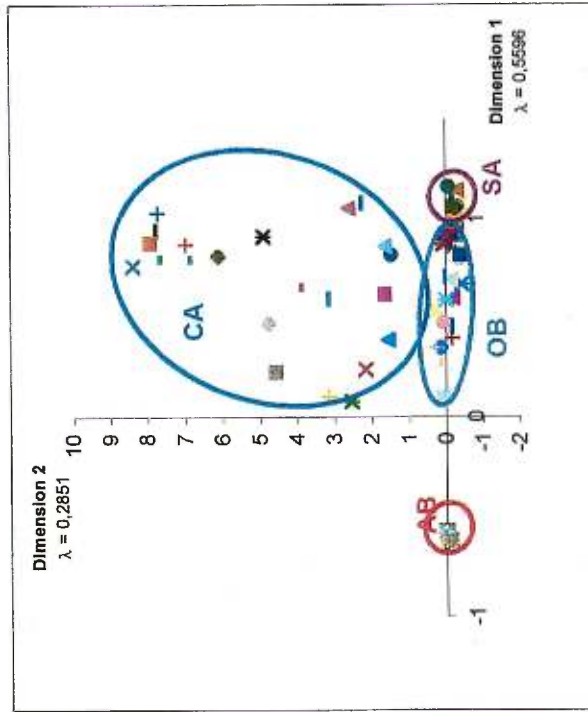
- Graphique A4.1 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 2 pour l'analyse des troisièmes molaires (analyse 1), données du premier sous-échantillon.
- Graphique A4.2 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 3 pour l'analyse des troisièmes molaires (analyse 1), données du premier sous-échantillon.
- Graphique A4.3 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 2 pour l'analyse des troisièmes molaires (analyse 1), données du deuxième sous-échantillon.
- Graphique A4.4 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 3 pour l'analyse des troisièmes molaires (analyse 1), données du deuxième sous-échantillon.

- Graphique A4.5 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 2 pour l'analyse des premières et secondes molaires (analyse 2), données du premier sous-échantillon.
- Graphique A4.6 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 3 pour l'analyse des premières et secondes molaires (analyse 2), données du premier sous-échantillon.
- Graphique A4.7 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 2 pour l'analyse des premières et secondes molaires (analyse 2), données du deuxième sous-échantillon.
- Graphique A4.8 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 3 pour l'analyse des premières et secondes molaires (analyse 2), données du deuxième sous-échantillon.
- Graphique A4.9 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 2 pour l'analyse des prémolaires supérieures (analyse 3), données du premier sous-échantillon.
- Graphique A4.10 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 3 pour l'analyse des prémolaires supérieures (analyse 3), données du premier sous-échantillon.
- Graphique A4.11 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 2 pour l'analyse des prémolaires supérieures (analyse 3), données du deuxième sous-échantillon.
- Graphique A4.12 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 3 pour l'analyse des prémolaires supérieures (analyse 3), données du deuxième sous-échantillon.
- Graphique A4.13 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 2 pour l'analyse des six antérieures supérieures (analyse 4), données du premier sous-échantillon.
- Graphique A4.14 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 3 pour l'analyse des six antérieures supérieures (analyse 4), données du premier sous-échantillon.
- Graphique A4.15 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 2 pour l'analyse des six antérieures supérieures (analyse 4), données du deuxième sous-échantillon.

- Graphique A4.16 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 3 pour l'analyse des six antérieures supérieures (analyse 4), données du deuxième sous-échantillon.
- Graphique A4.17 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 2 pour l'analyse des secondes prémolaires inférieures (analyse 5), données du premier sous-échantillon.
- Graphique A4.18 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 3 pour l'analyse des secondes prémolaires inférieures (analyse 5), données du premier sous-échantillon.
- Graphique A4.19 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 2 pour l'analyse des secondes prémolaires inférieures (analyse 5), données du deuxième sous-échantillon.
- Graphique A4.20 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 3 pour l'analyse des secondes prémolaires inférieures (analyse 5), données du deuxième sous-échantillon.
- Graphique A4.21 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 2 pour l'analyse des huit antérieures inférieures (analyse 6), données du premier sous-échantillon.
- Graphique A4.22 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 3 pour l'analyse des huit antérieures inférieures (analyse 6), données du premier sous-échantillon.
- Graphique A4.23 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 2 pour l'analyse des huit antérieures inférieures (analyse 6), données du deuxième sous-échantillon.
- Graphique A4.24 : Quantification des catégories selon les dimensions 1 et 3 pour l'analyse des huit antérieures inférieures (analyse 6), données du deuxième sous-échantillon.

