



**HAL**  
open science

# Chronologie et étiologie de la maturation macrostructurale des dents définitives

Yann Heuzé

► **To cite this version:**

Yann Heuzé. Chronologie et étiologie de la maturation macrostructurale des dents définitives. Anthropologie biologique. Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, 2004. Français. NNT : . tel-00011208

**HAL Id: tel-00011208**

**<https://theses.hal.science/tel-00011208>**

Submitted on 15 Dec 2005

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

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

# THESE

présentée à

**L'UNIVERSITE BORDEAUX 1**

Ecole Doctorale

Sciences du Vivant, Géosciences et Sciences de l'Environnement

par **Yann Heuzé**

pour obtenir le grade de

**DOCTEUR**

Spécialité : **ANTHROPOLOGIE BIOLOGIQUE**

**Chronologie et étiologie  
de la maturation macrostructurale  
des dents définitives**

Soutenue le : 11 décembre 2004

Après avis de :

Mme Eugénia Cunha, Professeur Associé

M Olivier Dutour, Professeur

Devant la commission d'examen formée de :

Mme Anne-Marie Tillier, Directeur de Recherche au CNRS, UMR 5199

Président

Mme Eugénia Cunha, Professeur Associé, Universidade de Coimbra, Portugal

Rapporteur

M Olivier Dutour, Professeur, Université de la Méditerranée, Marseille

Rapporteur

M Jaroslav Bruzek, Directeur de Recherche au CNRS, UMR 5199

Examineur

M José Braga, Maître de Conférences, Université Bordeaux 1

Examineur

M Daniel Bley, Chargé de Recherche au CNRS, UMR 5185

Examineur

M Vincent Couallier, Maître de Conférences, Université Bordeaux 2

Membre Invité

tel:00014208, version 1 - 15 Dec 2005



Numéro d'ordre : 2910

# THESE

présentée à

## L'UNIVERSITE BORDEAUX 1

Ecole Doctorale

Sciences du Vivant, Géosciences et Sciences de l'Environnement

par **Yann Heuzé**

pour obtenir le grade de

**DOCTEUR**

Spécialité : **ANTHROPOLOGIE BIOLOGIQUE**

### **Chronologie et étiologie de la maturation macrostructurale des dents définitives**

Soutenue le : 11 décembre 2004

Après avis de :

Mme Eugénia Cunha, Professeur Associé

M Olivier Dutour, Professeur

Devant la commission d'examen formée de :

Mme Anne-Marie Tillier, Directeur de Recherche au CNRS, UMR 5199

Mme Eugénia Cunha, Professeur Associé, Universidade de Coimbra, Portugal

M Olivier Dutour, Professeur, Université de la Méditerranée, Marseille

M Jaroslav Bruzek, Directeur de Recherche au CNRS, UMR 5199

M José Braga, Maître de Conférences, Université Bordeaux 1

M Daniel Bley, Chargé de Recherche au CNRS, UMR 5185

M Vincent Couallier, Maître de Conférences, Université Bordeaux 2

Président

Rapporteur

Rapporteur

Examineur

Examineur

Examineur

Membre Invité



## **Remerciements**

*J'adresse mes remerciements au Pr Eugénia Cunha et au Pr Olivier Dutour pour m'avoir fait l'honneur d'accepter d'être les rapporteurs de ce travail, ainsi qu'à Mme Anne-Marie Tillier, M Jaroslav Bruzek, M Vincent Couallier pour avoir accepté de siéger à mon jury de thèse.*

*Je tiens également à remercier le CNRS et la Région Aquitaine pour le financement des deuxième et troisième années de cette thèse par l'intermédiaire d'une bourse BDI. Merci à Mme Anne-Marie Tillier, M Henri Duday, Pr Bernard Vandermersch, Pr Jean-Jacques Hublin pour m'avoir permis de réaliser ma thèse au sein de PACEA UMR 5199 Laboratoire d'Anthropologie des Populations du Passé, Université Bordeaux I.*

*Je souhaite saisir l'occasion unique de ce bouclage de boucle de formation universitaire pour remercier les personnes qui m'ont, ponctuellement ou sur la durée, aidé et soutenu dans l'accomplissement de cette thèse.*

*En premier lieu je souhaite remercier José Braga pour avoir hissé cet encadrement au rang de collaboration, pour m'avoir intégré dans ses programmes de recherche (ACI), pour son dynamisme, son optimisme, sa volonté d'échanger, de comprendre, d'apprendre et d'avancer. Merci pour ta confiance. Puissent tous les remerciements et compliments de doctorant envers leur directeur de recherche être aussi sincères.*

*Merci également à Daniel Bley pour avoir accepté de codiriger cette thèse, prolongeant ainsi notre collaboration initiée en DEA, et répondant à mon attente de donner un éclairage culturel, au sens large, à mon travail. Merci également à Nicole Vernazza.*

*Un grand merci à Olivier Chabadel pour son efficacité, son amour du travail bien fait, sa simplicité et sa gentillesse. Que la collaboration que nous avons initiée puisse perdurer aussi longtemps que possible. Merci à l'ensemble des dentistes, orthodontistes, étudiants en chirurgie dentaire, ayant participé de près ou de loin à la réalisation de cette étude en acceptant notamment de faire remplir par leurs patients des centaines de questionnaires.*

*Dans le désordre, Dr de la Talonnière, Dr Roux, Dr Boileau, Dr Chouvin, Dr Frapier, Dr Thévenet, Dr Garde, Dr Hassid, Dr de Brondeau, Dr Blanca, Dr Elhage, Dr Pujol.*

*Merci à la Société Française d'Orthopédie Dento-Faciale (SFODF) et au Dr Chabre.*

*Merci à tous les enfants et adolescents, ainsi qu'à leurs parents, ayant accepté de participer à cette étude.*

*Un grand MERCI, comme d'habitude pourrait-on dire, et pourtant ..., à Francis Houët pour sa collaboration active à ce travail par la réalisation notamment de macros qui nous ont fait tant cogiter. Merci également à Vincent Couallier pour avoir accepté aussi simplement de m'aider et de me consacrer du temps pour le traitement statistique de ces vastes données, heureusement que tu étais là.*

*Merci à mes collègues et amies du LAAP, Linda Bouchneb, Dorothée Archambault, Isabelle Crèvecoeur. Merci à Bruno Maureille pour m'avoir en quelque sorte parrainé depuis un certain stage de DEUG au Laboratoire et pour m'avoir permis de fouiller aux Pradelles. Merci à tous les membres de notre association de doctorants R3T, tout particulièrement à mes amis Mathieu et Emilie, Marion et Germain, Karim, Guillaume.*

*Merci à Benja, Pablo, Seb, Yann, David, Thierry, pour le simple fait d'être mes poteaux.*

*Merci à l'Association Sciences Technologies et Société (ancienne version) pour m'avoir permis d'affirmer ma passion de la transmission des connaissances tout en finançant ma thèse, et tout particulièrement à Marc Sayous.*

*Enfin, merci à mes parents Denise et Dominique, sans qui je ne serais pas là ..., Plus sérieusement, pour leur amour et leur soutien (notamment financier, il faut le dire), à ma sœur Claire et notre amie Nathalie, pour m'avoir supporté malgré mon ermitage, à Violaine, à mon parrain Jacques, à mon deuxième parrain Michel, à Bernard et Joëlle, Franck, Véro, Roro, Alex, Anaïs, Loïc, Christophe, Marie-Edith.*

*Chers collègues, chers amis, chers membres de ma famille, cette thèse est quelque part aussi un peu la votre ;-)*

## TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>21</b>
<b><u>1. Historique non exhaustif des différentes études du développement macrostructural dentaire</u></b> .....	<b>24</b>
1.1. Etudes basées sur l'émergence dentaire clinique.....	24
1.2. Etudes histologiques.....	26
1.3. Etudes radiologiques.....	26
1.3.1. <i>Etudes qualitatives</i> .....	26
1.3.2. <i>Etudes quantitatives</i> .....	30
<b><u>2. Critiques</u></b> .....	<b>31</b>
2.1. Méthodes basées sur l'émergence dentaire.....	31
2.2. Méthodes basées sur des études histologiques.....	32
2.3. Méthodes radiologiques.....	33
2.3.1. <i>Etudes qualitatives</i> .....	33
2.3.2. <i>Etudes quantitatives</i> .....	34
<b><u>3. Etat de la question</u></b> .....	<b>34</b>
3.1. Illustration de ces interrogations avec la méthode de Demirjian <i>et al.</i> (1973).....	35
3.2. Problèmes méthodologiques des méthodes « <i>Demirjian Like</i> ».....	37
<b><u>4. Objectifs et champs d'application</u></b> .....	<b>38</b>
4.1. Etude de l'âge dentaire. Aspects méthodologiques.....	39
4.1.1 <i>Type de méthode</i> .....	39
4.1.2. <i>Méthode de codage</i> .....	39
4.1.3. <i>Considérations statistiques</i> .....	40
4.2. Etude de l'influence de facteurs d'ordres biologique et socioéconomique sur la maturation macrostructurale dentaire.....	42
4.3. Champs d'application.....	48



<b>MATERIEL.....</b>	<b>51</b>
<u>1. Cadre général.....</u>	<u>52</u>
<u>2. Technique radiographique.....</u>	<u>55</u>
<u>3. Questionnaire.....</u>	<u>57</u>
3.1. Aspects législatifs et pratiques.....	57
3.2. Age, sexe, poids, taille, nom, prénom.....	58
3.3. Informations médicales.....	59
3.4. Origine ethnique et origine géographique.....	59
3.5. Durée de la vie intra utérine, poids et taille à la naissance.....	61
3.6. Habitudes alimentaires des premiers mois.....	61
3.7. Développement psychomoteur.....	61
3.8. Informations d'ordre socioéconomique.....	62
3.9. Cas particuliers.....	62
<u>4. Constitution de l'échantillon.....</u>	<u>63</u>
4.1. Echantillon de référence.....	63
4.1.1. Recrutement.....	63
4.1.2. Sexe ratio.....	65
4.1.3. Distribution d'âge.....	65
4.1.4. Niveau socioéconomique.....	66
4.2. Echantillons annexes.....	67
4.2.1. Echantillon du sud de la France sans questionnaire.....	67
4.2.2. Echantillon européen.....	68
4.2.3. Echantillon iranien.....	69
4.2.4. Echantillon ivoirien.....	70

<b>METHODES.....</b>	<b>73</b>
<u>1. Méthode de codage de Demirjian.....</u>	<u>74</u>
1.1. Description.....	74
1.2. Répétabilité et symétrie des dents antimères.....	76
<u>2. Approche Bayésienne.....</u>	<u>78</u>
2.1. Théorème de Bayes (ou formule des probabilités des causes).....	78
2.2. Probabilités <i>a priori</i> .....	82
<u>3. Une nouvelle méthode d'estimation de l'âge dentaire des non adultes basée sur l'approche Bayésienne.....</u>	<u>84</u>
3.1. Présentation.....	84
3.2. Choix de la probabilité <i>a priori</i> .....	86
3.3. Bayes Indépendant vs Bayes Dépendant.....	87
3.3.1. <i>Bayes Indépendant</i> .....	87
3.3.2. <i>Bayes Dépendant</i> .....	89
<u>4. Techniques mises en place dans l'analyse des données issues du questionnaire.....</u>	<u>92</u>
4.1. Cas des séquences de minéralisation dentaire ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ).....	92
4.2. <i>Jackknife resampling</i> , comparaison de deux échantillons test selon un même référentiel, comparaison de deux référentiels pour un même échantillon test.....	93
4.3. Critères analytiques qualitatifs des résultats.....	95
4.4. Analyse multivariée.....	100
4.5. Aspects méthodologiques concernant l'estimation du niveau socioéconomique d'un enfant.....	102
4.5.1. <i>Indice du niveau de vie du ménage</i> .....	102
4.5.2. <i>Taux d'emploi du ménage</i> .....	103

**RESULTATS.....105**

<u>1. Etude de la variabilité intra-observateur (répétabilité) et de la symétrie des dents antimères.....</u>	106
1.1. Variabilité intra-observateur : répétabilité.....	106
1.2. Symétrie des dents antimères.....	107
<u>2. Comparaison des approches Bayes Dépendant et Bayes Indépendant.....</u>	108
2.1. Exemple des 1036 filles de l'échantillon total.....	108
2.2. Exemple des 246 filles européennes.....	110
2.3. Bilan.....	112
<u>3. Influence du sexe sur la qualité de l'estimation de l'âge dentaire.....</u>	113
3.1. Première approche.....	113
3.1.1. Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles selon les référentiels « unisexe » et féminin.....	114
3.1.2. Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons selon les référentiels « unisexe » et masculin.....	116
3.2. Deuxième approche.....	118
3.2.1. Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles selon les référentiels féminin et masculin.....	118
3.2.2. Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons selon les référentiels masculin et féminin.....	121
3.3. Bilan.....	123
<u>4. Traitement médical.....</u>	123
4.1. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles n'ayant pas suivi de traitement médical à celles des filles en ayant suivi.....	124
4.2. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons n'ayant pas suivi de traitement médical à celles des garçons en ayant suivi.....	126
4.3. Bilan.....	128

<u>5. Origine géographique</u> .....	128
5.1. Première approche.....	129
5.1.1. Résultats pour les enfants européens selon les référentiels européen, iranien et ivoirien.....	129
5.1.2. Résultats pour les enfants iraniens selon les référentiels européen, iranien et ivoirien.....	139
5.1.3. Résultats pour les enfants ivoiriens selon les référentiels européen, iranien et ivoirien.....	148
5.1.4. Bilan de la première approche.....	156
5.2. Deuxième approche.....	156
5.2.1. Résultats pour les enfants européens selon les référentiels européen et total.....	156
5.2.2. Résultats pour les enfants iraniens selon les référentiels iranien et total.....	161
5.2.3. Résultats pour les enfants ivoiriens selon les référentiels ivoirien et total.....	165
5.2.4. Bilan de la deuxième approche.....	169
<u>6. Durée de vie intra utérine, poids et taille à la naissance</u> .....	170
6.1. Analyse descriptive des données.....	170
6.2. Poids à la naissance.....	172
6.2.1. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles pesant un poids normal à la naissance à celles des filles pesant moins de 2,5 kg à la naissance.....	173
6.2.2. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons pesant un poids normal à la naissance à celles des garçons pesant moins de 2,5 kg à la naissance.....	175
6.3. Bilan.....	177
<u>7. Age de la mère à la naissance de l'enfant</u> .....	177
7.1. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles dont les mères ont accouché entre 20 et 35 ans à celles des filles dont les mères ont accouché après 35 ans.....	178

7.2. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons dont les mères ont accouché entre 20 et 35 ans à celles des garçons dont les mères ont accouché après 35 ans.....	180
7.3. Bilan.....	180
<u>8. Allaitement maternel.....</u>	<u>182</u>
8.1. Allaitement au sein maternel exclusif jusqu'à l'âge de 4 mois.....	183
8.1.1. <i>Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles allaitées exclusivement au biberon à celles des filles exclusivement allaitées au sein jusqu'à l'âge de 4 mois.....</i>	<i>183</i>
8.1.2. <i>Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons allaités exclusivement au biberon à celles des garçons exclusivement allaités au sein jusqu'à l'âge de 4 mois.....</i>	<i>185</i>
8.2. Allaitement au sein maternel exclusif jusqu'à l'âge de 4 mois.....	187
8.2.1. <i>Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles allaitées exclusivement au biberon à celles des filles exclusivement allaitées au sein jusqu'à l'âge de 6 mois.....</i>	<i>187</i>
8.2.2. <i>Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons allaités exclusivement au biberon à celles des garçons exclusivement allaités au sein jusqu'à l'âge de 6 mois.....</i>	<i>189</i>
8.3. Bilan.....	191
<u>9. Tabagisme maternel durant la grossesse.....</u>	<u>191</u>
9.1. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles dont les mères n'ont pas fumé pendant la grossesse à celles des filles dont les mères ont fumé pendant la grossesse.....	192
9.2. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons dont les mères n'ont pas fumé pendant la grossesse à celles des garçons dont les mères ont fumé pendant la grossesse.....	195
9.3. Bilan.....	197

<u>10. Age des premiers pas debout</u> .....	197
10.1. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles ayant fait leurs premiers pas debout entre 10 et 15 mois à celles des filles ayant fait leurs premiers pas debout après 15 mois.....	198
10.2. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons ayant fait leurs premiers pas debout entre 10 et 15 mois à celles des garçons ayant fait leurs premiers pas debout après 15 mois.....	200
10.3. Bilan.....	202
<u>11. Niveau socioéconomique</u> .....	202
11.1. Première approche : l'indice du niveau de vie du ménage.....	202
11.1.1. <i>Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles « pauvres » à celles des filles « aisées »</i> .....	203
11.1.2. <i>Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons « pauvres » à celles des garçons « aisés »</i> .....	205
11.2. Deuxième approche : le taux d'emploi du ménage.....	207
11.2.1. <i>Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles « non pauvres » à celles des filles « pauvres »</i> .....	207
11.2.2. <i>Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons « non pauvres » à celles des garçons « pauvres »</i> .....	210
11.3. Bilan.....	212
<u>12. Analyse multivariée</u> .....	213

<b>DISCUSSION</b> .....	<b>217</b>
1. <u>L'approche Bayes Dépendant associée au choix d'une probabilité <i>a priori</i></u> <u>uniforme (non informative)</u> .....	218
2. <u>Quid de l'influence de facteurs biologiques et socioéconomiques sur l'estimation</u> <u>de l'âge dentaire d'un individu ?</u> .....	221
2.1. Influence du sexe.....	221
2.2. Influence de traitements médicaux.....	223
2.3. Influence de l'origine géographique.....	223
2.4. Influence de divers facteurs biologiques.....	225
2.5. Influence du niveau socioéconomique.....	228
2.6. Eléments du questionnaire non traités.....	230
3. <u>Comparaison au niveau individuel des rangs obtenus pour les 1036 filles selon</u> <u>les approches Bayes Dépendant et Bayes Indépendant</u> .....	231
3.1. Cas de la SMD ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ).....	232
3.2. Cas de la SMD ( 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ).....	236
4. <u>Evolution des rangs sujet par sujet en fonction des facteurs étudiés selon l'approche</u> <u>Bayes Dépendant</u> .....	237
4.1. Type d'allaitement.....	239
4.2. Fluctuation des rangs en fonction des facteurs étudiés.....	241
5. <u>Perspectives</u> .....	242
5.1. Perspectives générales.....	242
5.2. Application aux populations du passé.....	243
5.2.1. <i>Présentation</i> .....	243
5.2.2. <i>Résultats</i> .....	245
5.2.3. <i>Bilan</i> .....	251
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>253</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>259</b>

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### FIGURES

<b>Figure 1</b> : Exemple d'abaque permettant l'estimation de l'âge dentaire à partir du degré de minéralisation dentaire. Ici, l'exemple, chez les filles, des incisives définitives maxillaires et mandibulaires. D'après Moorrees <i>et al.</i> , 1963b.....	28
<b>Figure 2</b> : Une orthopantomographie ou radiographie panoramique dentaire.....	53
<b>Figure 3</b> : Représentations des apports respectifs des différents lieux d'examens ayant participé à l'étude.....	64
<b>Figure 4</b> : Distribution des classes d'âge selon le sexe des enfants avec questionnaires recrutés dans le sud de la France.....	66
<b>Figure 5</b> : Distribution des différentes catégories socioprofessionnelles des parents vivant avec l'enfant selon le lieu d'examen.....	66
<b>Figure 6</b> : Distribution des classes d'âge selon le sexe des enfants sans questionnaire recrutés dans le sud de la France.....	68
<b>Figure 7</b> : Distribution des classes d'âge selon le sexe des enfants européens recrutés dans le sud de la France.....	69
<b>Figure 8</b> : Distribution des classes d'âge de l'échantillon iranien selon le sexe.....	70
<b>Figure 9</b> : Distribution des classes d'âge de l'échantillon ivoirien selon le sexe.....	71
<b>Figure 10</b> : Définitions des différents stades dentaires selon le type de dents définitives considéré (incisives, canine, prémolaires, molaires). D'après Demirjian <i>et al.</i> (1973).....	75
<b>Figure 11</b> : Apparences et représentations des différents stades radiographiques par type de dents définitives définis par Demirjian <i>et al.</i> (1973). D'après Demirjian <i>et al.</i> (1973) modifié par Heuzé (2004).....	76
<b>Figure 12</b> : Représentation des événements A et B. $A \cap B$ se lit A inter B et représente l'intersection des événements A et B.....	79



<b>Figure 13</b> : Exemple de distribution des probabilités <i>a posteriori</i> individuelles.....	85
<b>Figure 14</b> : Cas d'une distribution aplatie des probabilités <i>a posteriori</i> individuelles.....	85
<b>Figure 15</b> : Intensité de la répétition des différentes séquences de minéralisation dentaire.....	90
<b>Figure 16</b> : Exemple de distribution de rangs obtenue pour un échantillon test.....	97
<b>Figure 17</b> : Evolution de la fiabilité associée à un intervalle de confiance de plus en plus étendu.....	98
<b>Figure 18</b> : Distribution des rangs par groupe d'âge de 2 ans.....	99
<b>Figure 19</b> : Illustration des différentes étapes menant du recueil des données à la réalisation d'une analyse discriminante.....	101
<b>Figure 20</b> : ACM à partir des variables : durée de gestation, poids et BMI à la naissance...	171
<b>Figure 21</b> : Analyse discriminante. Variable de classement : âge dentaire.....	215
<b>Figure 22</b> : Analyse discriminante. Variable de classement : âge dentaire.....	215
<b>Figure 23</b> : Evolution du taux de séquences de minéralisation dentaire orphelines (SMDO) en fonction de la taille des échantillons.....	220
<b>Figure 24</b> : Distribution de la différence entre le rang obtenu par <i>Jackknife</i> <i>resampling</i> selon l'approche BD et le rang obtenu par <i>Jackknife resampling</i> selon l'approche BI.....	232
<b>Figure 25</b> : Valeur de rang de l'ensemble des filles possédant la SMD ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ) selon l'approche employée (Bayes Dépendant ou Bayes Indépendant).....	233
<b>Figure 26</b> : Distributions des probabilités <i>a posteriori</i> obtenues en fonction de l'âge du sujet et de l'approche employée pour la SMD ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ).....	233
<b>Figure 27</b> : Valeur de rang selon l'approche employée des filles possédant la SMD ( 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ).....	236
<b>Figure 28</b> : Distributions des probabilités <i>a posteriori</i> obtenues en fonction de l'âge du sujet et de l'approche employée pour la SMD ( 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ).....	237
<b>Figure 29</b> : Suivi de la moyenne des rangs par facteur et selon le rang initial obtenu par <i>Jackknife resampling</i> sur les 477 filles possédant un questionnaire.....	239
<b>Figure 30</b> : Distributions des rangs obtenues pour les 61 filles présentant l'une des quatre SMD suivantes : ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ), ( 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ), ( 8 ; 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ), ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ; 8 ; 7 ).....	240
<b>Figure 31</b> : Suivi des rangs en fonction des facteurs étudiés des filles en sous poids à la naissance.....	241

<b>Figure 32</b> : Arbre de classification ascendante hiérarchique portant sur les 7 dents mandibulaires définitives gauches. Calcul des distances : distances Euclidienne. Méthode d'agrégation : saut minimum.....	245
<b>Figure 33</b> : Distributions des rangs obtenues avec les quatre méthodes selon l'âge des sujets.....	248

## **PLANCHES**

<b>Planche 1</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des 1036 filles de l'échantillon total selon l'approche Bayes Dépendant et l'approche Bayes Indépendant .....	109
<b>Planche 2</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des 242 filles européennes selon l'approche Bayes Dépendant et l'approche Bayes Indépendant.....	111
<b>Planche 3</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles selon les référentiels « unisexe » et féminin.....	115
<b>Planche 4</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons selon les référentiels « unisexe » et masculin.....	117
<b>Planche 5</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles selon les référentiels féminin et masculin.....	120
<b>Planche 6</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons selon les référentiels masculin et féminin.....	122
<b>Planche 7</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles n'ayant pas suivi de traitement médical à celles des filles en ayant suivi.....	125
<b>Planche 8</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons n'ayant pas suivi de traitement médical à celles des garçons en ayant suivi.....	127
<b>Planche 9</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles européennes selon le référentiel des filles européennes et celui des filles iraniennes.....	131
<b>Planche 10</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles européennes selon le référentiel des filles européennes et celui des filles ivoiriennes.....	133
<b>Planche 11</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons européens selon le référentiel des garçons européens et celui des garçons iraniens.....	135

<b>Planche 12</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons européens selon le référentiel des garçons européens et celui des garçons ivoiriens.....	137
<b>Planche 13</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles iraniennes selon le référentiel des filles iraniennes et celui des filles européennes.....	140
<b>Planche 14</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles iraniennes selon le référentiel des filles iraniennes et celui des filles ivoiriennes.....	142
<b>Planche 15</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons iraniens selon le référentiel des garçons iraniens et celui des garçons européens.....	144
<b>Planche 16</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons iraniens selon le référentiel des garçons iraniens et celui des garçons ivoiriens.....	146
<b>Planche 17</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles ivoiriennes selon le référentiel des filles ivoiriennes et celui des filles européennes.....	149
<b>Planche 18</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles ivoiriennes selon le référentiel des filles ivoiriennes et celui des filles iraniennes.....	151
<b>Planche 19</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons ivoiriens selon le référentiel des garçons ivoiriens et celui des garçons européens.....	153
<b>Planche 20</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons ivoiriens selon le référentiel des garçons ivoiriens et celui des garçons iraniens.....	155
<b>Planche 21</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles européennes selon le référentiel des filles européennes et le référentiel féminin total.....	157
<b>Planche 22</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons européens selon le référentiel des garçons européens et le référentiel masculin total.....	160
<b>Planche 23</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles iraniennes selon le référentiel des filles iraniennes et le référentiel féminin total.....	162
<b>Planche 24</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons iraniens selon le référentiel des garçons iraniens et le référentiel masculin total.....	164
<b>Planche 25</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles ivoiriennes selon le référentiel des filles ivoiriennes et le référentiel féminin total.....	166
<b>Planche 26</b> : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons ivoiriens selon le référentiel des garçons ivoiriens et le référentiel masculin total.....	168
<b>Planche 27</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles pesant un poids normal à la naissance à celles des filles pesant moins de 2,5 kg à la naissance.....	174

<b>Planche 28</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons pesant un poids normal à la naissance à celles des garçons pesant moins de 2,5 kg à la naissance.....	176
<b>Planche 29</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles dont les mères ont accouché entre 20 et 35 ans à celles des filles dont les mères ont accouché après 35 ans.....	179
<b>Planche 30</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons dont les mères ont accouché entre 20 et 35 ans à celles des garçons dont les mères ont accouché après 35 ans.....	181
<b>Planche 31</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles allaitées exclusivement au biberon à celles des filles exclusivement allaitées au sein jusqu'à l'âge de 4 mois.....	184
<b>Planche 32</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons allaités exclusivement au biberon à celles des garçons exclusivement allaités au sein jusqu'à l'âge de 4 mois.....	186
<b>Planche 33</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles allaitées exclusivement au biberon à celles des filles exclusivement allaitées au sein jusqu'à l'âge de 6 mois.....	188
<b>Planche 34</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons allaités exclusivement au biberon à celles des garçons exclusivement allaités au sein jusqu'à l'âge de 6 mois.....	190
<b>Planche 35</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles dont les mères n'ont pas fumé pendant la grossesse à celles des filles dont les mères ont fumé pendant la grossesse.....	194
<b>Planche 36</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons dont les mères n'ont pas fumé pendant la grossesse à celles des garçons dont les mères ont fumé pendant la grossesse.....	196
<b>Planche 37</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles ayant fait leurs premiers pas debout entre 10 et 15 mois à celles des filles ayant fait leurs premiers pas debout après 15 mois.....	199
<b>Planche 38</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons ayant fait leurs premiers pas debout entre 10 et 15 mois à celles des garçons ayant fait leurs premiers pas debout après 15 mois.....	201

<b>Planche 39</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles « pauvres » à celles des filles « aisées ».....	204
<b>Planche 40</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons « pauvres » à celles des garçons « aisés ».....	206
<b>Planche 41</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles « non pauvres » à celles des filles « pauvres ».....	209
<b>Planche 42</b> : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons « non pauvres » à celles des garçons « pauvres ».....	211
<b>Planche 43</b> : Comparaisons selon différentes approches des résultats obtenus à partir des $I_1, P_3, P_4, M_1$ .....	247

## **TABLEAUX**

<b>Tableau 1</b> : Echantillon de référence fictif de 10 filles âgées de 8 à 10 ans pour lesquelles sont codées les incisives définitives mandibulaires gauches.....	91
<b>Tableau 2</b> : Fréquences d'apparition des différents stades dentaires pour les 7 dents définitives mandibulaires gauches codées deux fois et test ANOVA de Friedman par rangs pour ces 7 dents ( $n=30$ ; $ddl=1$ ).....	106
<b>Tableau 3</b> : Fréquences d'apparition des différents stades dentaires pour les 14 dents définitives mandibulaires et test ANOVA de Friedman par rangs pour les 7 couples de dents antimères ( $n=30$ ; $ddl=1$ ).....	107
<b>Tableau 4</b> : Statistiques descriptives des variables poids, taille, BMI à la naissance, et durée de gestation.....	170
<b>Tableau 5</b> : Effectifs par modalités pour les variables : durée de gestation, poids à la naissance et BMI à la naissance.....	171
<b>Tableau 6</b> : Réalisation des moyennes de rangs par facteur pour les filles avec questionnaire présentant initialement le rang +4.....	236
<b>Tableau 7</b> : Comparaison des résultats obtenus dans l'estimation de l'âge dentaire à partir des $I_1, P_3, P_4$ et $M_2$ en fonction de l'approche Bayes Dépendant ou Indépendant, et de probabilités <i>a priori</i> uniformes ou non uniformes.....	249

## **TABLE DES ANNEXES**

<b>Annexe 1</b> : Questionnaire.....	I
<b>Annexe 2</b> : Comparaison de la composition du lait maternel et du lait de vache.....	IV
<b>Annexe 3</b> : Consentement éclairé.....	V
<b>Annexe 4</b> : Catégories socioprofessionnelles (csp).....	VI
<b>Annexe 5</b> : Capture d'écran Macro <i>Visual Basic</i> , Bayes Indépendant.....	VII
<b>Annexe 6</b> : Capture d'écran Macro <i>Visual Basic</i> , Bayes Dépendant.....	VIII
<b>Annexe 7</b> : Revenu net annuel moyen par an, par sexe et par csp en 2000.....	IX



# *Introduction*



L'étude du développement physiologique humain et de sa variabilité a toujours été au centre des préoccupations non seulement des anthropobiologistes, mais également des médecins légistes, des dentistes et orthodontistes, des pédiatres. Au cours de son développement, tout individu passe par différentes étapes irréversibles qu'il est possible de définir de manière rigoureuse. **La maturation se définit comme le développement des capacités fonctionnelles des organes, des systèmes physiologiques et de l'ensemble de l'individu ; c'est le processus menant à l'accomplissement, en terme de structure ou de fonction, du statut d'adulte** (Ulijaszek *et al.*, 1998). La maturité sexuelle correspond ainsi au développement complet des fonctions sexuelles. La maturation correspond en quelque sorte à la discrétisation du processus continu du développement physiologique.

Au sein d'une même population d'enfants et pour un âge donné, les individus ne se trouvent pas obligatoirement à la même étape de leur développement physiologique. De plus, lorsque l'on compare, par exemple à l'âge de 10 ans, des enfants d'origine africaine à des enfants d'origine européenne, une variabilité de développement physiologique apparaît également. Cet état de fait met en lumière l'existence d'une **variabilité à la fois intrapopulationnelle et interpopulationnelle**. Cette variabilité peut s'exprimer par l'intermédiaire des **modalités du développement physiologique (le *pattern* des anglo-saxons)** et/ou par la **chronologie (*i.e.* début, durée, vitesse) des différentes étapes de ce développement (souvent réduit au *timing* des anglo-saxons)**. Elle peut également se traduire au travers de **l'âge physiologique d'un enfant**.

- **Etudier les modalités revient à caractériser les relations chronologiques relatives des différentes étapes d'un processus de développement, sans faire référence à l'âge**. Il peut s'agir par exemple de décrire l'ordre dans lequel les différents éléments du carpe vont s'ossifier, ou encore de constater quels sont les points d'ossification du carpe visibles sur une radiographie quand le lunatum a débuté sa minéralisation.

- **Etudier la durée des différentes étapes du développement revient à mesurer le temps nécessaire à un individu pour passer d'une étape de son développement physiologique à la suivante**. Seules des études longitudinales permettent d'appréhender la durée des différentes étapes du développement physiologique.

- **L'âge physiologique correspond à l'âge moyen auquel les individus d'une population atteignent une certaine étape du développement physiologique**. Autrement dit,

l'âge physiologique d'une certaine étape est calculé en réalisant la moyenne des âges chronologiques auxquels cette étape est atteinte dans une population. L'âge chronologique d'un enfant correspond à son âge au sens courant (temps séparant le présent de sa date de naissance). **L'âge chronologique, ou âge civil, doit donc être différencié de l'âge physiologique, ou âge biologique.** Prenons l'exemple de la maturation sexuelle. Une des étapes de cette maturation est l'acquisition des caractères sexuels secondaires. La moyenne des différents âges chronologiques auxquels les caractères sexuels secondaires apparaissent au sein d'une population constitue l'âge physiologique de la puberté. Selon le sexe, l'origine géographique et le niveau socioéconomique notamment, il existe une variabilité polyfactorielle au sein des âges chronologiques à la puberté représentée par l'âge physiologique à la puberté.

**Il existe d'autres marqueurs physiologiques** permettant de caractériser le développement d'un enfant. Ils sont au nombre de trois : **la maturation somatique, la maturation osseuse et la maturation dentaire.**

- La **maturation somatique** peut être étudiée par la stature, le poids ou encore l'Indice de Masse Corporelle<sup>1</sup> (IMC). Ces différentes études permettent, par exemple, la constitution d'abaques comme ceux réalisés par Sempé et Pédrón (1995) qui sont utilisés dans les carnets de santé français. **La maturation somatique est également appelée croissance statur pondérale.**

- La **maturation osseuse** peut, par exemple, s'étudier par l'ossification des os de la main et du poignet. Les travaux de référence concernant la maturation osseuse sont ceux de Greulich et Pyle (1950), Haavikko (1974) et Tanner *et al.* (1975). Tous ces auteurs mettent en place un codage radiographique de la maturation des noyaux d'ossifications de la main et du poignet gauche. Ces études résultent en la production d'atlas ou d'abaques permettant l'estimation de l'âge osseux d'enfants et d'adolescents. Il est également possible d'étudier les synostoses, mais ce ne sont là que des événements ponctuels qui ne permettent pas un suivi continu du développement physiologique d'un individu.

---

<sup>1</sup> L'IMC est égal au rapport du poids (kg) sur la taille élevée au carré (m<sup>2</sup>). L'autre nom de l'IMC est l'indice de Quételet. En anglais, on parle de *Body Mass Index* (BMI).

- La **maturation dentaire** peut être étudiée grâce aux dents déciduales et/ou aux dents définitives. Il est possible de compter le nombre de dents visibles dans la cavité buccale, ou d'étudier les différents stades par lesquels les dents vont passer au cours de leur maturation.

Ces différents types de maturation sont plus ou moins liés entre eux. La croissance, au sens statur pondéral, est liée à la maturation sexuelle et surtout à la maturation osseuse. Sa relation avec la maturation dentaire est par contre beaucoup moins évidente. Néanmoins, les modalités de ces relations sont peu, voire mal connues. La demande grandissante de méthodes d'estimation d'âge précise (Ritz-Timme *et al.*, 2000 ; Cattaneo et Baccino, 2002), nous a amené à nous pencher sur les causes avérées ou suspectées de la variabilité observée au sein de ces trois types de maturation, en partie responsable du degré de précision d'une méthode d'estimation d'âge. De ces trois types de maturation, la maturation dentaire semble avoir fait l'objet d'un nombre d'étude visant à décrire et à expliquer sa variabilité, apparemment moins important que la maturation somatique et la maturation osseuse. **Au cours de cette étude, notre attention s'est donc portée sur la maturation macrostructurale dentaire.**

## **1. Historique non exhaustif des différentes études du développement macrostructural dentaire**

### **1.1. Etudes basées sur l'émergence dentaire clinique**

Malgré le flou régnant dans de nombreuses publications, **les termes d'émergence dentaire et d'éruption dentaire ne désignent pas le même phénomène. L'éruption dentaire est traditionnellement considérée comme un processus de développement au cours duquel la dent se déplace verticalement de sa position initiale dans la crypte alvéolaire vers sa position fonctionnelle dans le plan occlusal. Au cours de ce processus continu, une étape particulière est constituée par l'émergence dentaire.** Classiquement, on distingue l'émergence alvéolaire de l'émergence gingivale. L'émergence alvéolaire, visible sur une radiographie, correspond à la percée de la surface de l'os alvéolaire par les cuspides dentaires. C'est le terme qui doit être employé à la place du terme erroné d'*éruption alvéolaire*. L'émergence gingivale, encore appelée émergence clinique, correspond au phénomène ponctuel de la percée de la gencive par les cuspides. C'est à partir de ce moment

que la « dent » est visible dans la cavité buccale. **Les termes éruption et émergence seront dorénavant employés au sens où ils sont définis ci-dessus.**

L'éruption dentaire débute donc dans un environnement osseux. La résorption nécessaire à l'éruption, est régulée par le follicule dentaire. De même que la résorption osseuse, la formation d'os alvéolaire associée à l'éruption dentaire dépend du follicule dentaire et est associée à une intense prolifération cellulaire. Les principes basiques de l'éruption dentaire peuvent être résumés de la manière suivante (Massler et Schour, 1941 ; Cahill *et al.*, 1988 ; Marks, 1995 ; Marks et Schroeder, 1996 ; Lewin, 1997) :

- le follicule dentaire est à l'origine de la résorption osseuse et de la formation osseuse associées au processus d'éruption

- le mouvement des dents durant l'éruption consiste à préparer un passage à travers l'os ou les tissus mous et à emprunter ce passage. L'éruption n'est pas possible sans la formation préalable de ce passage

- la formation radiculaire est une conséquence, non une cause du processus d'éruption dentaire

- la formation osseuse initie le mouvement de la dent en éruption à travers l'épithélium oral et vers sa position dans le plan occlusal sur l'arcade dentaire. Ce mouvement est accentué par la formation radiculaire. Le ligament périodontal tient peut-être un rôle tardif dans l'éruption. La formation osseuse et potentiellement la formation apicale du ciment maintiennent un lent mouvement éruptif durant la vie de la dent.

Historiquement, la **première étude portant sur l'émergence dentaire clinique est réalisée par Saunders (1837). Le décompte du nombre de dents présentes dans la cavité buccale est alors assimilé à un indice du développement somatique.** Cette étude voit le jour dans un contexte particulier : celui de la détermination de l'âge limite légal pour le travail en usine en Angleterre : le *Factory Act* précise qu'un individu dont la deuxième molaire permanente n'est pas encore visible ne peut travailler. Par la suite, Beik (1913), Bean (1914), Cattell (1928), utiliseront l'état de dentition, c'est-à-dire la nature et le nombre de dents visibles dans la cavité buccale, pour définir l'âge d'entrée à l'école.