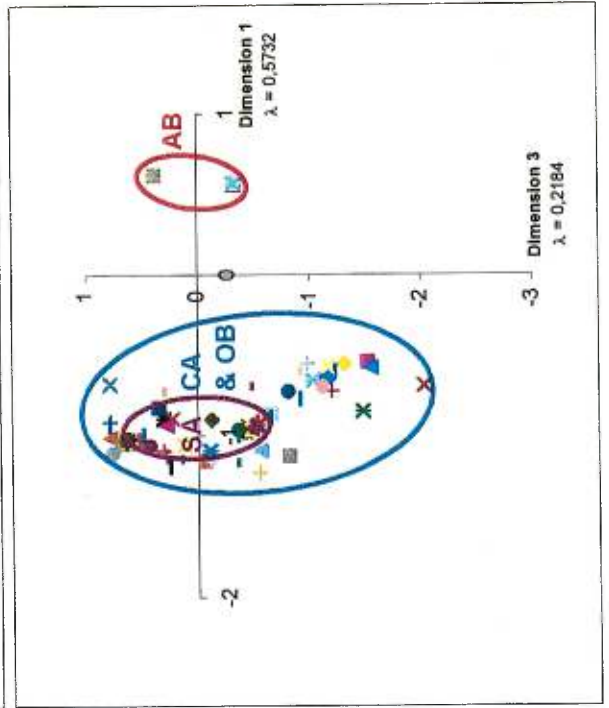
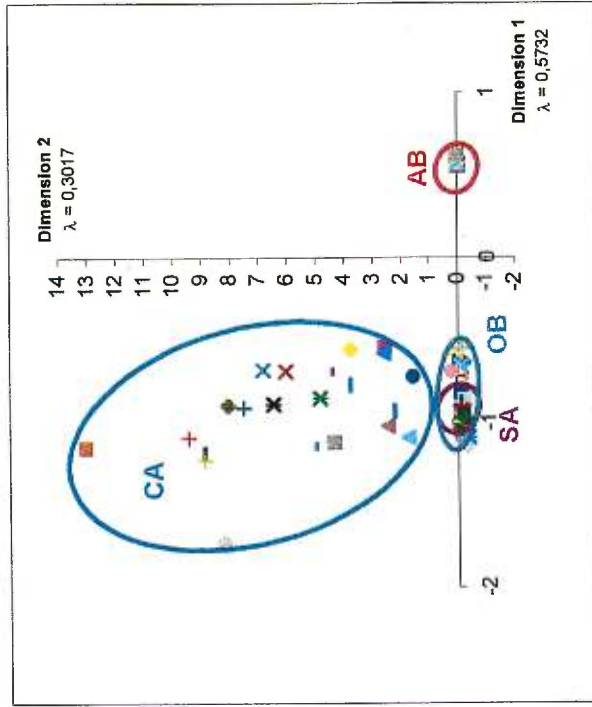
Graphiques A4.1 (haut) et A4.2(bas)