## **1.2. Etudes histologiques**

**Jusqu'aux années 1940, quand elles ne sont pas basées sur l'émergence clinique, les études du développement dentaire restent descriptives et portent sur des données**

**histologiques, tirées de travaux basés sur de très faibles échantillons.** Ainsi, Legros et Magitot (1873) proposent une chronologie de la formation des bourgeons dentaires. Cette étude a servi de référence à des manuels d'enseignement d'histologie et d'embryologie pendant plus de quarante ans. Logan et Kronfeld (1933) sont les premiers à critiquer ce travail et proposent une étude histologique portant sur 3 nouveaux-nés, 13 enfants de moins d'un an et 9 enfants âgés de 1 à 15 ans. De plus, ils soulignent que certains de ces enfants présentaient des pathologies. Malgré ces indéniables progrès, d'importants biais persistent, comme par exemple l'absence de renseignement sur les dents déciduales. Kraus (1959) affirme que l'étude de Legros et Magitot (1873) n'est basée que sur un seul et unique fœtus. D'autres études, moins connues, basées sur des données histologiques, voient également le jour entre les années 1880 et les années 1930 (Black, 1883 ; Peirce, 1884 ; Broomell and Fischelis, 1923 ; Brady, 1924).

### **1.3. Etudes radiologiques**

#### ***1.3.1. Etudes qualitatives***

Les premiers travaux sur le développement dentaire mettant en application la récente découverte des techniques radiographiques sont l'œuvre de Bustin *et al.* (1929, 1930). Le schéma de développement de Schour et Massler (1940, 1941) est basé sur des données radiographiques et histologiques, notamment celles de Logan et Kronfeld (1933). Ce travail porte à la fois sur les dents déciduales et définitives. Avec le développement et la diffusion de la radiographie, de nombreuses études longitudinales et transversales vont voir le jour. Hess *et al.* (1932) étudient la maturation physiologique d'enfants par l'intermédiaire du développement dentaire.

Un nouveau type d'étude apparaît avec les travaux de **Gleiser et Hunt (1955)**, qui **proposent une évaluation de la maturation dentaire par l'intermédiaire de stades dentaires.** Ils écrivent alors : « *the calcification of a tooth may be a more meaningful indication of somatic maturation than is its clinical emergence.*<sup>2</sup> » Les auteurs proposent l'étude longitudinale de 25 filles et 25 garçons de leur naissance à l'âge de 10 ans, en focalisant leur travail sur la première molaire mandibulaire permanente. Ils définissent 13

---

<sup>2</sup> La calcification d'une dent peut être beaucoup plus riche d'enseignement sur la maturation somatique que son émergence clinique.

stades de maturation, du début de la calcification des cuspidés à la fermeture de l'apex radiculaire.

La **première étude transversale d'envergure est le fruit de Garn *et al.* (1958)**, qui constituent un échantillon de 255 enfants. Ils définissent cinq stades pour les deuxièmes molaires et prémolaires<sup>3</sup> (M<sub>2</sub> et P<sub>4</sub>) dont trois concernent la calcification et deux l'émergence (émergence alvéolaire et atteinte du plan occlusal). Ils confirment les résultats de Gleiser et Hunt (1955) sur l'absence de correspondance stricte entre l'émergence d'une dent et un stade dentaire particulier.

Nolla (1960) propose une nouvelle méthode basée sur l'étude des dents permanentes mandibulaires et maxillaires de 25 filles et 25 garçons dans le cadre d'une étude longitudinale. La définition des stades dentaires repose sur le même principe que ceux proposés par Gleiser et Hunt (1955).

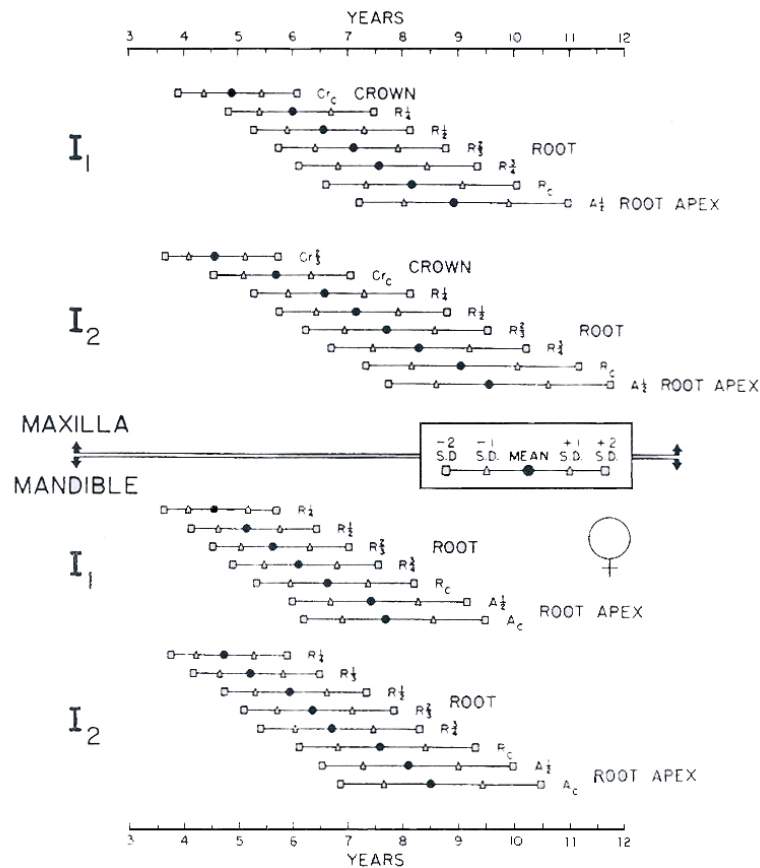
Fanning (1961) reprend les 13 stades de Gleiser et Hunt (1955) en y ajoutant 7 nouveaux stades. L'auteur ne se contente plus des seules premières molaires permanentes. Il étudie l'ensemble des dents définitives mandibulaires et des incisives maxillaires.

**Moorrees *et al.* (1963a)** utilisent des données issues de l'étude longitudinale du *Fels Research Institute, Yellow Springs, Ohio*, pour apprécier la **formation et la rhizolyse** (*i.e.* résorption des racines) **des canines et des molaires déciduales**. Les séries radiographiques de 110 filles et 136 garçons sont utilisées. Des estimations de l'âge moyen correspondant à chaque stade dentaire sont fournies. L'estimation de l'âge se fait pour chaque dent à partir d'abaques. Les auteurs précisent qu'il ne faut pas calculer la moyenne des âges obtenus avec les différentes dents étudiées, mais plutôt se servir des deux âges extrêmes pour encadrer l'estimation de l'âge dentaire.

---

<sup>3</sup> Il existe plusieurs références permettant d'associer une dent à un indice alphanumérique. Les odontologues utilisent un codage fonctionnant par quadrants dentaires. Chaque dent est caractérisée par un nombre à 2 chiffres. Le chiffre des dizaines désigne le quadrant dentaire (1. : dents définitives maxillaires droites, 2. : dents définitives maxillaires gauches, 3. : dents définitives mandibulaires gauches, 4. : dents définitives mandibulaires droites). Le chiffre des unités désigne le type de la dent (.1 : incisive centrale, ..., .8 : troisième molaire). Les dents déciduales se numérotent de 51, pour l'incisive centrale déciduale maxillaire droite, à 85, pour la deuxième molaire déciduale mandibulaire droite. Les anthropologues utilisent un codage plus informatif. Une lettre correspond au type de la dent, une lettre en minuscule d'imprimerie correspondant à une dent déciduale et une lettre en majuscule d'imprimerie correspondant à une dent définitive. Un chiffre permet de préciser l'identité de la dent quand le type en contient plusieurs. Le chiffre est en exposant pour les dents maxillaires et en indice pour les dents mandibulaires. Exemples : la deuxième molaire définitive mandibulaire gauche se note 36 pour les odontologues et M<sub>2</sub> pour les anthropologues. Une incisive latérale déciduale maxillaire droite se note 52 pour les odontologues et i<sup>2</sup> pour les anthropologues. Notons qu'une variante existe au sein des anthropologues au niveau des prémolaires. Il est possible de trouver pour les prémolaires PM1 et PM2 au lieu de P3 et P4.

**Figure 1** : Exemple d'abaque permettant l'estimation de l'âge dentaire à partir du degré de minéralisation dentaire. Ici, l'exemple, chez les filles, des incisives définitives maxillaires et mandibulaires. D'après Moorrees *et al.*, 1963b<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Cr<sub>2/3</sub>: Crown 2/3 completed; Cr<sub>c</sub>: Crown completed; R<sub>1/4</sub>: Root 1/4 completed; R<sub>1/2</sub>: Root 1/2 completed; R<sub>2/3</sub>: Root 2/3 completed; R<sub>3/4</sub>: Root 3/4 completed; R<sub>c</sub>: Root completed; A<sub>1/2</sub>: Apex semi closed; A<sub>c</sub>: Apex completed

La même année, Moorrees *et al.* (1963b) appliquent leur méthode aux **8 dents mandibulaires permanentes et aux deux incisives maxillaires permanentes** (figure 1). Les incisives sont codées grâce aux radiographies intra buccales de 134 enfants de Boston, tandis que les dents jugales sont codées grâce à des radiographies latérales de 246 enfants de l'échantillon du *Fels Research Institute*. **Cette méthode est à l'heure actuelle la plus répandue dans le domaine de l'estimation de l'âge au décès d'enfants issus de populations du passé.** Cela est dû à sa facilité d'application et à la possibilité de travailler à partir de restes dentaires incomplets.

Liliequist et Lundberg (1971) étudient 287 enfants et proposent un système d'évaluation du développement dentaire basé sur le codage des dents mandibulaires (exception faite des troisièmes molaires) et des incisives et canines maxillaires à partir de radiographies. Les auteurs définissent 8 stades. Il est important de noter que, dans cette étude, les intervalles

séparant deux stades sont considérés comme équivalent. Ainsi, des scores dentaires allant de 1 à 8 sont directement attribués à chaque dent.

**En 1973, Demirjian *et al.* proposent une nouvelle méthode d'étude du développement dentaire basée sur les mêmes principes que ceux développés par Tanner *et al.* (1962) dans le cadre de l'étude de la maturation des os de la main et du poignet.** Cette méthode ayant été à de nombreuses reprises appliquée, nous allons la présenter un peu plus longuement. Sur la base de différents travaux (Nolla, 1960 ; Moorrees *et al.*, 1963b ; Liliequist et Lundberg, 1971 ; Demirjian *et al.*, 1973), Demirjian *et al.* (1973) valident l'hypothèse de symétrie des dents antimères (par exemple la M1 gauche et la M1 droite) dans leur maturation. Par ailleurs, l'observation du développement des dents maxillaires à partir de radiographies est souvent rendue très difficile par l'os maxillaire lui-même qui se superpose aux prémolaires et aux molaires définitives. Ainsi, les auteurs proposent une **méthode reposant sur le codage des 7 dents mandibulaires gauches**, la troisième molaire de par sa variabilité n'étant pas prise en compte. **Huit stades dentaires sont définis pour chaque type de dents** (*i.e.* incisives, canine, prémolaires, molaires). Lorsque l'ensemble des 7 dents mandibulaires gauches est codé, **l'étape suivante consiste à convertir les stades dentaires en scores numériques** selon la méthode publiée ultérieurement par Tanner *et al.* (1975) et Healy et Goldstein (1976). Cette opération est réalisée **à l'aide d'une table de conversion fournie par les auteurs**. La somme de ces 7 scores numériques est ensuite réalisée afin d'obtenir un indice (compris entre 0 et 100) de la maturité dentaire, pour l'individu concerné. **Par la suite, il est possible de convertir l'indice de maturité dentaire en âge dentaire par l'intermédiaire d'un abaque proposé par les auteurs.** Les calculs sont réalisés séparément pour les 1482 filles et les 1446 garçons, tous canadiens d'origine française<sup>4</sup> et âgés de 2 à 20 ans. Les tables de conversion ainsi produites permettent des estimations entre 3 et 16 ans, les classes d'âges extrêmes étant insuffisamment représentées pour être intégrées au référentiel. Afin de palier à ce déficit d'effectif des classes d'âges extrêmes, Demirjian (1986) intègre des individus supplémentaires, portant ainsi l'effectif total à 2349 filles et 2047 garçons âgés de 2 à 20 ans.

**Cette méthode est perçue par de nombreux auteurs comme la méthode la plus performante**, même si celle-ci demeure perfectible. Hägg et Matsson (1985) affirment ainsi, après avoir comparés trois méthodes appréciant la maturation dentaire, que la méthode de

---

<sup>4</sup> *French Canadian* dans le texte. Demirjian *et al.* (1973, 1976) ne précisent pas dans quelle mesure ces individus canadiens possèdent des origines françaises. Est-ce simplement parce qu'ils sont francophones ? Québécois ? Nous les qualifierons de canadiens d'origine française.



Demirjian et Goldstein (1976) offre un haut degré de fiabilité et de précision, plus particulièrement pour les jeunes enfants. Dans le cadre d'une comparaison entre quatre méthodes d'estimation de l'âge dentaire d'enfants, Mörnstad *et al.* (1995, p129) concluent : « *it seems as if the method devised by Demirjian et al. (1976), adjusted with Finnish tables (Kataja et al., 1989), for the present is the best suited method for age determination by means of teeth for Swedish children.*<sup>5</sup> » **C'est durant cette période de la deuxième moitié des années 1970 que s'impose peu à peu dans les esprits la notion de référentiel géographique spécifique.** Demirjian *et al.* (1976) proposent également un système basé sur un nombre réduit de dents. Deux possibilités sont offertes. La première consiste à travailler avec les prémolaires et les molaires (exceptée la troisième), tandis que la seconde offre la possibilité d'étudier les dents suivantes : I<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> et M<sub>2</sub>.

Gustafson et Koch (1974) proposent un diagramme de développement dentaire basé sur l'étude bibliographique de données publiées entre 1909 et 1970. Les auteurs définissent quatre stades ; trois pour la calcification et un pour l'émergence, pour chaque dent déciduale. Ils reprennent, à peu de choses près, les stades définis par Garn *et al.* (1958) pour les dents définitives. Dans cette étude, les données issues d'études histologiques et celles issues d'examens radiographiques sont traitées de la même manière.

### 1.3.2. Etudes quantitatives

A côté des études qualitatives, où l'observateur doit appliquer un codage de la maturation dentaire, dont la reproductibilité n'est pas toujours évidente, il existe des méthodes dites quantitatives. Ces dernières consistent à mesurer, soit directement sur les dents, soit sur des radiographies, des longueurs dentaires. A l'aide d'un appareil de mesure (*digitiser*) fixé à l'appareillage radiographique, il est possible d'effectuer des mesures précises qui présentent notamment l'avantage, par rapport aux études qualitatives, de s'affranchir du problème des erreurs intra, et surtout, inter-observateurs. Dans le cadre de mesures réalisées directement sur le film radiographique, où à partir d'une radiographie numérisée, cet avantage n'est plus si évident. Dans ce deuxième cas de figure, il est alors indispensable de connaître le grossissement employé lors de l'examen radiologique. Ces différentes études (Stack, 1960, 1964, 1967, Ledley *et al.*, 1971 ; Israel et Lewis, 1971 ; Carrels *et al.*, 1991 ; Inoui et Susuki, 1992 ; Mornstad *et al.*, 1994 ; Kullman *et al.*, 1995 ; Liversidge et Molleson, 1999) consistent

---

<sup>5</sup> Il semble que la méthode mise au point par Demirjian et Goldstein (1976), modifiée avec des tables de conversions spécifiques aux Finlandais (Kataja *et al.*, 1989), est à l'heure actuelle la meilleure méthode d'estimation de l'âge dentaire des enfants Suédois.

en la production d'équations d'estimation de l'âge dentaire obtenues par des techniques de régression linéaire à partir des longueurs dentaires et de l'âge chronologique. Ce type de méthode est intéressant en contexte archéologique car il permet de travailler avec des dents isolées.

Nous ne développerons pas dans le cadre de ce travail les études sur l'annulation du cément ou encore sur le décompte des périkymaties, ni sur celui des stries de Retzius. Ce type d'étude reste trop éloigné de notre sujet. De plus, il n'existe pas encore de consensus clair, par exemple, sur les périodes d'apparition des périkymaties.

## **2. Critiques**

### **2.1. Méthodes basées sur l'émergence dentaire**

L'ensemble des études portant sur l'émergence clinique comporte plusieurs inconvénients relevés de manière ponctuelle dans la littérature et synthétisés par Demirjian (1986). Tout d'abord, **l'émergence clinique d'une dent est une étape éphémère du développement dentaire, sa détermination est, pour le moins, fort délicate.** Dans le cadre d'études longitudinales, si les enfants sont vus, par exemple, une fois par an, comment déterminer l'âge d'émergence clinique d'une dent non visible au rendez-vous précédent et désormais émergée ? Si l'âge d'émergence reporté est l'âge de l'enfant lors de la visite où la dent est observable, cela aura pour effet de retarder artificiellement l'âge d'émergence. De plus, il n'existe pas de consensus clair sur la définition du phénomène d'émergence. On retrouvera ainsi indifféremment dénommés sous le terme d'émergence, voir d'éruption, des événements comme la percée de la gencive, la percée de l'os alvéolaire ou encore la mise en place fonctionnelle de la dent (*i.e.* dans le plan occlusal). Par ailleurs, **l'émergence dentaire est sensible à différents facteurs exogènes qui, s'ils ne sont pas pris en compte, biaisent les résultats.** Ainsi une infection locale, ou encore l'extraction d'une dent déciduale peuvent retarder, ou au contraire avancer, l'émergence de la dent définitive sous-jacente (Dahlberg et Menagaz-Bock, 1958 ; Fanning, 1961 ; Brook, 1973). L'extraction précoce d'une dent déciduale retarde l'émergence de la dent définitive sous-jacente, tandis qu'une extraction tardive accélère cette émergence. Ensuite, **l'étude de l'émergence oblige à considérer les dents de manière individuelle** et ne permet donc pas de les envisager dans leur ensemble, puisque un certain nombre d'entre elles n'ont pas encore émergé. Enfin, **l'utilisation de**

**l'émergence clinique comme indice de maturité est limitée à certains âges.** En effet, l'émergence des dents déciduales ne peut être utilisée en moyenne qu'entre les âges de 6 à 30 mois. Les dents définitives émergent à partir de 6 ans avec la première molaire mandibulaire, jusqu'à 12 ans, si l'on ne prend pas en compte la troisième molaire de par sa grande variabilité. **Le phénomène continu de maturation ne peut donc être couvert par l'étude de l'émergence clinique,** puisque entre les âges de 30 mois et 6 ans, et au-delà de 12 ans, aucune évolution n'a lieu. Pour toutes ces raisons, l'étude de la maturation dentaire au moyen de l'émergence apparaît inappropriée.

Notons la publication récente d'une méthode basée sur l'émergence des dents définitives (troisièmes molaires comprises) par Foti *et al.* (2003) à partir de 810 radiographies panoramiques d'enfants vivant en France. Les auteurs génèrent grâce à l'application de la technique de régression multiple ascendante pas à pas, quatre équations permettant chacune d'estimer l'âge dentaire d'enfants âgés de 6 à 20 ans. Le modèle régressif « global », tenant compte du nombre de dents définitives émergées et du nombre de dents définitives ayant achevé leur édification coronaire, offre les meilleurs résultats, avec un intervalle de confiance associé à une fiabilité de 95% de + ou - 3,5 ans.

## **2.2. Méthodes basées sur des études histologiques**

Si ce type d'étude permet notamment d'obtenir des informations sur le développement dentaire de la période périnatale, il n'en demeure pas moins qu'il reste difficilement applicable et fiable pour deux principales raisons. Le **premier écueil découle directement des effectifs de la très grande majorité de ces études qui ne dépassent à ce jour, pour des raisons assez évidentes, la trentaine d'individus.** La variabilité avérée de la maturation dentaire n'est donc que très partiellement illustrée. De plus, nous devons nous interroger sur les causes du décès de ces enfants, qui n'ayant pas atteint l'âge adulte peuvent difficilement être pris comme référence du développement humain. En effet, la plupart décèdent suite à des maladies infectieuses dont la majorité a une influence sur le développement. Pour toutes ces raisons, seuls les renseignements d'ordre descriptif de ces études sont à retenir, tout en gardant à l'esprit les différents points susnommés. Mais il semble délicat de faire de ces travaux des méthodes d'étude de la maturation dentaire représentatives et fiables. Les études basées sur des collections archéologiques (*e.g.* Liversidge et Molleson, 1999) se heurtent aux mêmes problèmes, même si celui des effectifs n'est peut-être pas aussi important.