Analyse 1, quantification des catégories, sous-échantillon 1



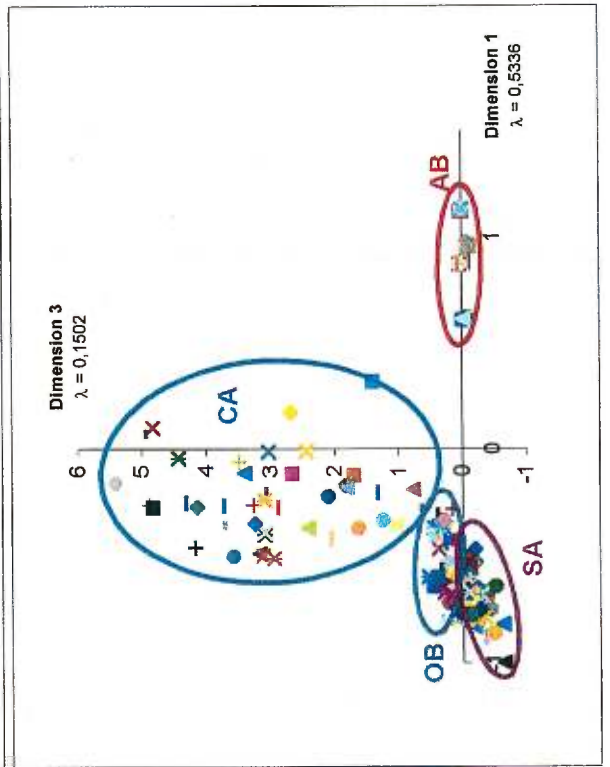
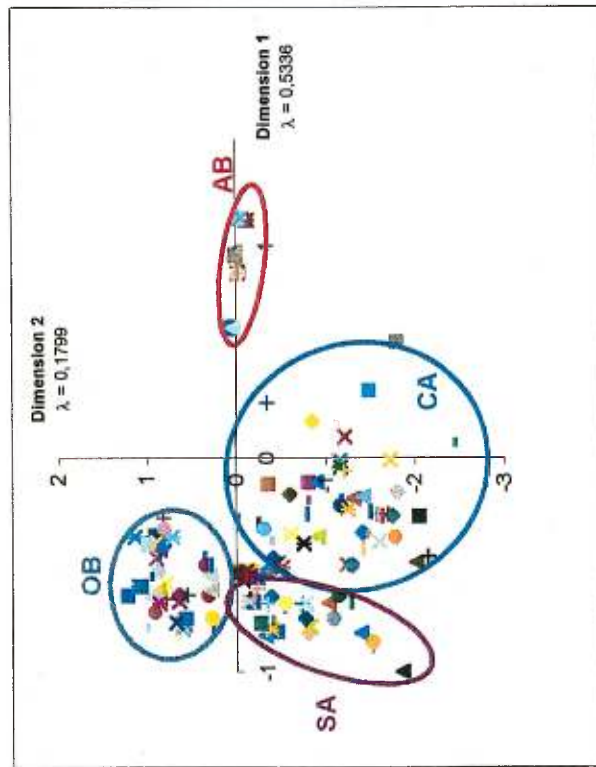
Graphiques A4.3 (haut) et A4.4 (bas)

Analyse 1, quantification des catégories, sous-échantillon 2



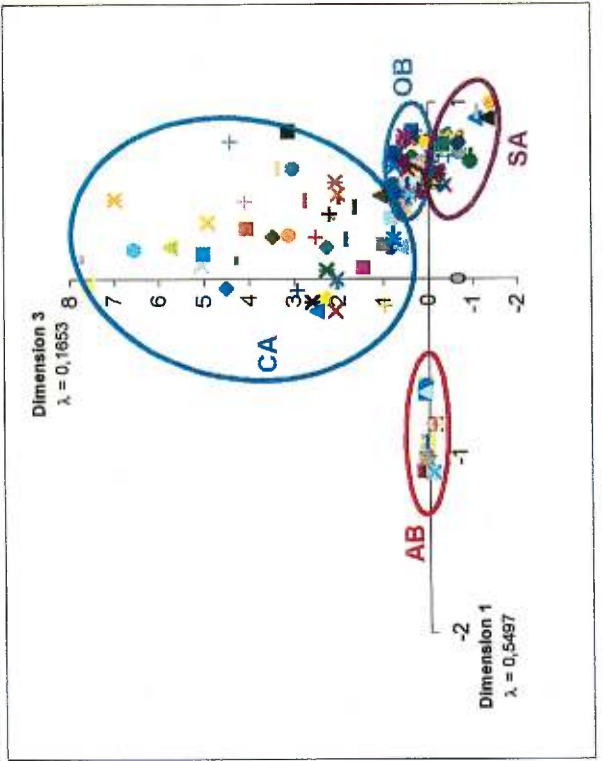
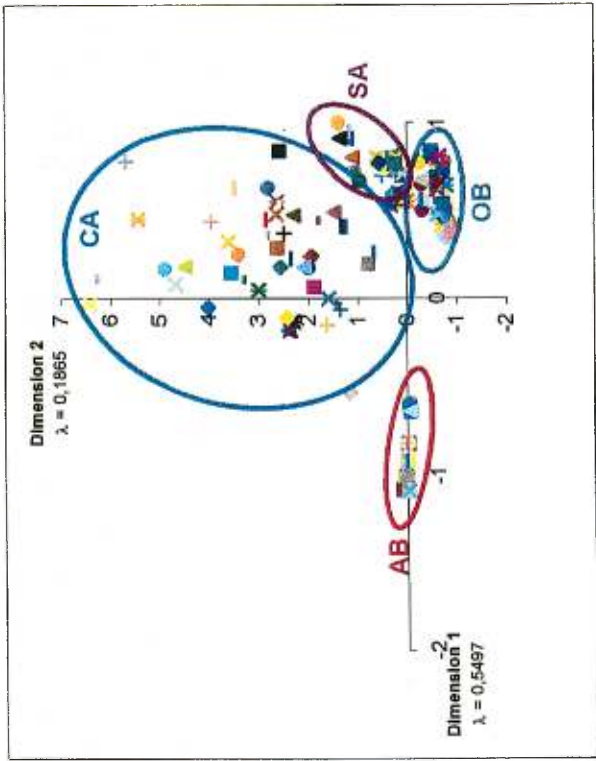
Graphiques A4.5 (haut) et A4.6(bas)