## 2.3. Méthodes radiologiques

### 2.3.1. Etudes qualitatives

Deux écueils principaux se dégagent de l'étude critique des différentes méthodes radiologiques qualitatives. L'un concerne **les effectifs des échantillons de travail** et l'autre, **les méthodes de codage** du développement macrostructural dentaire employées.

Dans le premier groupe des études et méthodes basées sur des effectifs relativement faibles, il est possible de réunir les travaux de Schour et Massler (1940, 1941), de Gleiser et Hunt (1955) avec 50 enfants, de Nolla (1960) avec également un échantillon de 50 enfants. Au niveau de l'échantillonnage, l'étude de Gustafson et Koch est également problématique puisqu'elle est basée uniquement sur des données bibliographiques. Or ces diverses études ne sont pas homogènes. Par exemple, il est problématique de traiter indifféremment les stades dentaires codés sur des radiographies et ceux définis directement sur les dents. En effet, les stades radiographiques ne correspondent pas toujours à ce que l'on peut observer, pour un même individu et à un même instant t, dans le cadre d'une étude histologique (Liversidge *et al.*, 1998).

En ce qui concerne les différentes méthodes de codage, un point commun aux travaux de Gleiser et Hunt (1955), Nolla (1960), Fanning (1961), Moorrees (1963a, 1963b), est celui de la **subjectivité du codage des différents stades dentaires**. La définition de ces différents stades repose sur des estimations de la hauteur coronaire et de la longueur radiculaire, par exemple sous la forme : « la couronne a atteint la moitié de sa hauteur », ou encore « la racine a atteint les trois quarts de sa longueur ». Ce procédé suppose donc une **estimation a priori de ce que seront la hauteur ou la longueur totale, respectivement, de la couronne ou de la racine**. Ce type d'estimation approximative ne peut être fiable et doit donc être rejeté (Liversidge *et al.*, 1998). Par ailleurs, la méthode de Fanning (1961) définit pas moins de 20 stades dentaires, ce qui rend difficile le codage, la subjectivité prenant une part importante dans la différenciation de deux stades successifs, en conséquence de quoi la précision de cette méthode chute de manière significative (Demirjian, 1986).

Un dernier aspect pratique, potentiellement problématique, concerne les méthodes d'étude basées sur des abaques (Moorrees, 1963a, 1963b ; Gustafson et Koch, 1974). L'utilisateur est amené à reporter ses propres données sur ces derniers afin d'en tirer des résultats. Or, pour ce faire, dans la majorité des cas, des photocopies des articles originaux,

voir des photocopies de photocopies, sont employées. De par la déformation engendrée par les photocopies, une source d'erreur est introduite.

### **2.3.2. Etudes quantitatives**

Le premier inconvénient survient au niveau des mesures directement réalisées sur la radiographie. En effet, **l'orthopantomographie est déformée de manière centrifuge**. Autrement dit, plus la dent est éloignée de l'axe médian de la radiographie (approximativement le plan sagittal médian du sujet), plus elle est déformée. Ceci est lié à la technique rotationnelle qui permet de projeter en deux dimensions des structures anatomiques à trois dimensions. Néanmoins, Liversidge et Molleson (1999) ont réalisé des mesures radiographiques puis, après extraction, des mesures directes sur une centaine de dents issues de la série archéologique de *Spitalfield, London*. Les différences observées entre les deux mesures d'une même dent ne sont pas significatives. Les auteurs précisent tout de même : « *Many of the jaws were fragmentary allowing radiographs with minimal distorsion.*<sup>6</sup> » Un second problème intervient également. Il s'agit de la **variabilité des longueurs dentaires**. Plus les enfants sont âgés, plus cette variabilité est importante (Liversidge *et al.*, 2003). Si cela ne semble pas trop problématique pour les méthodes utilisant les dents déciduales, il en va autrement pour celles basées sur l'étude des dents définitives.

## **3. Etat de la question**

Nous l'avons vu, un grand nombre de méthodes d'étude du développement dentaire et/ou de l'estimation de l'âge dentaire comportent de graves lacunes liées soit à l'échantillonnage, soit à la méthode de codage. L'étude de la littérature laisse en suspend un certain nombre de questions :

- l'origine géographique d'un individu a-t-elle une influence sur son développement dentaire ? Si c'est le cas, il est alors nécessaire de constituer des échantillons de référence adaptés aux populations étudiées.

- en dehors de pathologies, du sexe et éventuellement, de l'origine géographique, existe-t-il d'autres facteurs susceptibles d'influencer le développement dentaire ?

---

<sup>6</sup> Plusieurs mandibules étaient fragmentaires conférant ainsi aux radiographies une distorsion minimale.

- enfin, quelle est la part que l'aspect méthodologique peut prendre dans ces deux premières interrogations ?

### 3.1. Illustration de ces interrogations avec la méthode de Demirjian *et al.* (1973)

Constatant que la méthode proposée par Demirjian *et al.* (1973) semble très prometteuse, de nombreux auteurs se sont attachés à la tester sur des populations différentes de celle ayant servi à la constitution du référentiel, à savoir les canadiens d'origine française. Certains auteurs (Proy *et al.*, 1981 ; Hägg et Matsson, 1985 ; Kataja *et al.*, 1989 ; Davis et Hägg, 1994 ; Mörnstad *et al.*, 1995 ; Koshy et Tandon, 1998 ; Nykanen *et al.*, 1998 ; Frucht *et al.*, 2000 ; Eid *et al.*, 2002) ont procédé de la manière suivante. Après avoir codé les radiographies selon la méthode de Demirjian, **les scores numériques correspondant aux différents stades dentaires sont lus directement sur les tables de conversion proposées par Demirjian *et al.* (1973, 1976).** Cette approche est justifiée aux yeux des auteurs par Demirjian *et al.* (1973, p 211) eux-mêmes lorsqu'ils écrivent : « *Although the maturity scoring system is probably universal in application, the conversion to dental age [...] depends on the population considered.*<sup>7</sup> » ou encore par Demirjian (1986, p 291) : « *... it should be remembered that the sample is entirely of French-Canadian origin. We do not know as yet how representative the results are for children generally. We would conjecture, however, that the scores for the eight stages will not vary much between populations, but that the maturity standards may change appreciably in different populations.*<sup>8</sup> » **Les éventuelles distances qui sont prises avec la méthode originale, consistent à ne pas utiliser les graphiques existant, représentant les percentiles de score de maturité dentaire, mais à en créer de nouveaux, adaptés à la population étudiée.** La majorité de ces études mettent en avant le fait que les canadiens d'origine française présentent des retards d'âge dentaire par rapport à l'ensemble des populations testées, allant de quelques mois à 1,8 ans ; ceci ayant pour conséquence, lorsque les standards des canadiens d'origine française sont utilisés, de sous-estimer l'âge des individus issus d'autres populations.

L'origine du retard de développement dentaire des canadiens d'origine française, par rapport aux autres populations testées a fait l'objet de diverses tentatives d'explication, quasi

<sup>7</sup> Bien que le système de score de maturité soit probablement universel dans son application, la conversion en âge dentaire [...] dépend de la population considérée.

<sup>8</sup> ... il faut se rappeler que l'échantillon est entièrement composé de canadiens d'origine française. Nous ne savons pas encore en quoi ces résultats sont représentatifs des enfants en général. Nous supposons néanmoins que les scores pour les huit stades dentaires ne devraient pas varier de manière importante entre les différentes populations, mais que les standards de maturité pourraient eux changer de manière significative selon les populations considérées.

exclusivement méthodologiques. Il ressort de ces différentes études que la méthode employée par Demirjian *et al.* (1973, 1976) n'est pas suffisamment exposée pour pouvoir être reproduite, notamment en l'absence de publication des données originales. **Grâce à l'aide de Demirjian et Goldstein, recueillie au cours d'un entretien privé, Teivens et Mörnstad (2001) soulignent que les représentations des percentiles des scores de maturation dentaire proposées par ces derniers ont été obtenues par régression linéaire et corrigées manuellement de manière à regrouper sur la courbe le plus grand nombre de points possible.** En conséquence de quoi, il est impossible de reproduire les résultats originaux ou de produire de nouvelles tables de conversion spécifiques à une population donnée, exactement équivalente aux originales. Teivens et Mörnstad (2001) proposent l'utilisation de fonctions cubiques ( $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ) afin de mettre en relation l'âge chronologique ( $x$ ) et les scores de maturité ( $y$ ) des enfants du référentiel. Par la suite, ils comparent les résultats obtenus à ceux de Demirjian *et al.* (1973, 1976) issus de l'application de la régression linéaire.

**Selon Hägg et Matsson (1985), un autre problème existe dans l'approche méthodologique de Demirjian *et al.* (1973, 1976). La méthode proposée par ces derniers est basée sur l'âge de l'enfant quand le point médian entre deux stades successifs est atteint, tandis que dans les faits, le score numérique approprié est attribué dès que le stade dentaire est atteint.** Hägg et Matsson (1985, p 27) affirment : « *This effect of this discrepancy relates to the first and final developmental stages, since transition into the former and out to the latter does not occur. Furthermore, the effect increases for the final stages of long duration, and thus may lead to overestimation of age in older children.*<sup>9</sup> »

**Proy et Gautier (1985, pp 525-526) soulèvent un autre problème lié au modèle mathématique de Healy et Goldstein (1976) qui « présente l'ajout au système de contrainte de poids ayant pour effet de donner un score très élevé aux stades avancés de maturation. »** Afin de pallier à ce problème, Proy et Gautier (1985) proposent l'utilisation de l'analyse des correspondances multiples (ACM) afin de convertir les différents stades dentaires de Demirjian *et al.* (1973) en scores numériques. Ainsi, chaque stade de minéralisation de chaque dent est assimilé à un point de l'ACM représenté notamment par sa coordonnée sur le premier axe (celui exprimant le taux de variance le plus élevé). Les nouvelles tables de conversion sont constituées sur la base de ces résultats. Cette étude porte

---

<sup>9</sup> L'effet de cet écart est d'établir un rapport entre le premier et le dernier stade de développement, de la transition du stade précédent au suivant qui n'a pas lieu d'être. De plus, l'effet augmente pour les ultimes stades de longue durée, et cela peut mener à surestimer l'âge des enfants les plus âgés.

sur 1610 enfants de la région lyonnaise. Pour chaque individu, la somme des 7 scores numériques obtenus pour les 7 dents étudiées est réalisée afin d'obtenir un Indice Global de Maturité (IGM). **Dans un deuxième temps, l'ajustement entre l'âge civil et l'IGM est effectué grâce à une fonction logistique.** Les résultats sont présentés sous la forme d'abaques permettant d'estimer l'âge dentaire d'un enfant à partir de son IGM. A notre connaissance, il s'agit là de la première étude qui s'attache à reprendre non pas uniquement la conversion des scores numériques en âge dentaire, mais également les tables de conversion des stades dentaires en scores numériques. Les résultats présentés montrent une avance moyenne de 9 mois du développement dentaire des enfants lyonnais par rapport aux canadiens d'origine française, ces derniers étant étudiés selon la méthode de Demirjian *et al.* (1973, 1976).

### 3.2. Problèmes méthodologiques des méthodes « *Demirjian Like* »

L'exemple développé en 3.1. illustre assez bien le phénomène actuel observable dans la littérature. La majorité des études dont les résultats tendent à montrer des différences significatives dans le développement dentaire en fonction de l'origine géographique sont basées sur la méthode de Demirjian *et al.* (1973, 1976) (Proy *et al.*, 1981 ; Hägg et Matsson, 1985 ; Kataja *et al.*, 1989 ; Davis et Hägg, 1994 ; Mörnstad *et al.*, 1995 ; Koshy et Tandon, 1998 ; Nykanen *et al.*, 1998 ; Frucht *et al.*, 2000 ; Eid *et al.*, 2002). **Même si des modifications ont été apportées, différents problèmes méthodologiques directement liés à la méthode originale de Demirjian *et al.* (1973) demeurent, notamment un problème lié à l'emploi des techniques de régression linéaire,** commune à beaucoup d'études de ce type. Cela remet donc en question les conclusions de ces études. Lucy *et al.* (1996) rappellent que les techniques de régression d'un ensemble de variables sur l'âge ne peuvent être utilisées qu'à certaines conditions :

- Les variables doivent donner des informations indépendantes sur l'âge. Cela signifie que les changements reliés à l'âge ne peuvent être dépendants physiquement les uns des autres. Les changements peuvent être corrélés entre eux, et cela devrait être le cas puisqu'ils évoluent tous avec l'âge, mais l'augmentation de l'un ne doit pas directement causer le changement d'un autre.

- Les variables doivent évoluer de manière continue par rapport à l'âge.

- La distribution de l'erreur sur la moyenne de toute variable pour un âge donné doit être normale. Cela signifie que n'importe quelle estimation de l'erreur sur un âge inconnu sera



distribuée normalement autour de sa valeur prédictive. Un corollaire à cela est que la variable prédite doit être continue.

Or ici, **la variable constituée lors de la discrétisation en un certain nombre de stade du développement macrostructural dentaire est de nature ordinale**. Le fait de passer par une étape intermédiaire avant l'emploi de la régression, à savoir la conversion en score de maturité ne résout pas le problème. L'indice de maturité dentaire demeure une variable ordinale : entre la valeur minimale de cet indice et la valeur maximale, toutes les valeurs intermédiaires n'existent pas puisque cet indice de maturité dentaire est calculé à partir d'un tableau de conversion. Ainsi, il n'est pas rare de trouver des résultats contradictoires à propos du potentiel impact de l'origine géographique. Aucune méthode qualitative robuste n'a encore été utilisée à grande échelle pour tester l'impact de l'origine géographique ou d'autres facteurs sur la maturation macrostructurale dentaire.

**Bien qu'un grand nombre d'études sur le développement et la maturation dentaire ait été réalisé, les comparaisons sont délicates et compliquées, par manque d'homogénéité méthodologique, plus particulièrement au niveau du traitement statistique et des méthodes de codage employés. Beaucoup de problèmes méthodologiques soulevés par Eveleth et Tanner (1990) s'appliquent aux études du développement dentaire. Il s'agit de la distribution de l'âge et de la taille de l'échantillon, ainsi que du choix des stades de maturation.**

#### **4. Objectifs et champs d'application**

Sur la base cette analyse de l'état de la question de l'estimation de l'âge dentaire, nous avons décidé de développer une méthode d'estimation d'âge dentaire ne reproduisant pas les mêmes écueils d'échantillonnage, de codage ou encore d'approche statistique évoqués ci-dessus (Braga *et al.*, online first).

## 4.1. Etude de l'âge dentaire. Aspects méthodologiques

### 4.1.1 Type de méthode

Trois grandes familles de méthodes d'étude de la maturation macrostructurale dentaire ont été exposées précédemment :

- **Les études basées sur l'émergence dentaire**, qu'elle soit clinique ou alvéolaire. Ces études souffrent de divers inconvénients dont le plus important est probablement **l'impossibilité d'étudier de manière continue la maturation dentaire de par l'aspect ponctuel du phénomène d'émergence**, qui ne représente qu'une étape du processus global de l'éruption dentaire.

- **Les études histologiques**, auxquelles il est possible d'associer **les études basées sur des échantillons archéologiques**. De telles études ne revêtent qu'un intérêt descriptif du développement dentaire. En effet, trop d'inconvénients y sont associés, notamment celui de **l'état sanitaire des populations dont les échantillons sont issus, tout particulièrement les causes de mortalité**.

- **Les études basées sur les techniques radiologiques**. Les études radiologiques longitudinales offrent des informations fortes intéressantes sur l'ontogénie du développement dentaire, mais elles imposent de grandes contraintes. Dans l'absolu, une telle étude devrait être menée pendant au moins 16 ans si l'on souhaite couvrir l'ensemble de la maturation macrostructurale dentaire, sans traiter les troisièmes molaires. En conséquence de quoi, il est également fort délicat de constituer un échantillon d'étude avec un effectif important. Restent **les études radiologiques transversales qui permettent l'étude de nombreux sujets en un temps relativement court**. En fonction de l'ensemble de ces points, **nous avons donc mis en place une étude transversale à partir de radiographies panoramiques dentaires**.

### 4.1.2. Méthode de codage

Il est toujours regrettable de devoir étudier un phénomène continu par l'intermédiaire d'une approche basée sur la discrétisation dudit phénomène. Néanmoins, en dehors des méthodes basées sur les mesures dentaires qui comportent un certain nombre d'écueils, il s'agit à l'heure actuelle du seul moyen relativement robuste qui ait été mis en œuvre. De nombreuses méthodes de codage ont été mises au point ; toutes ne présentent pas la même efficacité et ce pour diverses raisons : un nombre de stades plus ou moins important, la clarté des définitions de chaque stade, les critères employés dans la définition des différents stades. **La méthode de codage proposée par Demirjian *et al.* (1973) réunit de nombreux**

**avantages** exposés en ces termes par Liversidge *et al.* (1998, p 423) ; « *The applicability of growth standards depends largely on consistent and clear definitions of tooth formation stages. Very few studies define or describe mineralisation stages clearly in words. One exception to this general situation provides both radiograph, a line drawing of the radiograph and a clearly worded descriptive criteria of the stages adopted (Demirjian et al., 1973).*<sup>10</sup> » En effet, Demirjian *et al.* (1973) définissent clairement et en toute lettre chaque stade. Ces définitions sont accompagnées d'une planche illustrative sur laquelle figure l'apparence radiologique de chaque stade sous deux formes : photographique et schématique.

**Nous avons donc décidé d'adopter le système de codage élaboré par Demirjian *et al.* (1973). En raison de la difficulté représentée par l'obtention en quantité suffisante d'orthopantomographies de jeunes enfants (âgés de moins de 7 ans), nous étudierons uniquement la maturation macrostructurale des dents définitives.**

#### 4.1.3. Considérations statistiques

Un autre aspect problématique lié aux diverses études réalisées sur le développement et la maturation dentaires, en plus des problèmes de codage et d'échantillonnage, concerne les approches statistiques employées. Il s'agit notamment du problème lié à l'utilisation de techniques de régression avec une variable ordinale du type de celle constituée par les différents stades dentaires. **Une solution statistique à ce problème existe. Elle est employée pour la première fois dans le domaine de l'estimation de l'âge dentaire des adultes par Lucy *et al.* (1996) et consiste en l'application du théorème de Bayes (1763).** Lucy *et al.* (1996, p194) justifient ainsi l'utilisation du théorème de Bayes : *Bayesian method is a « non-parametric method of analyzing ordinal data [...] more robust and appropriate than the traditional application of regression models to categorical/ordinal data for which there is no statistically rational justification.*<sup>11</sup> » **Le théorème de Bayes introduit les notions de probabilité *a priori*, de vraisemblance et de probabilité *a posteriori*.** Les auteurs sont partis de la méthode d'estimation de l'âge dentaire des adultes de Gustafson (1950) modifiée par Johanson (1971). La méthode de Gustafson repose sur la mesure de cinq critères : l'attrition, l'apposition secondaire de dentine, la récession du périodonte, la résorption radiculaire et la

<sup>10</sup> L'applicabilité des standards de croissance dépend largement de la cohérence et de la clarté avec lesquelles les divers stades dentaires sont définis. Très peu d'études définissent ou décrivent ces divers stades de minéralisation de manière satisfaisante. Une exception à ce constat général est à noter avec la méthode de codage proposée par Demirjian *et al.* (1973).