Analyse 2, quantification des catégories, sous-échantillon 1

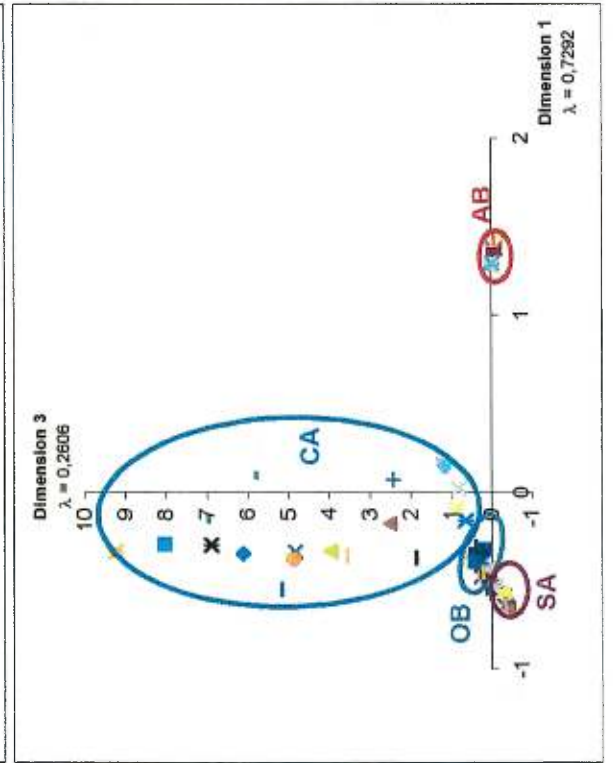
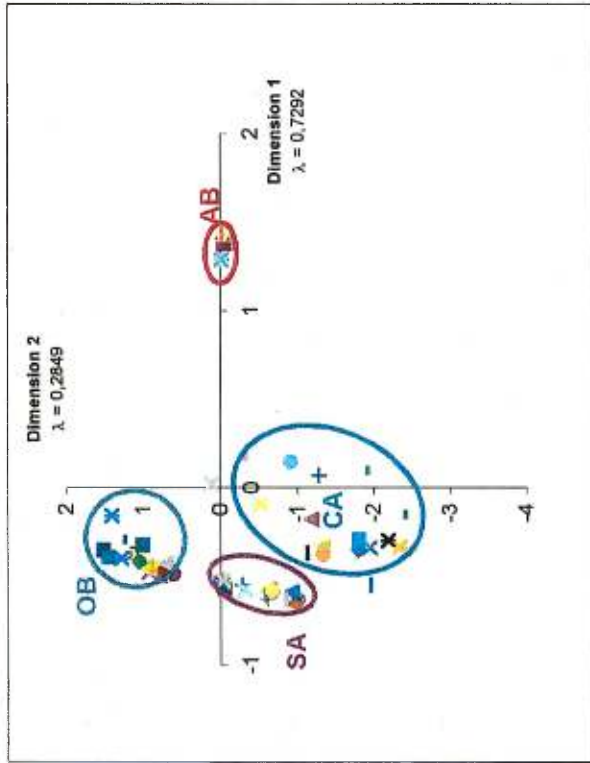


Graphiques A4.7 (haut) et A4.8 (bas)