<sup>11</sup> La méthode Bayésienne est une méthode non paramétrique permettant l'étude de variables ordinales [...] plus robuste et mieux appropriée que l'application traditionnelle de la régression linéaire aux variables catégorielles/ordinales pour laquelle il n'existe aucune justification statistique rationnelle.

translucidité dentinaire au niveau de la racine. Elle met en relation ces différents facteurs avec l'âge chronologique (âge civil) des individus recrutés, par l'intermédiaire de la régression linéaire. Ils décident donc d'appliquer l'approche Bayésienne aux données fournies par Johanson (1971). **L'emploi du théorème de Bayes présente notamment l'avantage de fournir une réponse directement sous la forme d'une probabilité d'appartenance à une classe d'âge donnée. Ainsi, l'inconfort d'utilisation des intervalles de confiance disparaît.** Schmitt et Broqua (2000) appliquent le théorème de Bayes dans le cadre de l'estimation de l'âge au décès des adultes à partir de la surface auriculaire de l'ilium. Plus récemment, **Foti *et al.* (2003) et Chaillet (2003) ont mis en œuvre le théorème de Bayes dans le cadre de l'estimation de l'âge dentaire des immatures.** Foti *et al.* (2003) ont basé leur travail sur l'émergence dentaire. Leur échantillon de référence est constitué de 810 enfants âgés de 6 à 21 ans. L'ensemble des dents mandibulaires est considéré, troisièmes molaires y compris. Afin de déterminer l'âge dentaire, les auteurs appliquent deux approches. La première est basée sur l'analyse discriminante et permet de classer les individus en classes d'âge légal (*i.e.* moins de 13 ans, entre 13 et 16 ans, entre 16 et 18 ans, plus de 18 ans). Le théorème de Bayes est appliqué afin de déterminer la classe d'âge dentaire de 1 an à laquelle l'enfant a la plus forte probabilité d'appartenir. Le théorème de Bayes est également appliqué avec les classes d'âge légal. Le détail de l'application du théorème de Bayes au calcul de la probabilité d'appartenance à une certaine classe d'âge n'est pas exposé, pas plus que la nature du choix fait pour le calcul de la probabilité *a priori*. Il n'est donc pas possible de reproduire cette méthode. Chaillet (2003) détaille la méthode de calcul employée pour appliquer le théorème de Bayes, rendant ainsi la méthode reproductible. Il s'agit selon toute vraisemblance de l'étude qui a permis la rédaction de l'article de Foti *et al.* (2003). A côté de son emploi dans le cadre de l'étude de la croissance fœtale, de la croissance des os de la main, de l'émergence dentaire, Chaillet (2003) applique également le théorème de Bayes à l'estimation de l'âge dentaire à partir de l'éruption. Il utilise pour cela la méthode de codage de Demirjian *et al.* (1973). L'échantillon d'apprentissage est constitué de 644 enfants du sud de la France. L'échantillon de validation est produit à partir de l'échantillon de référence par la technique du « *Jackknife resampling* » (Tukey, 1977 ; Efron, 1982) et comporte 109 sujets. L'auteur travaille avec des classes d'âge de 1 an et des classes d'âge légal. De même que Lucy *et al.* (1996), Chaillet (2003) et probablement Foti *et al.* (2003), même si ces derniers ne l'explicitent pas, utilisent dans leurs travaux des probabilités *a priori* calculées à partir de la distribution de l'âge de l'échantillon de référence. Dans certains cas de figure, cela peut se révéler problématique, nous y reviendrons dans la partie méthodologique.

Le théorème de Bayes apparaît comme une alternative très prometteuse aux problèmes méthodologiques d'ordre statistique évoqués ci-dessus. **En conséquence de quoi, nous avons décidé d'appliquer le théorème de Bayes dans le cadre de l'estimation de l'âge dentaire des immatures sur la base de la maturation macrostructurale dentaire codée selon la méthode de Demirjian *et al.* (1973).**

#### **4.2. Etude de l'influence de facteurs d'ordres biologique et socioéconomique sur la maturation macrostructurale dentaire**

**En dehors de l'influence du sexe et de l'origine géographique, peu d'études ont été réalisées sur l'éventuel impact d'autres facteurs biologiques ou socioéconomiques.**

Un consensus clair quant à l'impact de différents facteurs d'ordre biologique ou socioéconomique sur la minéralisation macrostructurale dentaire ne semble pas émerger de la littérature. Il est admis que le développement dentaire est moins sensible que le développement osseux aux facteurs non génétiques. C'est pour cette raison que l'âge dentaire est considéré comme plus fiable que l'âge osseux. Néanmoins, après étude bibliographique de la question, on peut constater que cette assertion est fondée sur un certain nombre d'articles qui ne traitent pas du phénomène global et continu de maturation dentaire, mais uniquement de l'une de ses étapes, à savoir l'émergence. Rappelons que cette dernière connaît deux étapes distinctes : l'émergence osseuse et l'émergence gingivale, or le type d'émergence étudié n'est pas systématiquement défini. Cela ne va pas sans poser problème. Il existe un deuxième aspect problématique, celui des méthodes employées pour tester ces éventuelles liaisons entre développement dentaire et facteurs non génétiques. Or ces différentes méthodes ne revêtent pas toute le même taux de fiabilité (voir pour synthèse Liversidge *et al.*, 1998), et il devient alors fort délicat de se forger une opinion.

Nous avons donc décidé de mettre en place **un questionnaire, spécialement conçu pour cette étude** (annexe 1). Ce questionnaire est rempli par les parents de l'enfant. Il vise à recueillir des informations à la fois d'ordres biologique et socioéconomique. Le choix des différents items s'est fait en fonction des informations disponibles dans la littérature et suite aux différentes consultations prises auprès de dentistes et d'orthodontistes, notamment. Certaines questions étaient incontournables ; le sexe (question 3), les dates de naissance et de l'examen radiographique (questions 4 et 2) afin de déterminer l'âge de l'enfant à la date de

l'orthopantomographie. Les noms et prénoms de l'enfant (partie supérieure détachable) étaient relevés dans un premier temps afin de faire le lien avec la radiographie panoramique dentaire sélectionnée, puis, dans un deuxième temps, les questionnaires étaient anonymisés.

Les **origines géographique ou ethnique sont des facteurs éventuellement considérés comme ayant une influence sur la maturation dentaire**. La part de la composante génétique est alors bien évidemment prépondérante. Mais l'origine géographique peut également présenter d'autres composantes, comme par exemple des conditions de vie parfois difficilement comparables selon les différentes régions du monde. Les termes origine géographique et origine ethnique sont régulièrement employés sans distinction pour caractériser une population. Or ces deux termes ne possèdent pas la même signification. L'origine ethnique correspond à un pool génétique particulier. Cette dernière est très régulièrement associée dans la littérature à la seule couleur de peau. Cela même si de récentes études tendent à montrer que pour un lot de marqueurs génétiques bien identifiés, il peut exister plus de différences entre deux individus « blancs » qu'entre un individu « blanc » et un individu « noir » (Barbujani *et al.*, 1997). Lorsqu'une étude est menée au sein d'un seul et même pays et que des populations issues de l'immigration sont concernées, c'est le terme d'origine ethnique qui doit être employé pour différencier ces populations de la population autochtone. Le terme origine géographique englobe non seulement l'origine ethnique, mais également une aire géographique particulière dans laquelle vit la population concernée. Typiquement il s'agira d'un pays, souvent d'un continent différent de celui de l'autre population étudiée dans le cadre d'une comparaison.

Quelques études quantitatives basées sur la mesure des longueurs dentaires, semblent concorder sur l'existence de différences significatives entre des échantillons japonais, nigérian et allemand (Verhoeven *et al.*, 1979 ; Okpo et Akpata, 1986 ; Ozaki *et al.*, 1987).

De nombreuses études qualitatives ont été réalisées afin de tester **l'impact de l'origine géographique sur l'émergence dentaire**. Rappelons que l'émergence n'est qu'une étape du processus global et continu de l'éruption dentaire. Ferguson *et al.* (1957) travaillent sur les dents déciduales et montrent une avance dans le nombre de dents émergées à un âge donné chez un échantillon de « noirs » américains par rapport à un échantillon de « blancs » américains. Houpt *et al.* (1973) aboutissent aux mêmes conclusions en étudiant les dents définitives de deux échantillons, l'un constitué de ghanéens et l'autre de « blancs » américains. D'autres études indiquent également ce même type d'avance en comparant des échantillons de « noirs » américains à des échantillons de « blancs » américains (Hiernaux,

1968 ; Debrot, 1972 ; Garn *et al.*, 1973a ; Freitas et Salzamo, 1975 ; Lavelle, 1975 ; Hassanali et Odhiambho, 1981 ; Hassanali, 1985). **Les inconvénients précédemment énoncés qui caractérisent les études basées sur l'émergence dentaire remettent en question la fiabilité des résultats avancés dans l'ensemble de ces travaux. De plus, ces résultats basés sur l'étude de l'émergence ne concernent qu'une étape ponctuelle du développement dentaire. En aucun cas ils ne peuvent faire l'objet d'une extrapolation au phénomène physiologique continu de la maturation dentaire.** Pour trouver des résultats plus robustes il faut se tourner vers des études qui testent l'impact de l'origine géographique sur le développement macrostructural dentaire dans son ensemble.

Une des rares études ne souffrant pas de problème méthodologique majeur est celle de **Harris et McKee (1990)**, qui se sont employés à étudier la question de l'impact de l'origine géographique sur le développement dentaire en utilisant la méthode de Moorrees *et al.* (1963b). Ils ont ainsi étudié 655 sujets « blancs » et 335 sujets « noirs » vivant dans le Tennessee. L'âge médian et la variance associée sont calculés pour chaque stade dentaire puis comparés deux à deux selon l'origine des individus. Ils **constituent ainsi pour leurs deux échantillons, enfants « blancs » et « noirs », des standards spécifiques, différents de celui élaboré par Moorrees *et al.* (1963b)**. Les garçons « noirs » sont significativement en avance par rapport aux garçons « blancs » dans 26% des cas, les filles « noires » étant elles significativement en avance sur les filles « blanches » dans 42% des cas.

**La durée de la vie intra utérine, le poids à la naissance et, dans une moindre mesure, la taille à la naissance, sont également des facteurs susceptibles d'influencer le phénomène de maturation dentaire.** Harris *et al.* (1993) étudient l'influence du poids à la naissance sur le développement dentaire à partir d'un échantillon de 66 enfants « noirs » âgés de 4 à 7 ans, vivant dans le Tennessee et dont le poids à la naissance était inférieur à 2 kg. Ils appliquent la méthode de codage de Moorrees *et al.* (1963b) pour les dents définitives et calculent les âges médians d'atteinte des différents stades, puis ils les comparent à ceux obtenus par Harris et McKee (1990). Les seules dents pour lesquelles des différences significatives sont observées sont les incisives et les premières molaires. Backström *et al.* (2000), mènent une étude longitudinale sur 30 enfants finlandais dont le poids à la naissance était inférieur à 2 kg et dont la période de vie intra utérine n'avait pas excédé 37 semaines. Le degré de maturation dentaire est relevé aux âges de 1 an et 2 ans en comptant le nombre de dents émergées cliniquement. Aux âges de 9 et 11 ans le degré de maturation dentaire est estimé avec la méthode de Demirjian *et al.* (1973, 1976). Il est important de souligner que

**dans cette étude les auteurs utilisent un âge corrigé pour les enfants prématurés.** Les différences observées avec un échantillon témoin au niveau des dents déciduales ne sont pas significatives, exception faite de la première dent émergée qui est retardée chez les filles prématurées. Au niveau des dents définitives, aucune différence significative n'est observée. **Ces résultats concordent avec ceux exposés dans d'autres études (Golden *et al.*, 1981 ; Seow *et al.*, 1988), montrant que le poids à la naissance et le fait d'être prématuré n'ont pas d'influence significative sur le développement dentaire à condition de travailler avec un âge corrigé pour les enfants prématurés. Si cette correction n'est pas utilisée, alors des retards significatifs apparaissent chez ces enfants par rapport à un échantillon test d'enfants nés à terme avec un poids standard.** L'inconvénient que présentent ces deux études est celui des méthodes employées pour caractériser le développement dentaire. Le décompte des dents déciduales (Backström *et al.*, 2000), nous l'avons vu, n'est pas fiable. L'utilisation de la méthode de Moorrees *et al.* (1963b) (Harris *et al.*, 1993 ; Backström *et al.*, 2000) peut poser problème au niveau du codage des dents en stades. De plus, une étude est transversale (Harris *et al.*, 1993), tandis que l'autre est longitudinale (Backström *et al.*, 2000), et les deux sont basées sur des effectifs relativement faibles. Enfin, les âges auxquels les enfants sont contrôlés ne correspondent pas. Un autre problème concerne le choix de l'âge que les auteurs attribuent aux enfants prématurés. Certains se contentent d'un âge non corrigé en fonction du nombre de jour d'avance sur le terme normal d'une grossesse (Harris *et al.*, 1993), au contraire d'autres auteurs qui eux tiennent compte de cette correction (Golden *et al.*, 1981 ; Seow *et al.*, 1988 ; Backström *et al.*, 2000).

D'autres études (Mellander *et al.*, 1982 ; Noren, 1983) mettent en avant la plus forte proportion d'enfants de faible poids à la naissance présentant des défauts de minéralisation dentaire par rapport à celle des enfants d'un poids à la naissance normal. Ces défauts se traduisent par des hypoplasies de l'émail dentaire, des aires diffuses de porosité de l'émail et lésions visibles à la surface de l'émail après la naissance.

**L'âge des parents, plus particulièrement de la mère, peut également influencer le développement de l'enfant.** Wang et vom Saal (2000) ont ainsi démontré que lorsque des souris « adolescentes » (génération n) ont une portée, les souriceaux (génération n+1) pèsent à la naissance significativement moins lourd que ceux d'une portée d'une souris adulte jeune. Ces écarts de poids à la naissance se répercutent également sur la génération n+2.



Dès le début de la vie extra utérine **le nourrisson peut connaître deux types d'alimentation**. La plus naturelle est **l'allaitement au sein maternel**. Des nourrissons seront **dès le premier jour allaités au biberon** pour diverses raisons : séjour en couveuse, douleur à l'allaitement et/ou manque ou absence de lait chez la mère, volonté maternelle, voir parentale, de ne pas allaiter, phénomène de « mode » (influence des laboratoires et entreprises productrices de laits de substitution), complications médicales chez le nouveau-né ou chez la mère (infection par le VIH, prise médicamenteuse, maladie chronique sévère). Le lait maternel est l'aliment de choix et de référence des premiers mois de vie. **L'OMF et l'UNICEF préconisent un allaitement exclusif au sein des nouveaux nés jusqu'à l'âge de 6 mois**. Dans les pays occidentaux, on retrouve souvent une limite à 4 mois, correspondant au démarrage des laits deuxième âge. **Le lait maternel humain** présente différentes propriétés (annexe 2), sa composition évolue au cours de la période d'allaitement et même au cours de la tétée. **Il est parfaitement adapté aux besoins du nourrisson et à son immaturité digestive et rénale. L'allaitement maternel exclusif permet un développement optimal du nourrisson jusqu'à l'âge de 6 mois**. L'allaitement exclusif protège le nouveau-né des infections gastro-intestinales et, dans une moindre mesure, des infections ORL et respiratoires. Il possède des propriétés immunologiques, notamment avec le colostrum des premiers jours de vie. On trouve ainsi dans le lait de femme des IgA sécrétoires, de la lactoferrine, des lysozymes, des composants du complément. Les mères d'enfants prématurés possèdent également une concentration plus élevée de protéines dans leur lait. On observe une évolution au cours de la tétée durant laquelle la concentration en graisse augmente, contribuant ainsi à l'acquisition de la satiété. L'allaitement maternel présente des avantages psychoaffectifs important dans les rapports mère enfant, un temps oublié au profit d'un « contrôle sanitaire plus efficace » grâce aux laits de substitution, argument qui n'est plus très avancé aujourd'hui à l'heure où l'on tente d'encourager l'allaitement au sein. Les laits en poudre, souvent composés à partir de lait de vache, sont dosés pour se rapprocher au mieux de la composition du lait de femme. **Le lait de vache non modifié ne convient pas à l'alimentation d'un enfant de moins de 12 mois** car il est deux fois plus riche en protéines, quatre fois plus riche en calcium et sodium, six fois plus riche en phosphore, moins sucré. De plus, il présente des protéines allergisantes (béta-lacto-globulines), il est riche en caséine et pauvre en acides gras essentiels. **Introduit avant l'âge de 6 mois, le lait de vache peut être responsable de carence en fer**. Quels sont les éventuels impacts en terme de maturation dentaire d'une prise précoce de lait de vache ?

La diversification alimentaire peut être introduite à partir du 4<sup>o</sup> mois pour les légumes et les fruits cuits, du 5<sup>o</sup> - 7<sup>o</sup> pour la viande, le poisson, le jaune d'œuf, les laitages et le fromage. A partir du 8<sup>o</sup>-12<sup>o</sup> mois introduction du pain, des biscuits peu sucrés, des matières grasses, des petites pâtes, de la semoule, des crudités. Enfin vers le 15<sup>o</sup>-18<sup>o</sup> mois introduction des purées de légumes secs, de pâtes, du riz.

Quelques d'études ont été réalisées sur l'influence de l'allaitement sur la maturation dentaire. Les quelques articles écrits sur le sujet traitent principalement de problèmes de minéralisation tels que les défauts de minéralisation (Alaluusua *et al.*, 1996) lorsque l'enfant est exposé a des dioxines via le lait maternel. Holman et Yamaguchi (2004) étudient l'impact de l'allaitement sur l'émergence dentaire. Les enfants n'ayant pas du tout été allaités au sein présentent des retards d'émergence des incisives maxillaires. D'autres auteurs se sont penchés sur l'impact mécanique au niveau osseux et musculaire de l'allaitement. Ainsi Westover *et al.* (1989, p 140) écrivent : « *The breastfeeding infant uses as much as sixty times more energy ingesting his food than does a baby drinking a bottle. The breastfeeding baby has to open wide, move his jaws back and forth, and squeeze with his gums to extract the milk. It has been found that the digastric muscle in infants is two times stronger than in adults in order to accomplish this task. As these muscles are strenuously exercised in suckling, their constant pulling provides an important influence on the thrust and physiological growth of the mandible.*<sup>12</sup> » Mais quand est il de l'influence de ce développement sur la maturation dentaire ? Est-elle accélérée ou au contraire ralentie par rapport aux enfants allaités au biberon ? Dans cette même optique d'éventuelles interactions d'ordre mécanique avec le développement dentaire, nous avons interrogé les parents afin de savoir si l'enfant avait sucé son pouce, ou s'il avait eu une tétine.

De nombreuses études portant sur l'influence du niveau socioéconomique d'un individu sur son développement staturo-pondéral, ou encore sur l'ossification du poignet, ont été réalisées (Olivier, 1965 ; Garn *et al.*, 1973b ; Rona, 1981 ; Bielicky, 1986 ; Tanner, 1992 ; Peck et Lyundberg, 1995 ; Bhargava, 1999 ; Cavelaars, 2000). Elles démontrent que les enfants évoluant dans des foyers de faible niveau socioéconomique présentent des retards de développement somatique par rapport aux enfants évoluant dans des foyers plus aisés. Les études sur **l'influence du niveau socioéconomique sur le développement dentaire que**

---

<sup>12</sup> Les enfants allaités au sein utilisent jusqu'à 60 fois plus d'énergie en ingérant leur nourriture que les enfants buvant leur biberon. L'enfant allaité au sein doit ouvrir la bouche en grand, faire avancer et reculer sa mâchoire, et presser avec ses gencives pour extraire le lait. Il a été démontré que chez l'enfant le muscle digastrique est deux fois plus fort que chez l'adulte dans le but d'accomplir cette tâche. Comme ces muscles sont activement exercés dans la succion, leur constante traction génère une importante influence sur poussée et la croissance physiologique de la mandibule.

**nous avons recensé portent toutes sur l'émergence** (Clements *et al.*, 1953, 1957a,b ; Lee *et al.*, 1965 ; Houpt *et al.*, 1967 ; Mukherjee, 1973 ; Helm et Seidler, 1974). La majorité de ces auteurs concluent leur travaux de manière similaire, précisant que **l'impact du niveau socioéconomique sur l'émergence dentaire est très réduit en comparaison avec celui sur le développement staturo-pondéral, et qu'il n'est pas significatif** (Lee *et al.*, 1965 ; Houpt *et al.*, 1967 ; Mukherjee, 1973 ; Helm et Seidler, 1974). Clements *et al.* (1953, 1957a,b) présentent des différences significatives. Notons l'étude de Garn *et al.* (1973a) qui tend à montrer que le niveau socioéconomique a une influence sur l'émergence clinique dentaire, même si celle-ci reste moins importante que la variabilité liée à l'origine géographique.