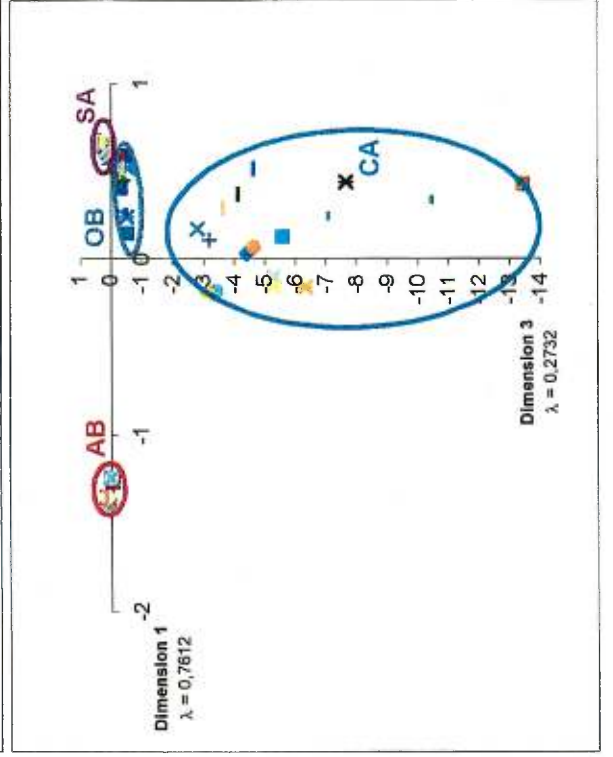
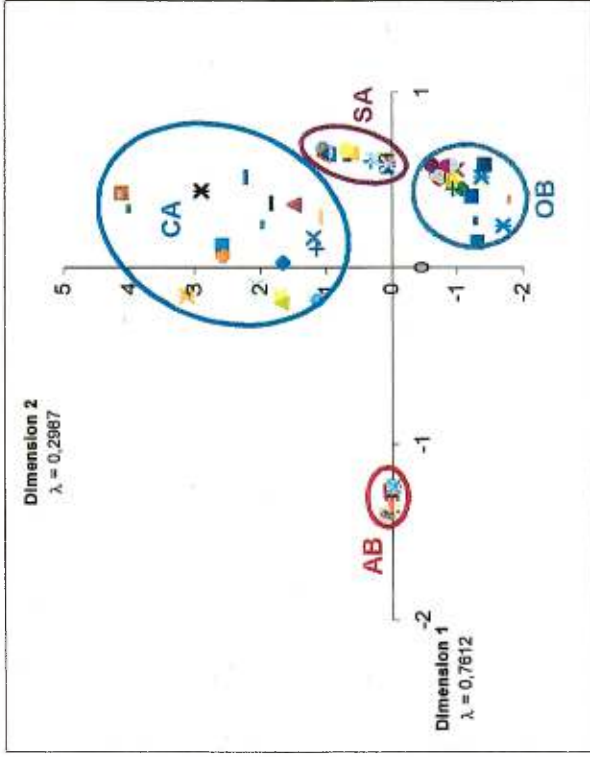
Analyse 2, quantification des catégories, sous-échantillon 2



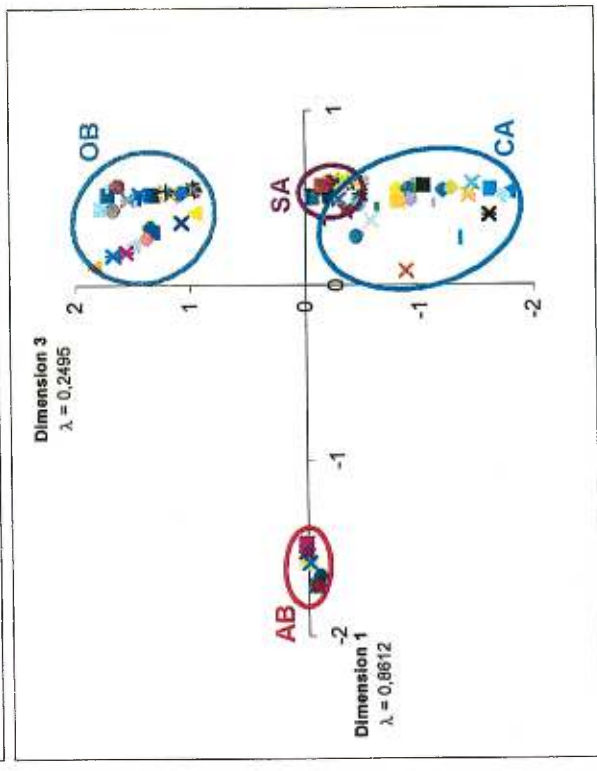
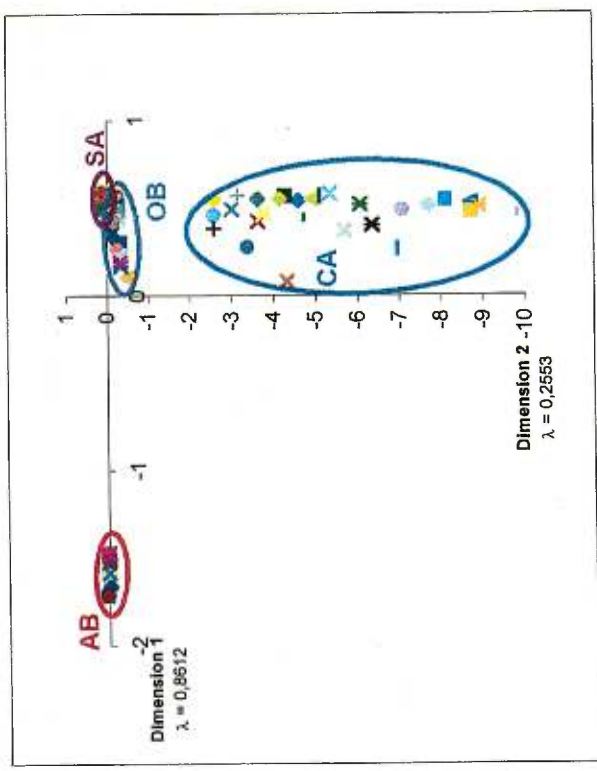
Graphiques A4.9 (haut) et A4.10(bas)
Analyse 3, quantification des catégories, sous-échantillon 1



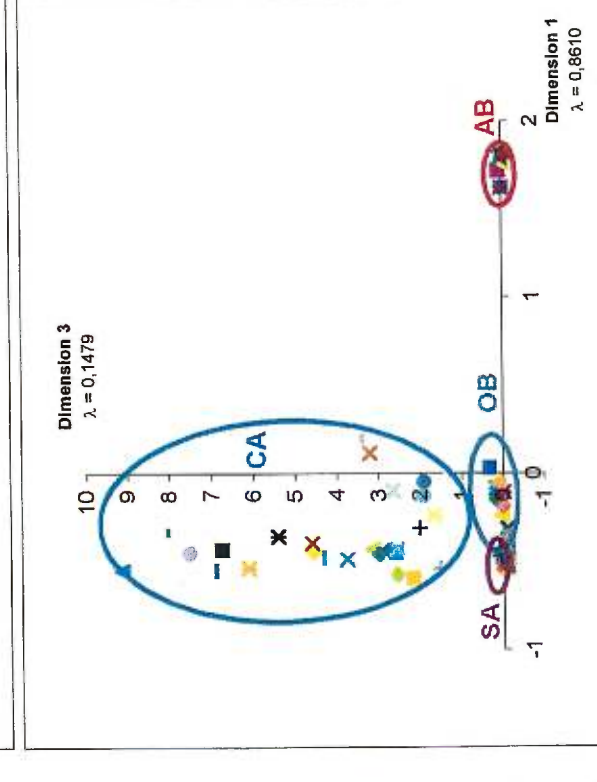
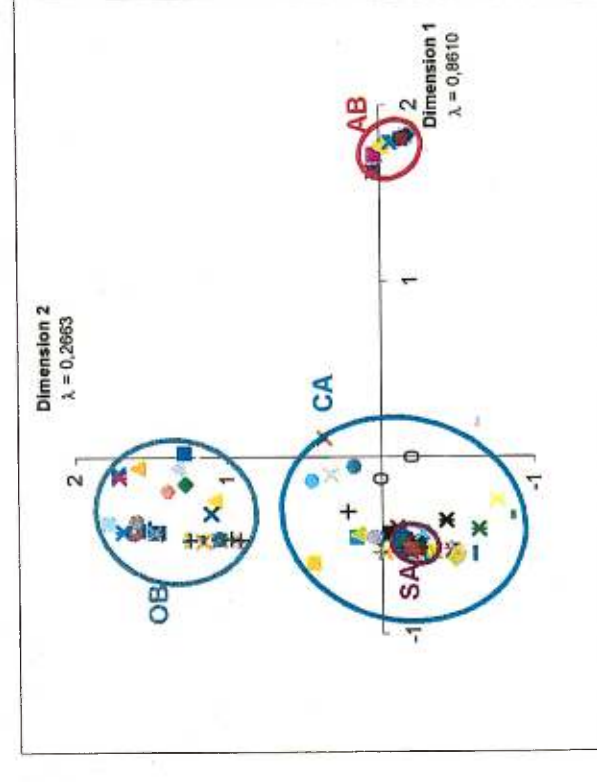
Graphiques A4.11 (haut) et A4.12 (bas)
Analyse 3, quantification des catégories, sous-échantillon 2