Les différents renseignements recueillis au moyen du questionnaire sont ensuite traités à la lumière des informations recueillies sur la l'âge dentaire. Il sera ainsi possible d'apporter des indications sur l'éventuel impact de certains de ces facteurs. En fonction des résultats obtenus, l'opportunité de créer des standards supplémentaires à ceux du sexe et de l'origine géographique sera discutée.

#### **4.3. Champs d'application**

Les deux principaux objectifs de cette étude sont donc :

1- **Utiliser, tester et évaluer la qualité d'une méthode d'estimation d'âge dentaire respectant au mieux la réalité de la maturation macrostructurale dentaire (Braga *et al.*, online first). Cette réalité concerne notamment la variabilité et l'originalité des séquences de minéralisation dentaire (SMD) qu'il est possible de rencontrer au sein d'un échantillon. En effet, il existe un grand nombre de séquences de minéralisation dentaire représenté au sein de l'échantillon des 863 enfants du sud de la France possédant un questionnaire (variabilité), chacune de ces séquences étant représentée un certain nombre de fois au sein de cet échantillon (originalité). Cette attention toute particulière apportée aux séquences de minéralisation dentaire découle du simple fait que **l'âge dentaire d'un individu résulte de deux composantes : son âge chronologique et sa séquence de minéralisation dentaire.****

2- **Apprécier l'éventuel impact de facteurs biologiques et/ou socioéconomiques sur l'estimation de l'âge dentaire.** Ces facteurs sont recueillis à l'aide d'un questionnaire

rempli par les parents de l'enfant. Les potentiels effets de ces facteurs sur l'estimation de l'âge dentaire sont étudiés de manières univariée et multivariée. Dans le cadre d'une approche univariée, il s'agit d'estimer l'âge d'un échantillon test à partir de deux référentiels distincts et de comparer les résultats obtenus, ou bien, d'estimer l'âge dentaire de deux échantillons tests distincts à partir d'un même référentiel. Les modalités du facteur étudié, par exemple le poids à la naissance, seront à l'origine des différences au sein des référentiels ou bien des échantillons tests.

Les champs d'application de cette étude sont multiples. L'étude de la chronologie et de l'étiologie de la maturation macrostructurale des dents définitives s'inscrit naturellement dans le champ de l'**anthropobiologie** en permettant d'apprécier la variabilité de cet aspect du développement et d'en rechercher les causes. Comme toute **méthode d'estimation d'âge**, elle revêt un intérêt particulier pour les domaines de la **médecine légale** et de **l'étude des populations du passé**, en s'efforçant d'accroître nos connaissances afin de produire des estimations plus fiables et plus précises et de répondre à une attente réelle (Ritz-Timme *et al.*, 2000 ; Cattaneo et Baccino, 2002). Enfin, nous espérons pouvoir apporter un outil efficace aux **orthodontistes** pouvant les aider notamment dans la formulation de leur diagnostic.



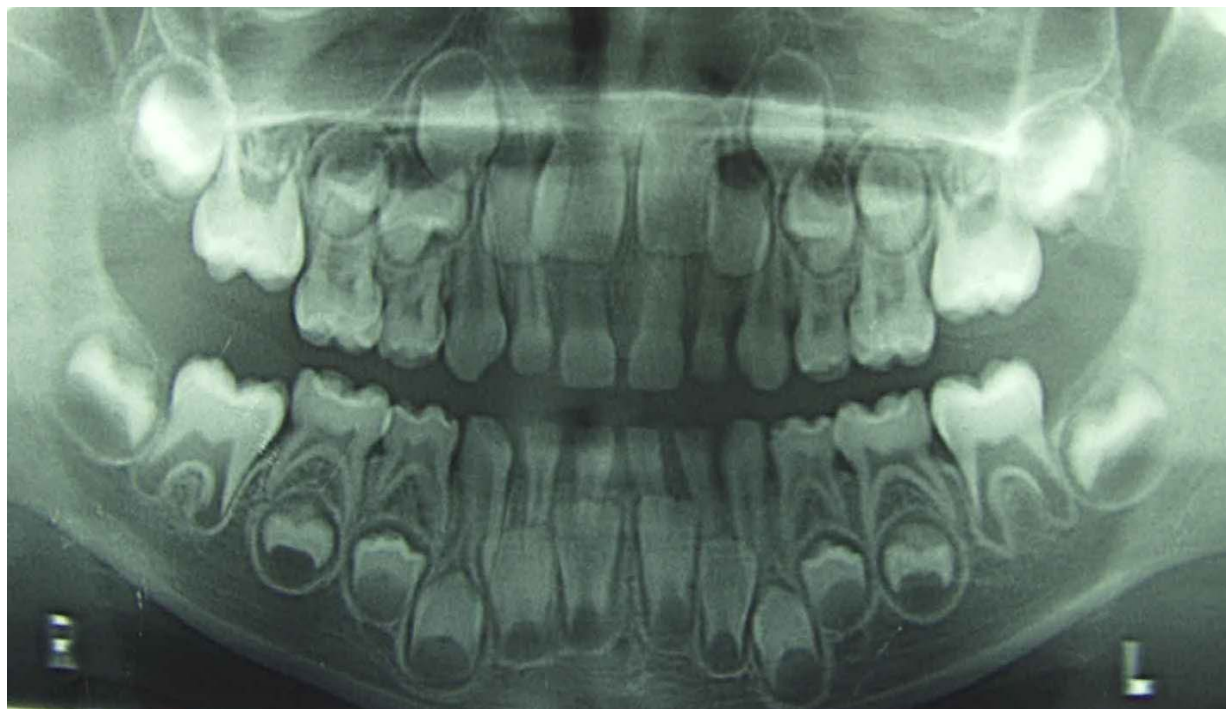
# *Matériel*

## 1. Cadre général

Cette étude s'intéresse à la chronologie et à l'étiologie de la maturation macrostructurale des dents définitives des non adultes. Par non adultes, on entend enfants et adolescents, c'est à dire des individus n'ayant pas encore achevé leur développement somatique. Au niveau dentaire, ce développement débute dès la septième semaine de vie intra utérine avec la mise en place des bourgeons dentaires, pour s'achever souvent au-delà de la vingtième année de vie de l'individu en ce qui concerne les troisièmes molaires. **La maturation dentaire est par conséquent un processus long à même de fournir des informations sur une période clé de la vie d'un individu.** De par sa grande variabilité inter-individuelle, que ce soit en terme de présence ou d'absence, ou encore de modalités de développement lorsqu'elles sont présentes, les troisièmes molaires n'ont pas été considérées dans cette étude. Les deuxièmes molaires définitives sont donc les dents étudiées terminant le plus tardivement leur maturation. Cette période d'achèvement connaît une variabilité intra et inter-populationnelle assez importante qui peut s'étaler de 14 à 18 ans. Cependant, à l'âge de 16 ans, la majorité des dents définitives sont sur le point d'achever leur développement, quand ce n'est pas déjà le cas pour une bonne part d'entre elles. **Une fois que la plupart des dents ont terminé leur croissance, l'information disponible en terme de degré de minéralisation macrostructurale devient quasiment nulle,** puisque un individu de 18 ans et un autre de 80 ans auront tous deux des états identiques. Cela ne signifie pas qu'entre 18 ans et 80 ans, les dents ne connaîtront pas d'évolution de leur structure ou encore de leur état d'usure. Néanmoins, il s'agit alors du phénomène de sénescence et non plus de celui de maturation dentaire. Sur la base de ces observations, **nous avons fixé à 16 ans la limite d'âge supérieure de notre échantillon.** La nécessité d'obtenir plusieurs centaines de cas afin de constituer un échantillon exploitable ne laisse guère le choix quant à la nature de la technique à employer. **A ce jour, et en fonction des contraintes de temps et du cadre juridique, la seule technique permettant d'accéder à l'information de l'état de maturation dentaire en terme de degré de minéralisation macrostructurale, reste la radiologie.** Notre choix c'est donc porté sur l'étude d'orthopantomographies, encore nommées radiographies panoramiques dentaires (figure 2). Nous reviendrons brièvement sur cette technique. Les patients les plus jeunes pour lesquels ont été prescrites des

orthopantomographies proviennent du service de Pédiodontie du CHU de Montpellier (Centre de Soins Dentaires de Montpellier, CSDM). Ils sont âgés, pour les plus jeunes, de 3,5 ans.

**Figure 2** : Une orthopantomographie ou radiographie panoramique dentaire



En France, tout examen pratiqué dans le cadre d'une recherche biomédicale sur des personnes dites « normales » relève de la loi Huriet-Serusclat, et est soumis notamment à un dédommagement des volontaires (art. L. 1124-2). Afin de sortir de ce cadre, il est nécessaire de travailler à partir d'examen médicaux subis au cours d'un traitement, et non pas réalisés aux seules fins d'une recherche. **Cela nous a donc conduit à travailler avec un échantillon clinique. Les radiographies panoramiques que nous utilisons ont donc été prescrites dans le cadre d'un diagnostic ou d'un traitement dentaire. En aucun cas des examens radiologiques complémentaires ont été réalisés pour cette étude.**

**Le fait de travailler avec un échantillon clinique pose le problème de la représentativité de cet échantillon.** N'est-il représentatif que d'une population clinique ou bien peut-il être envisagé comme représentatif d'une population « normale ». Répondre à cette question revient à s'interroger sur le concept de normalité tant d'une manière générale que dans ce cas particulier. Dans le cadre de cette étude, nous avons souhaité recruter des enfants ne présentant pas d'antécédent pathologique particulier, ni de trouble pouvant influencer leur développement. Leurs dysmorphoses maxillo-faciales restent limitées à des cas considérés comme moyens par le praticien, et n'engendrent pas de trouble esthétique majeur.



L'état dentaire est « correct », c'est-à-dire que l'enfant ne présente pas de dent permanente dévitalisée, pas plus que de dent extraite. Enfin, l'enfant ne doit pas présenter d'agénésie (germe dentaire absent ou dent absente) en dehors de la troisième molaire. **Les enfants recrutés ne sont donc pas des cas pathologiques. De tels cas sont redirigés vers la chirurgie maxillo-faciale ou encore l'orthopédie dento-faciale.**

D'un point de vue théorique, la normalité d'un caractère A est définie de manière arbitraire. Admettons que l'on souhaite définir **d'une part la normalité** d'un facteur, et **d'autre part son aspect pathologique**. Considérons un facteur à variation continue, comme par exemple la position de la mandibule par rapport au maxillaire (distance) appréciable sur une téléradiographie de profil. La classification squelettique, dite d'Angle, définit trois classes : la classe I pour une position normale de la mandibule par rapport au maxillaire, la classe II pour une position antérieure de la mandibule par rapport au maxillaire (prognathisme mandibulaire), la classe III pour une position postérieure de la mandibule par rapport au maxillaire (rétrognathisme mandibulaire). La première étape consiste à réaliser une étude sur un échantillon et à observer la distribution que prend cette variable. Admettons que la distribution de cette variable soit gaussienne. Pour autant la valeur moyenne de cette distance est supérieure à 0. La deuxième étape va consister à fixer les limites inférieure et supérieure de cette distribution, au-delà desquelles nous considérerons une distance comme anormale. D'une manière générale, on considère arbitrairement que 95% de l'échantillon est « normal ». Les 2,5% des cas situés à l'extrême gauche de la courbe et les 2,5% de cas situés à l'extrême droite sont considérés comme « anormaux ». **Mais anormalité n'est pas synonyme de pathologie**. La deuxième étape qui nous amène à définir les limites inférieure et supérieure de cette distance au-delà desquelles un individu sera dit « pathologique », nécessite l'étude d'autres variables que la seule position de la mandibule par rapport au maxillaire. La notion de *pathos* sous-entend des conséquences négatives en terme de santé et de bien-être pour l'individu. Il faudra alors prendre en compte des critères tels que : la gêne, voir la douleur occasionnée, ou encore les conséquences engendrées au niveau fonctionnel, ... **Ce n'est qu'à la suite de la synthèse de l'ensemble de ces variables que pourront être définies les limites pathologiques de cette distance.**

Par ailleurs, certaines méthodes portant sur l'étude du développement dentaire et sur l'estimation de l'âge dentaire sont basées sur l'étude de collections archéologiques, issues de cimetières, pour lesquelles l'âge au décès des individus est connu grâce à la tenue de registres. Citons l'exemple de la série de *Spitalfields, London*, utilisée par Liversidge et Molleson (1999) pour la mesure de longueurs dentaires. **Peut-on considérer un échantillon issu d'une**

**collection archéologique comme « normal » et représentatif d'autres échantillons archéologiques voire d'échantillons actuels ?** Wood *et al.* (1992) fournissent une réponse à cette question, en démontrant clairement qu'un échantillon issu d'un cimetière n'est pas représentatif de la population vivante dont il est issu, ni de toute autre population vivante. De plus, l'absence de traces visibles sur l'os caractéristiques de certaines pathologies, ne signifie pas forcément que l'individu n'en a pas souffert. Au contraire, il est tout à fait possible d'envisager qu'il soit décédé rapidement des suites de cette pathologie et qu'il n'ait par conséquent, pas « eu le temps » de développer des stigmates osseux (Wood *et al.*, 1992).

**Il peut sembler raisonnable de considérer qu'un échantillon clinique dont les individus assurément pathologiques ont été retirés, est plus proche d'une population dite normale, qu'un échantillon, issu d'une série archéologique, constitué d'individus décédés avant l'âge de 16 ans.** Certes, la normalité de cet échantillon clinique est invalidée par le simple fait qu'il est clinique, mais prenons l'exemple d'un pays où l'orthodontie n'est pas une spécialité représentée. Excepté les cas pathologiques les plus lourds, que nous avons tenté de ne pas recruter, les autres enfants seraient-ils considérés comme anormaux ? Ne sont-ce finalement pas, en partie du moins, les possibilités locales de soins qui déterminent la normalité d'un individu ? Même si la solution de recruter un échantillon clinique n'est pas parfaitement satisfaisante, elle est néanmoins la plus performante étant donné les cadres éthique et législatif en vigueur en France qui rendent quasiment impossible toute étude sur une population « normale ».

## **2. Technique radiographique**

L'histoire de la technique radiographique débute en 1895 avec Roentgen qui en étudiant les propriétés de ce que l'on appellera par la suite les rayons X, réalise accidentellement une radiographie de sa main. C'est le premier cliché radiographique de l'histoire. Différentes expériences vont être menées par la suite notamment pour obtenir des images radiographiques des dents. La technique qui nous intéresse ici voit le jour en 1934 et est le fruit du travail de H Numata. Il est le premier à mettre en œuvre la radiographie panoramique rotationnelle. Il place en bouche un long film sur toute l'arcade et utilise une source radiogène avec un faisceau en fente qui tourne autour de la tête du patient qui doit

pendant ce temps rester immobile. Même si le matériel a évolué jusqu'à nos jours, le principe reste le même. La réalisation d'une radiographie panoramique dentaire, également nommée orthopantomographie ou orthopantomogramme, permet le diagnostic des anomalies dentaires congénitales : anomalie de nombre (agénésie, dent surnuméraire : odontome ou odontoïde), anomalie de taille (macrodontie, microdontie), anomalie de forme (taurodontisme, duplication, fusion dentaire, invagination amélo-dentinaire, rhizalyse et résorption dentaire), anomalie de structure, anomalie de situation (transposition, inclusion, ectopie). De plus, elle permet l'observation de l'état du parodonte et de l'éventuelle présence de tumeur. Toutes les dents sont radiographiées sur le même cliché, on y voit également les maxillaires supérieur et inférieur et parfois les articulations entre les deux maxillaires et une partie des sinus.

Les inconvénients liés à cette technique radiographique sont de deux ordres. En premier lieu, un phénomène de superposition va inévitablement se produire en raison de la représentation en deux dimensions (film radiographique) d'un ensemble anatomique à trois dimensions. Au niveau mandibulaire, ce phénomène de superposition n'est pas trop problématique. Par contre au niveau maxillaire, certaines structures sont difficilement observables. C'est notamment le cas pour les dents maxillaires, plus particulièrement au niveau radiculaire, en raison de la superposition de l'os maxillaire. En second lieu, cette technique rotationnelle va induire une déformation non uniforme des structures anatomiques radiographiées. L'intensité de la déformation augmente de manière centrifuge. Plus on s'éloigne de l'axe médian du cliché passant par le plan sagittal médian, plus la déformation est importante. Une deuxième molaire est donc plus déformée qu'une incisive centrale. Cet état de fait est problématique dans le cadre de l'étude du développement dentaire basée sur des méthodes où des mesures absolues doivent être réalisées sur le film radiographique.

Pour chaque enfant, la radiographie panoramique dentaire sélectionnée est, dans la mesure du possible, la première issue de la prise en charge par le dentiste ou l'orthodontiste. Ce choix est destiné à éviter tout biais éventuel lié au traitement médical, notamment dans le cadre d'un traitement orthodontique. Dans certains cas, la qualité médiocre du cliché nous a contraint à choisir un autre orthopantomographe. Ce choix s'est alors fait en accord avec le praticien, dans la mesure où le traitement suivi par l'enfant ne s'avérait pas susceptible d'influencer sa maturation macrostructurale dentaire.

Il n'est pas envisageable dans le cadre de cette étude de conserver les radiographies panoramiques dentaires, pour la plupart issues de traitements en cours. Afin de posséder des copies des orthopantomographies, nous avons numérisé les originaux à l'aide d'un appareil

photographique numérique. Cette technique nous a permis, à l'aide d'un simple négatoscope, de réaliser des clichés sur place, d'une qualité très satisfaisante et ce, avec une grande célérité. Néanmoins, il n'existe pas d'homogénéité en terme d'échelle dans la base de données. En effet, la position du photographe n'était pas standardisée. Comme nous le verrons par la suite, de par la technique de codage employée, cela n'est pas problématique. La base de données ainsi constituée, nous a permis de réaliser, en plus du simple codage, des tests intra-observateurs concernant la méthode de codage employée. Enfin, cette base de données pourra servir ultérieurement dans le cadre d'études portant, par exemple, sur les dents déciduales.

Il est ici important de souligner que les résultats d'études basées sur des données radiologiques, sur des études tomodensitométriques ou encore sur des études histologiques, ne sont pas directement comparables entre eux (Beynon *et al.*, 1998). Dans le but de comparer différentes populations, ou encore différents échantillons, il est donc nécessaire d'employer un seul type de méthode d'acquisition, la méthode radiographique conventionnelle s'avérant idéale dans ce type d'étude.

### **3. Questionnaire**

#### **3.1. Aspects législatifs et pratiques**

Le questionnaire est proposé aux parents accompagnant l'enfant lors de la consultation (annexe 1). Le questionnaire est accompagné d'un consentement éclairé (annexe 3). L'ensemble constitué par ces deux documents est remis aux parents et accompagné d'une rapide présentation orale. Les parents et l'enfant décident ensuite de participer ou non à l'étude. Ces deux documents, conformément à la législation en vigueur, ont fait l'objet d'une demande d'autorisation à la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL). De par la nature des questions posées, ce questionnaire devait faire l'objet d'une demande préalable d'avis au « Comité consultatif sur le traitement de l'information en matière de recherche dans le domaine de la santé », comité dépendant du ministère délégué à la recherche et aux nouvelles technologies. Cet avis favorable ayant été obtenu, nous avons alors saisi la CNIL d'une « demande d'autorisation relative à un traitement automatisé d'informations nominatives » (Loi 78-17 du 6 janvier 1978 modifiée par la loi 94-548 du 1<sup>er</sup>

juillet 1994 ; Décret n° 78-774 du 17 juillet 1978 modifié par le décret n° 95-682 du 9 mai 1995). En effet, il est stipulé dans les textes législatifs que tout renseignement permettant d'identifier une personne physique est considéré comme nominatif. Ainsi, en plus des noms et prénoms, les initiales, un numéro d'ordre, la date de naissance, le lieu de naissance, le sexe, ..., sont considérés comme nominatifs. Par ailleurs, le questionnaire comporte des renseignements sur les origines géographiques des individus, renseignements qui constituent une information très « sensible », et qui doit donc être encadrée législativement.