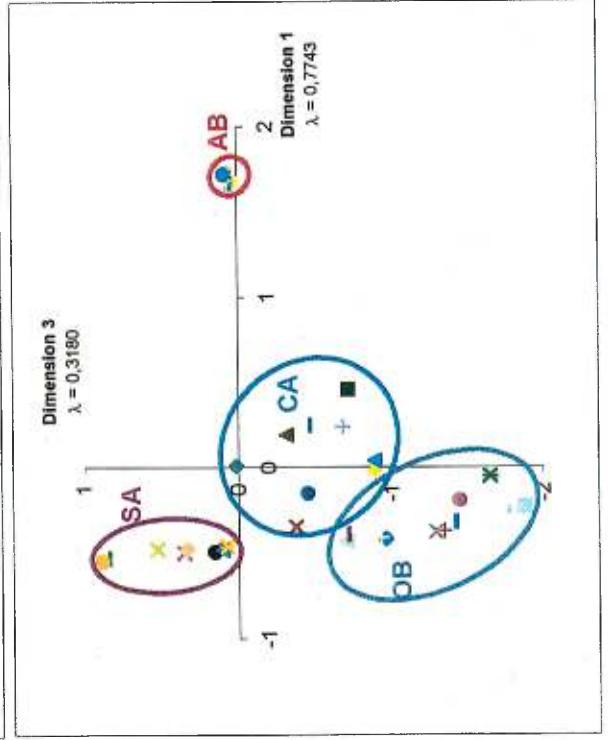
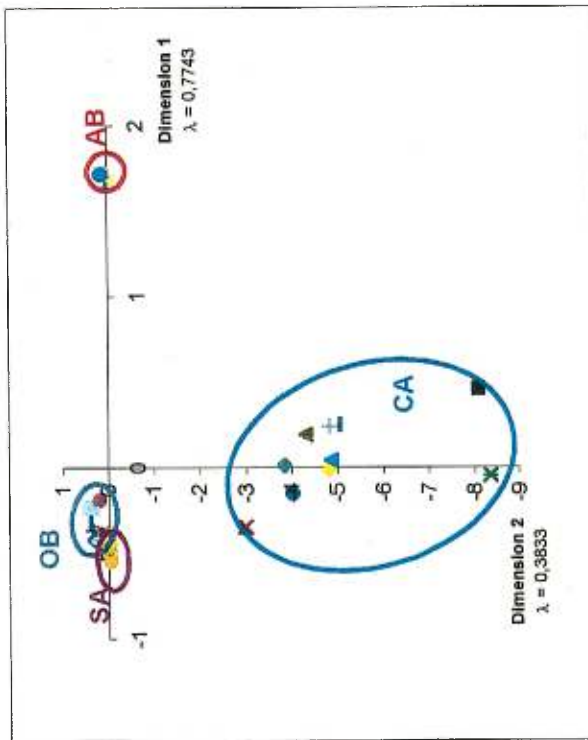
Graphiques A4.15 (haut) et A4.16 (bas)
Analyse 4, quantification des catégories, sous-échantillon 2



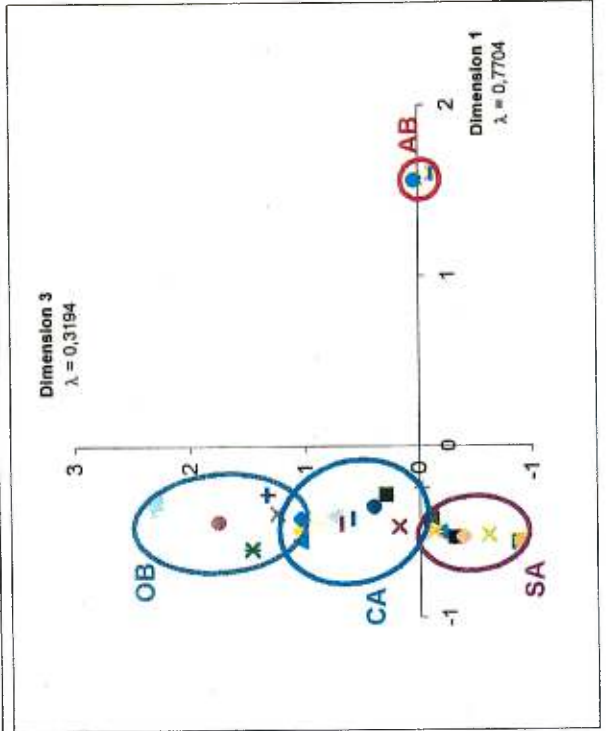
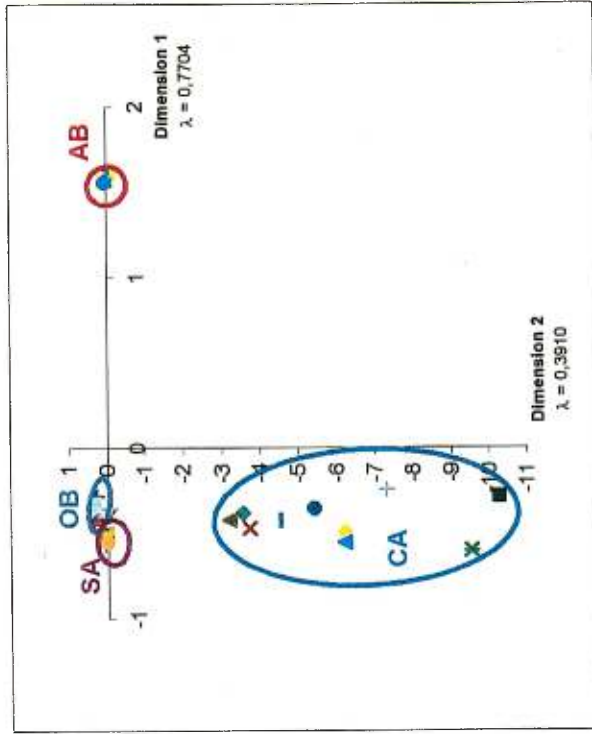
Graphiques A4.13 (haut) et A4.14(bas)
Analyse 4, quantification des catégories, sous-échantillon 1



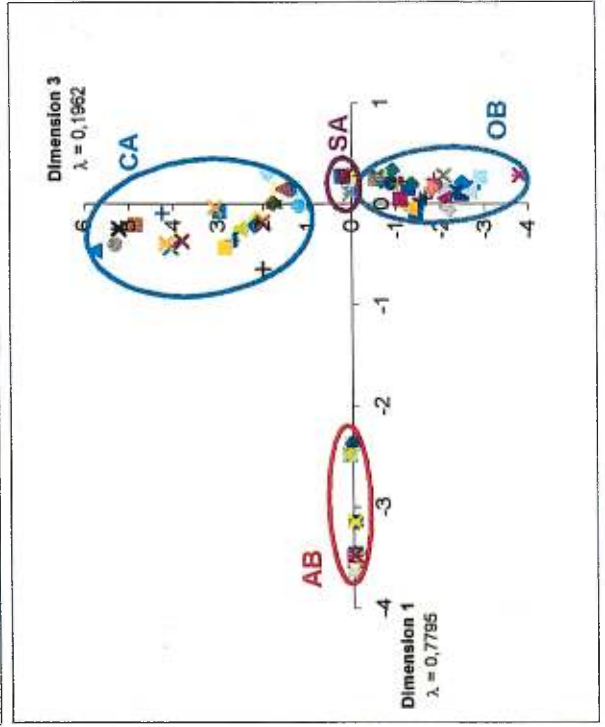
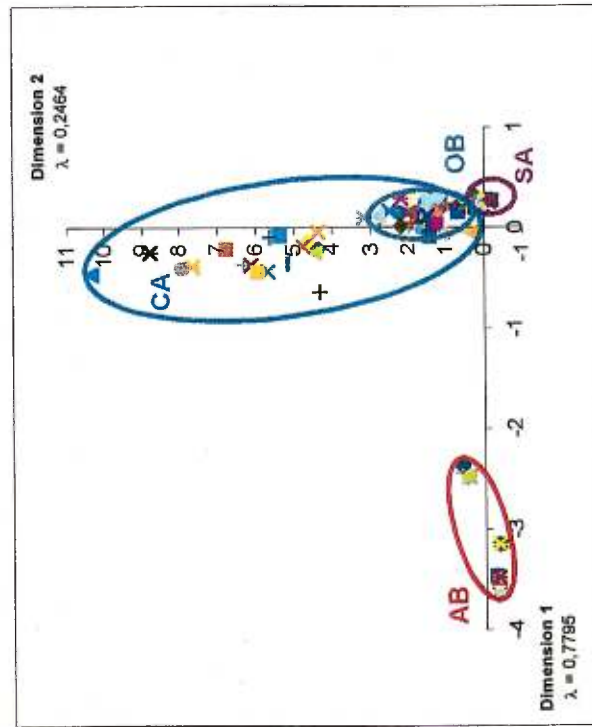
Graphiques A4.17 (haut) et A4.18(bas)
Analyse 5, quantification des catégories, sous-échantillon 1



Graphiques A4.19 (haut) et A4.20 (bas)
Analyse 5, quantification des catégories, sous-échantillon 2



Graphiques A4.21 (haut) et A4.22(bas)
Analyse 6, quantification des catégories, sous-échantillon 1



Graphiques A4.23 (haut) et A4.24 (bas)
Analyse 6, quantification des catégories, sous-échantillon 2