**Cette demande enregistrée sous le N° 903085 a reçu l'autorisation de la CNIL.**

Le cahier des charges que nous nous sommes fixé lors de l'élaboration de ce questionnaire était le suivant. D'un point de vue pratique, il ne devait pas excéder une feuille A4 imprimée en recto verso et son remplissage ne devait pas prendre plus d'une quinzaine de minutes. En effet, un questionnaire trop long et trop volumineux aurait inévitablement découragé bon nombre de volontaires potentiels, et surtout aurait probablement nuit à la fiabilité des réponses produites, notamment sur la fin du document. Ce questionnaire pouvait être rempli soit directement sur place par le parent accompagnant l'enfant, soit plus tard au domicile familial. Dans ce second cas de figure, une enveloppe timbrée à l'adresse du laboratoire était alors fournie. Une fois collectés, les questionnaires étaient anonymisés (découpage de la bande supérieure où figuraient les nom et prénom) et un même numéro d'anonymat était alors attribué au questionnaire et à la radiographie panoramique dentaire correspondante. Sur un fichier annexe, conformément aux recommandations de la CNIL, la correspondance entre les individus et leur numéro d'anonymat était sauvegardée afin d'être en mesure d'opérer d'éventuelles modifications à la demande des parents. Durant cette étude 1157 questionnaires ont été distribués. Sur ces 1157 questionnaires, 909 ont été complétés et récupérés. Sur ces 909 questionnaires, certains comportaient des réponses aberrantes, d'autres n'étaient pas remplis au verso. Au final, 863 questionnaires se sont révélés exploitables dans le cadre de cette étude.

Tous les questionnaires ont été saisis sous Excel Office XP, *Microsoft Inc.*

### **3.2. Age, sexe, poids, taille, nom, prénom**

Les questions 2 et 4 concernant respectivement la date de l'examen radiographique et la date de naissance du sujet, permettent de calculer l'âge de l'enfant à la date de l'orthopantomographie. La question 3 permet de renseigner le sexe du sujet. Les questions 7 et 8 concernent respectivement le poids et la taille de l'enfant à la date de la radiographie

panoramique. Les parties supérieures gauche et droite détachables permettent de renseigner le nom de l'individu le temps de faire le lien avec l'orthopantomographie.

### 3.3. Informations médicales

Le questionnaire nous a permis de relever d'éventuelles complications d'ordre médicale durant la grossesse ou l'accouchement (question 29), de manière à être en mesure d'accorder une attention particulière aux enfants qui auraient pu connaître des conditions de vie intra utérine délicates. Dans un même ordre d'idée, nous avons souhaité recueillir des informations sur certaines maladies ayant une influence avérée sur le développement, ou sur d'éventuels problèmes de santé lourds chez l'enfant comme le diabète, la mononucléose, ou encore des allergies entraînant d'éventuels interdits alimentaires (question 30). Des informations ont également été relevées sur les traitements médicaux que les enfants auraient pu suivre, traitements ayant eux aussi une influence sur le développement comme par exemple ceux à base d'hormones (de croissance ou sexuelles), de corticoïdes, ou d'antibiotiques pendant des périodes prolongées (Domm et Wellband, 1960 ; Ranggard, 1989 ; Love et Chandler, 1996 ; Lyaruu *et al.*, 1997) (question 31). Nous avons également souhaité relever des informations sur la manière dont les parents ont perçu l'apparition des premières dents de leur enfant en terme de douleur ou de complications vécues par l'enfant (question 32).

Afin de tester un éventuel impact du tabagisme maternel durant la vie intra utérine sur le développement dentaire, le questionnaire comporte un item renseignant les habitudes maternelles en la matière (Gartner *et al.*, 1990 ; Saad, 1991 ; Kieser *et al.*, 1996 ; Chowdhury et Bromage, 2000) (question 33). Notons ici que si le tabagisme maternel durant la grossesse a un impact sur le développement dentaire, il serait plus fortement probable que ce dernier touche les dents déciduales. En effet, les dents définitives n'amorçant leur maturation qu'après la naissance il y a beaucoup moins de chance que celles-ci soient touchées. Cette remarque vaut également pour les complications intervenues lors de la grossesse.

### 3.4. Origine ethnique et origine géographique

Les enfants qui ont participé à cette étude vivent tous dans le Sud de la France. La très grande majorité y est née. Néanmoins, il existe des différences au niveau des origines ethniques. Le questionnaire a permis de relever l'origine géographique des parents et des quatre grands parents de l'enfant par l'intermédiaire du pays d'origine (question 6). Dans le

cadre de cette étude, il eût été plus judicieux de relever, non pas l'origine géographique, mais l'origine ethnique des parents et grands parents. Néanmoins, le terme origine ethnique possède une image « politiquement incorrecte » en France, et ne correspond pas de toute manière à une réalité biologique stricte. C'est pour cela que nous avons choisi d'employer le terme origine géographique. Si cette solution n'est pas parfaite, elle nous a néanmoins paru être la meilleure à mettre en place. Certes, quelques personnes auront pu donner de manière involontaire des informations se révélant fausses pour nous, utilisateurs. Par exemple, des parents auront pu remplir pour l'origine des grands parents maternels « Algérie » car les deux grands parents sont effectivement nés en Algérie. Mais s'il s'agissait d'une famille française vivant en Algérie (qui était à l'époque un département français, d'où une ambiguïté supplémentaire), l'information que nous aurions souhaité recueillir aurait été « France ». Le même problème a pu se poser pour des familles originaires par exemple des Antilles françaises. Un contrôle partiel de ce biais est réalisé à l'aide du lieu de naissance des parents de l'enfant. Nous sommes néanmoins persuadés que le nombre de cas de figures similaires reste très faible, d'autant plus que la majorité des questionnaires a été remplie sur place lors de la consultation avec le praticien. Notons qu'il est toujours possible de mettre en doute la pertinence de l'information de l'origine géographique. En extrapolant, il est tout à fait possible d'envisager deux enfants ayant strictement les mêmes origines géographiques au niveau de leurs parents et grands parents, mais pas aux niveau de leurs arrière grands parents. Où faut-il alors placer la limite à partir de laquelle on considère un individu comme originaire d'une certaine région géographique ? Dans la littérature, et même si cela n'est pas forcément scientifiquement très robuste, c'est la couleur de peau qui tient ce rôle de « différenciateur d'origine géographique ».

Afin de tester l'influence de l'origine géographique sur l'estimation de l'âge dentaire, nous avons utilisé deux échantillons supplémentaires recrutés dans le cadre d'une étude précédente (Braga, 2001). Il s'agit d'un échantillon de 374 enfants iraniens recrutés au « *Department of Orthodontics, Shiraz University of Medical Sciences, Islamic Republic of Iran* » en 2000, et d'un échantillon de 260 enfants ivoiriens recrutés au « *Service d'Orthopédie Dento-Faciale, Université d'Abidjian, Côte d'Ivoire* » en 2001.

Nous disposons également d'un quatrième échantillon constitué par l'ensemble des enfants recrutés dans le sud de la France dans le cadre de cette étude et pour lesquels nous ne disposons pas de questionnaire. L'origine géographique de ces 276 enfants est donc inconnue.

### 3.5. Durée de la vie intra utérine, poids et taille à la naissance

La durée de la vie intra utérine, le poids à la naissance et, dans une moindre mesure, la taille à la naissance, sont également des facteurs susceptibles d'influencer le phénomène de maturation dentaire (questions 12, 10 et 11). Un autre facteur lié aux naissances prématurées est celui du passage en couveuse (question 13).

### 3.6. Habitudes alimentaires des premiers mois

Une seconde famille de questions porte sur les habitudes alimentaires de l'enfant. Dès la naissance le nourrisson peut être alimenté de trois manières différentes (question 16) : par un allaitement exclusif au sein maternel, par biberon uniquement, par un allaitement mixte. En fonction des recommandations de l'UNICEF, qui préconise un allaitement au sein maternel exclusif jusqu'à l'âge de 6 mois, et des habitudes françaises qui voient la majorité des femmes allaitant au sein arrêter à 4 mois, nous avons étudié la question selon ces deux limites. L'âge de 4 mois correspondant au démarrage des laits deuxième âge (question 17).

Quelques d'études ont été réalisées sur l'impact de l'allaitement sur la maturation dentaire. Chez les enfants allaités au sein, il a été démontré pour les muscles activement exercés dans la succion, que leur constante traction génère une importante influence sur la poussée et la croissance physiologique de la mandibule (Westover *et al.*, 1989). Mais quand est-il de l'influence de ce développement sur la maturation dentaire ? Est-elle accélérée ou au contraire ralentie par rapport aux enfants allaités au biberon ? Dans cette même optique d'éventuelles interactions d'ordre mécanique avec le développement dentaire nous avons interrogé les parents afin de savoir si l'enfant avait sucé son pouce (question 22), ou s'il avait utilisé une tétine (question 21). Dans les deux cas, en présence d'une réponse positive, la durée de la période était renseignée.

De la même manière, quels sont les éventuels impacts en terme de maturation dentaire d'une prise précoce de lait de vache (question 17) ?

### 3.7. Développement psychomoteur

Nous avons souhaité prendre en compte quelques indicateurs du développement psychomoteur tels que l'âge auquel l'enfant a fait ses premiers pas debout (question 14) ou encore l'âge auquel il a prononcé ses premiers mots (question 15). Nous avons également relevé la classe (niveau scolaire) dans laquelle se trouvait l'enfant à la date de la radiographie panoramique dentaire sélectionnée (question 5). Ainsi, il nous sera possible d'observer un



éventuel lien entre le développement dentaire et le développement psychomoteur de l'enfant. Nous restons néanmoins circonspect sur l'aspect quelque peu superficiel de nos mesures.

### 3.8. Informations d'ordre socioéconomique

Une autre interrogation récurrente qui apparaît dans la littérature est celle d'un éventuel impact du niveau socioéconomique sur le développement dentaire. Afin d'être en mesure d'estimer au mieux le niveau socioéconomique des enfants et adolescents de cet échantillon, nous avons relevé à travers le questionnaire la profession des parents (questions 24 et 26), le type de foyer dans lequel l'enfant évolue (biparental, monoparental ou autre) (question 27), le nombre de personnes vivant dans le même foyer que le patient (question 36) ainsi que le nombre d'enfants à charge pour le ou les parents (question 37). Il ne nous était déontologiquement pas possible de demander aux parents de répondre à des questions d'ordre économique précises telles que le montant de leurs revenus professionnels, sociaux ou encore, imposables. De ce fait, nous n'avons pu estimer que la part professionnelle des revenus des parents sur la base des salaires nets moyens perçus selon la catégorie socioprofessionnelle (csp) et le sexe en l'an 2000 publiés par l'INSEE (Dell *et al.*, 2003) (annexe 4). Cette approche ne permet pas d'avoir une estimation des salaires moyens perçus par les exploitants agricoles (csp 1), ni par les artisans, les commerçants et les chefs d'entreprise d'au moins 10 salariés (csp 2), ni par les retraités (csp 7), ni par les personnes sans activité professionnelle (csp 8), dont les chômeurs ayant déjà travaillé (csp 9), en raison d'une trop grande variabilité au sein de la csp ou par manque d'information.

### 3.9. Cas particuliers

Lors de l'élaboration de ce questionnaire et des consultations auxquelles celle-ci a donné lieu, il nous a semblé intéressant de connaître le côté préférentiel de mastication de l'enfant afin notamment d'étudier d'éventuelles relations avec des asymétries latérales de développement dentaire. L'information concernant la latéralité des enfants allait dans ce sens (question 9). Néanmoins, il nous est apparu que la fiabilité des réponses à cette question n'était pas satisfaisante. Nous l'avons alors remplacé par une question peut-être plus pertinente, celle concernant la prise de poids de la future mère pendant la grossesse (question 28). Ce changement étant intervenu assez tardivement dans l'étude, nous n'avons pu récupérer cette dernière information que pour 82 enfants sur un total de 863.

## **4. Constitution de l'échantillon**

### **4.1. Echantillon de référence**

#### ***4.1.1. Recrutement***

Afin de constituer un échantillon d'effectif satisfaisant, nous avons sollicité diverses collaborations. La totalité des enfants est issue de patientèles orthodontiques privées ou publique à l'exception des enfants ayant consulté au service de pédodontie du CHU de Montpellier. En effet, les orthodontistes prescrivent dès la première consultation, et systématiquement, une radiographie panoramique dentaire à leurs patients. Le service de pédodontie de Montpellier offrant ce même avantage, il a pu faire partie des sites de recrutement. L'orthopédie dento-faciale, ou orthodontie, est la partie de l'art dentaire et de la médecine qui se consacre à l'étude et aux traitements des anomalies de forme des mâchoires et de position des dents. Ces anomalies peuvent être héréditaires ou provenir d'une dysfonction (respiration buccale, tics et troubles comportementaux de la sphère faciale). Elles peuvent engendrer d'autres troubles fonctionnels, tels qu'une mauvaise mastication ou des douleurs de l'articulation temporo-mandibulaire. Elles constituent une prédisposition aux fractures des incisives, aux caries, aux lésions des gencives. D'autre part, la présence de ces anomalies entraîne des préjudices d'ordre esthétique qui peuvent être limités à la position des dents (elles n'altèrent alors que le sourire), ou affecter la forme de la face et modifier défavorablement l'apparence du visage. Les traitements concernent surtout les enfants et les adolescents, mais peuvent aussi s'appliquer aux adultes. Ces traitements demandent souvent le port d'appareils fixes ou amovibles, visibles ou non visibles, et parfois chez l'adulte, le recours à la chirurgie maxillo-faciale.

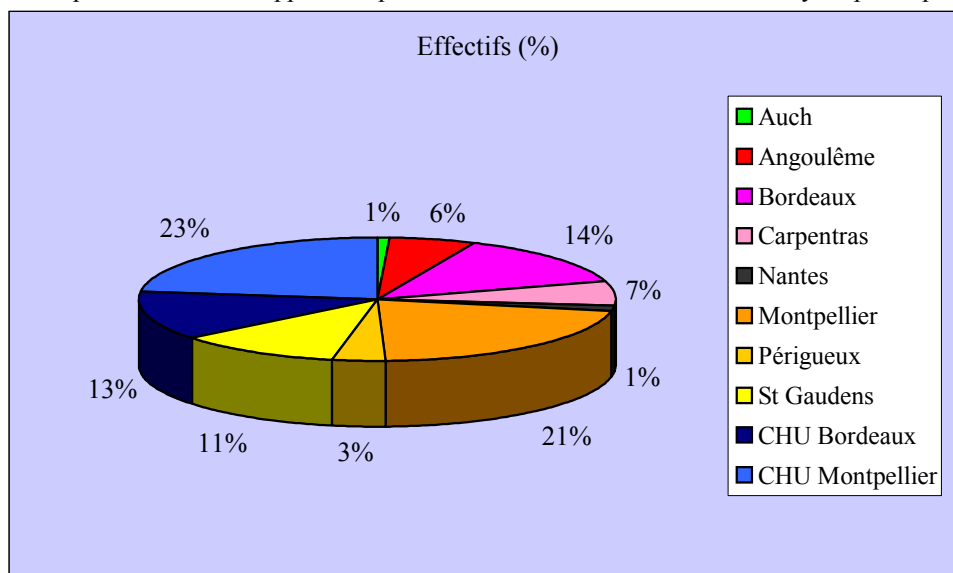
Chez l'enfant, le traitement d'orthopédie dento-faciale a pour but de favoriser une croissance harmonieuse du massif facial : en aidant au bon développement des fonctions orales et nasales, en interceptant ou en traitant les anomalies apparues précocement, en diminuant les risques de traumatismes dentaires.

Chez l'adolescent, l'orthopédie dento-faciale traite les anomalies établies, en apportant une attention particulière à l'esthétique du visage et à l'occlusion de la denture adulte.

Chez l'adulte, l'orthodontie, parfois en association avec la chirurgie orthognathique, s'efforce de disposer les dents de manière à : assurer une fonction masticatrice optimale, améliorer l'apparence du visage et de la denture, favoriser une bonne santé parodontale et articulaire, faciliter, éventuellement, la réalisation des prothèses dentaires.

En raison des différences de profils socioéconomiques rencontrés selon le lieu de consultation, il était pour nous très important de pouvoir disposer de données issues à la fois du milieu hospitalier et de cabinets privés. Les données proviennent donc de différents sites répartis dans le sud de la France (figure 3). **Il est important de souligner que sans cette collaboration des praticiens privés, des étudiants en odontologie ou en orthodontie et de leurs responsables, cette étude n'aurait pu voir le jour.**

**Figure 3 :** Représentations des apports respectifs des différents lieux d'examens ayant participé à l'étude



Sur la totalité des individus recrutés, 553 (64%) proviennent d'une patientèle privée et 310 (36%) d'une patientèle hospitalière. Cette différence s'explique par le nombre relativement important d'orthodontistes privés qui ont souhaité collaborer à cette étude. Il a été en revanche plus délicat de travailler avec les services d'odontologie hospitaliers où les étudiants évoluent dans un environnement beaucoup moins propice à un investissement personnel dans une étude ne les concernant pas directement. Le succès de la mise en place de l'étude en milieu hospitalier a été dépendant de sa prise en charge sur place par un coordinateur, comme l'a montré la réussite au CHU de Montpellier.

#### 4.1.2. Sexe ratio

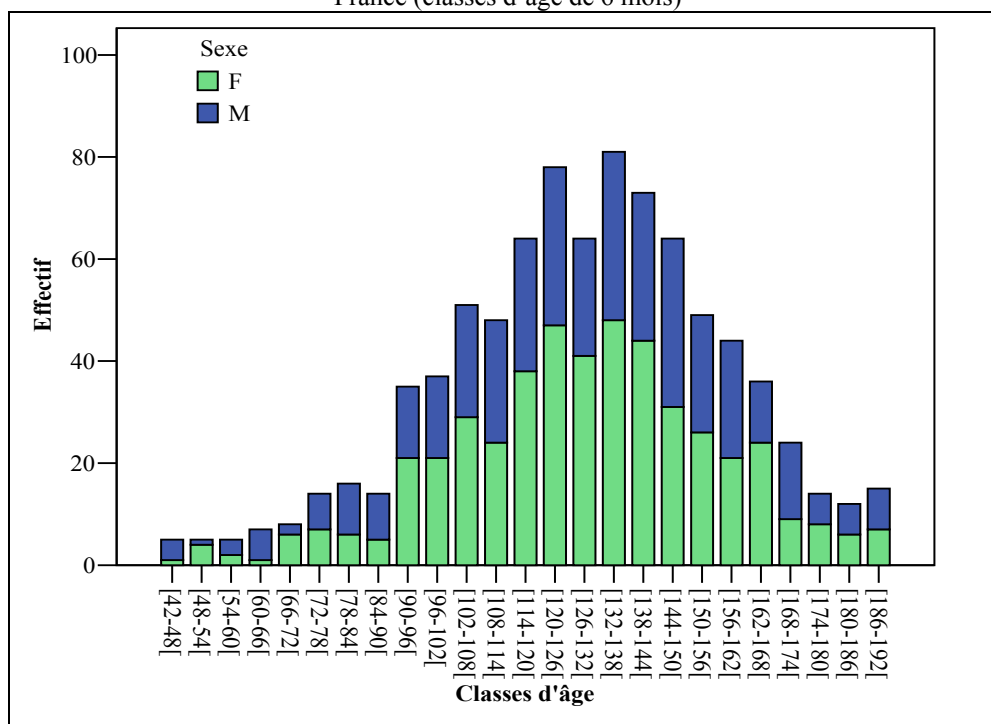
Cet échantillon de 863 individus comporte 477 filles et 386 garçons. Cette différence d'effectif entre les deux sexes est significative ( $p < 0,009$ ). Au niveau national, en 1991, lors d'une enquête du CREDES (Centre de Recherche d' Etude et de Documentation en Economie de la Santé) sur les soins dentaires, il apparaît qu'en moyenne les femmes, quelle que soit la catégorie d'âge, consultent plus souvent que les hommes (1,6 par an contre 1,2 fois par an). Quelles hypothèses explicatives peuvent elles être avancées ? Si les filles ne semblent pas connaître plus de problème que les garçons, elles sont par contre plus sérieuses et plus assidues au cours du traitement. Ainsi, on constate un taux d'arrêt du traitement avant son terme plus élevé chez les garçons. Un deuxième aspect entre peut-être en ligne de compte, celui de la dimension esthétique. Les filles, ou leurs parents, seraient-elles plus sensibles sur ce point que les garçons ? Cela reste à démontrer. Notons que cette majorité de filles ne se retrouve pas dans la patientèle hospitalière. En effet, elles représentent 48% de cette dernière (150 filles). Nous n'avons pas d'hypothèse explicative concernant ce phénomène.

#### 4.1.3. Distribution de l'âge

Les différentes figures représentant des distributions d'âge sont réalisées avec le logiciel SPSS 12.0, *SPSS Inc.* L'échantillon recruté concerne des enfants et des adolescents âgés de 3,5 à 16 ans (figure 4).

Il apparaît clairement sur la figure 4 que les enfants âgés de moins de 7,5 ans (classes d'âge 42-90 mois) et de plus 14 ans (classes d'âge 168-192 mois) sont sous représentés. Les classes d'âge les plus représentées, avec plus de 60 individus chacune, concernent les enfants âgés de 9,5 ans à 12,5 ans. Cette distribution trouve son explication dans l'âge moyen de la première consultation chez un orthodontiste qui se situe aux environs de 10-11 ans. Si l'on souhaite obtenir un plus grand nombre de jeunes enfants, il est nécessaire de travailler avec les services de pédodontie. Mais comme nous l'avons vu, l'absence de prescription systématique d'orthopantomographies, dans la majorité des services, rend ces collaborations délicates.

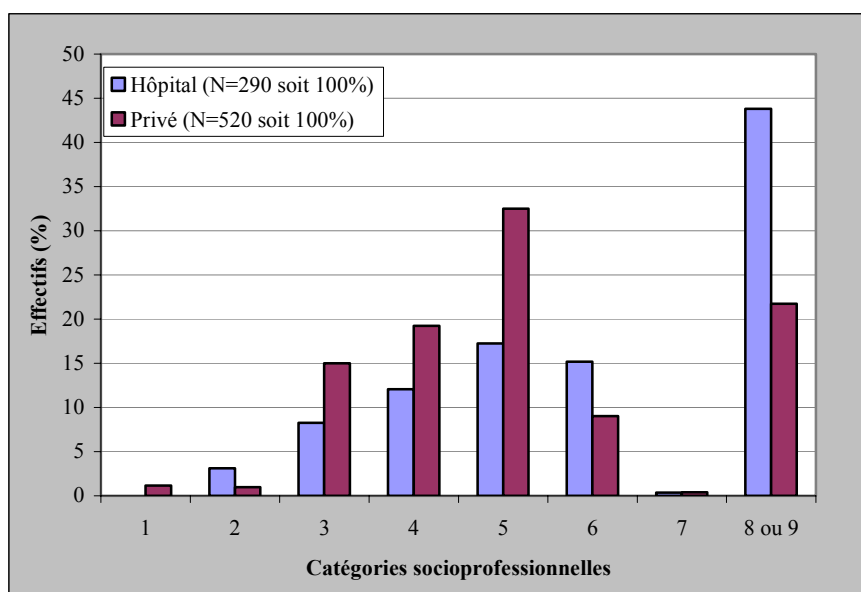
**Figure 4** : Distribution des classes d'âge selon le sexe des enfants avec questionnaires recrutés dans le sud de la France (classes d'âge de 6 mois)



#### 4.1.4. Niveau socioéconomique

Le profil des diverses catégories socioprofessionnelles des parents vivant avec l'enfant et ayant renseigné la case « Profession » est représenté en figure 5.

**Figure 5** : Distribution des différentes catégories socioprofessionnelles<sup>1</sup> des parents vivant avec l'enfant selon le lieu d'examen



<sup>1</sup> csp 1 : exploitants agricoles ; csp 2 : artisans, commerçants, chefs d'entreprise ; csp 3 : cadres et professions intellectuelles supérieures ; csp 4 : professions intermédiaires ; csp 5 : employés ; csp 6 : ouvriers ; csp 7 : retraités ; csp 8 : autres personnes sans activité professionnelle ; csp 9 : chômeurs ayant déjà travaillé.

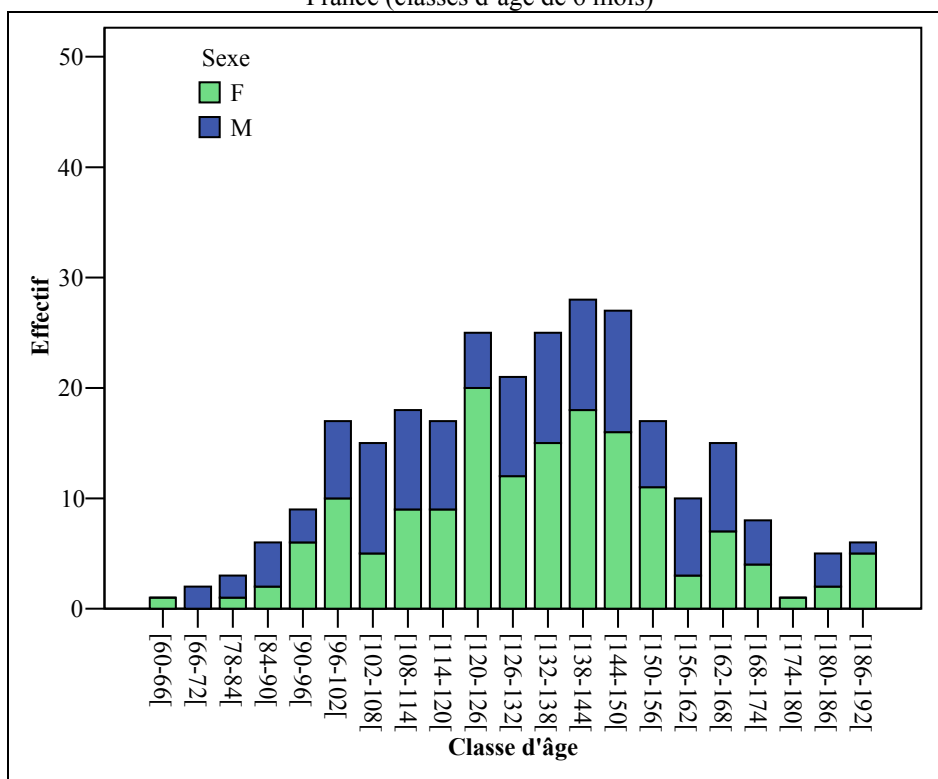
Nous pouvons constater que les csp 1, 2 et 7 ne représentent qu'une très faible part de l'échantillon (4,4% de l'échantillon hospitalier et 2,6% de l'échantillon privé). Le fait de ne pouvoir les prendre en compte lors de l'estimation des revenus professionnels, en raison de l'absence de données les concernant, n'apparaît donc pas comme trop néfaste. A l'opposé, les personnes sans emploi représentent 43,8% de l'échantillon hospitalier et 21,7% de l'échantillon privé. Ces personnes peuvent relever de deux csp différentes, la csp 8 si elles n'ont pas d'activité professionnelle (personne au foyer, chômeur n'ayant jamais travaillé notamment), ou bien la csp 9 s'il s'agit de chômeurs ayant déjà travaillé. Ces personnes sans emploi peuvent ne percevoir aucun revenu, ou bien percevoir des allocations chômage ou encore le RMI. Nous n'avons pas accès à cette information avec le questionnaire. La figure 5 illustre le fait qu'il y a significativement plus de cadres (csp 3), de professions intermédiaires (csp 4) et d'employés dans l'échantillon privé que dans l'échantillon hospitalier ( $p < 0,05$ ). On observe le contraire pour les ouvriers (csp 6) et les personnes sans emploi ou sans activité professionnelle (csp 8 et 9). **La patientèle privée appartient en moyenne à des catégories socioprofessionnelles plus élevées que la patientèle hospitalière. Ceci est la confirmation de ce que nous évoquons ci-dessus, et justifie la nécessité de recruter des enfants à la fois en milieu hospitalier et au sein de cabinets privés.**

## 4.2. Echantillons annexes

### 4.2.1. Echantillon du sud de la France sans questionnaire

Dans le cadre de cette étude, les démarches initiées afin de recruter l'échantillon de travail n'ont pas toutes abouti à l'obtention d'une radiographie panoramique dentaire et d'un questionnaire pour chaque enfant. Ainsi, pour diverses raisons, plusieurs questionnaires n'ont pu être récupérés. Néanmoins, nous avons tout de même numérisé les orthopantomographies des enfants concernés par cette absence de questionnaire. Le total de ces individus sans questionnaire s'élève à 276, 157 filles et 119 garçons, âgés de 5 à 16 ans. La figure 6 représente la distribution de l'âge de cet échantillon. Ces enfants ont consulté pour 143 d'entre eux un orthodontiste privé sur Bordeaux, les 133 autres sont issus du CHU de Bordeaux.

**Figure 6** : Distribution des classes d'âge selon le sexe des enfants sans questionnaire recrutés dans le sud de la France (classes d'âge de 6 mois)

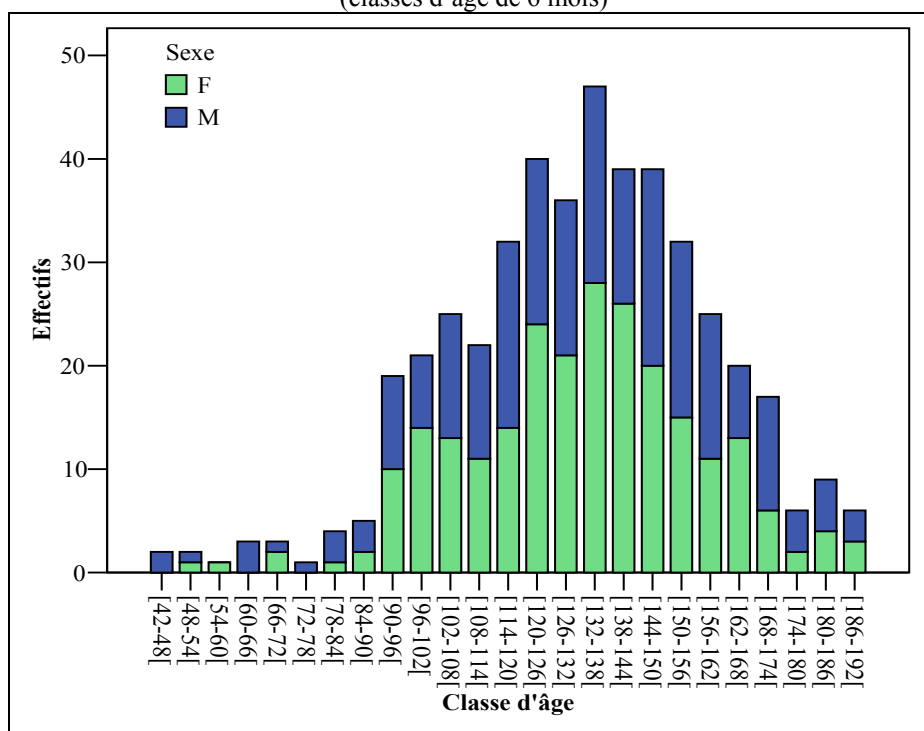


Si cette distribution concerne un nombre de classes d'âge plus restreint que celle caractérisant les 863 enfants avec questionnaire recrutés dans le sud de la France, elle conserve néanmoins les mêmes caractéristiques.

#### 4.2.2. Echantillon européen

A partir des enfants recrutés dans le sud de la France et pour lesquels nous possédons un questionnaire, un sous-échantillon européen est formé. Ce sous-échantillon est constitué par les 242 filles et les 214 garçons âgés de 3,5 à 16 ans dont les 4 grands parents sont d'origine européenne. La figure 7 représente la distribution de l'âge du sous-échantillon européen.

**Figure 7 :** Distribution des classes d'âge selon le sexe des enfants européens recrutés dans le sud de la France (classes d'âge de 6 mois)

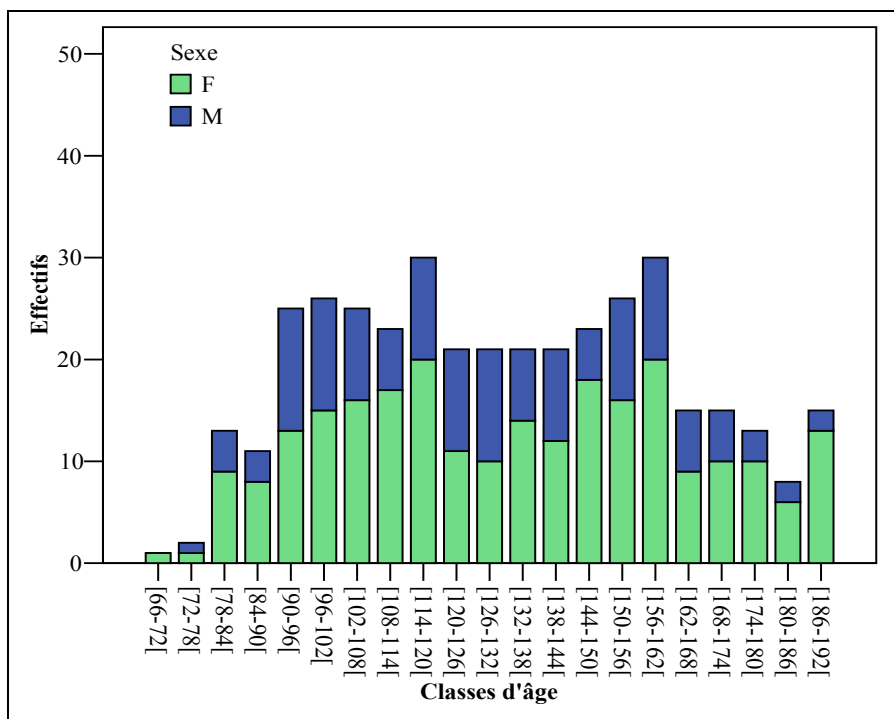


Cette distribution est en tout point comparable à celle de l'échantillon des 863 enfants possédant un questionnaire, recrutés dans le sud de la France, dont ces 456 enfants européens font partie.

#### 4.2.3. Echantillon iranien

Dans le cadre d'une précédente étude (Braga, 2001), un échantillon de 393 orthopantomographies d'enfants iraniens a été constitué au « Department of Orthodontics, Shiraz University of Medical Sciences, Islamic Republic of Iran » durant l'année 2000. Les informations collectées sont l'âge à la date de l'orthopantomographie et le sexe. Ces enfants ne présentent pas de troubles pouvant influencer leur développement et ne présentent pas de dent manquante (agénésie ou extraction), excepté pour la troisième molaire. Cet échantillon de 384 enfants âgés de 5,75 à 15,8 ans, comporte 249 filles et 135 garçons. La distribution de l'âge selon le sexe de cet échantillon est représentée en figure 8.



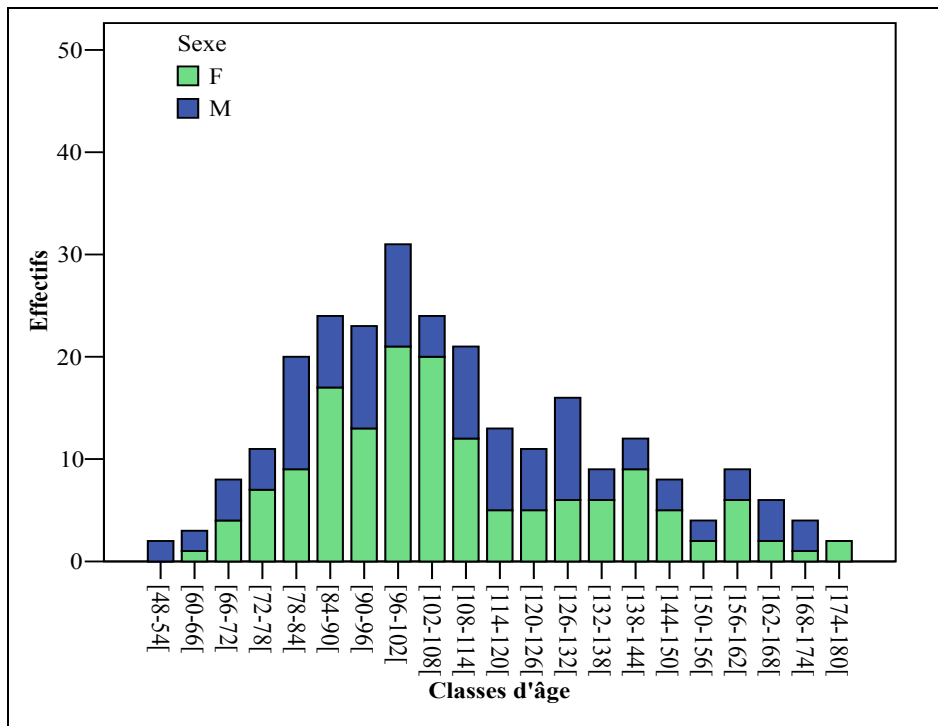
**Figure 8** : Distribution des classes d'âge de l'échantillon iranien selon le sexe (classes d'âge de 6 mois)

Les deux plus jeunes classes d'âge sont représentées uniquement par 3 enfants. Les classes d'âge comprises entre 90 et 162 mois sont relativement bien représentées (plus de 20 individus). Cette distribution présente deux modes, l'un vers 10 ans et l'autre vers 13 ans, qui s'expliquent par les âges auxquels sont réalisés des orthopantomographies de contrôle.

#### 4.2.4. Echantillon ivoirien

Dans le cadre d'une précédente étude (Braga, 2001), un échantillon de 262 orthopantomographies d'enfants ivoiriens a été constitué au « Service d'Orthopédie Dento-Faciale, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire » durant l'année 2001. Les informations collectées sont l'âge à la date de l'orthopantomographie et le sexe. Ces enfants ne présentent pas de troubles pouvant influencer leur développement et ne présentent pas de dent manquante (agénésie ou extraction), excepté pour la troisième molaire. Cet échantillon de 260 enfants âgés de 5,3 à 15 ans, comporte 153 filles et 107 garçons. La distribution de l'âge selon le sexe de cet échantillon est représentée en figure 9.

**Figure 9** : Distribution des classes d'âge de l'échantillon ivoirien selon le sexe (classes d'âge de 6 mois)



Cet échantillon est relativement jeune par rapport aux échantillons recrutés dans le sud de la France et en Iran. Les enfants âgés de plus de 14 ans sont seulement au nombre de 7. La classe d'âge la plus représentée est celle des 8-8,5 ans. Seules deux filles sont âgées de moins de 5 ans (60 mois).



# *Méthodes*

## 1. Méthode de codage de Demirjian

### 1.1. Description

Comme le soulignent Liversidge *et al.* (1998, p 423) ; « *The applicability of growth standards depends largely on consistent and clear definitions of tooth formation stages. Very few studies define or describe mineralisation stages clearly in words. One exception to this general situation provides both radiograph, a line drawing of the radiograph and a clearly worded descriptive criteria of the stages adopted (Demirjian et al., 1973).*<sup>13</sup> » En effet, les auteurs définissent clairement et en toute lettre chaque stade. Ces définitions sont accompagnées d'une planche illustrative sur laquelle figure l'apparence radiologique de chaque stade sous deux formes ; photographique et schématique (figures 10 et 11). Les stades sont au nombre de huit et sont définis pour chacun des quatre groupes de dents définitives suivants : incisives, canine, prémolaires et molaires. Ces huit stades débutent avec l'apparition des premières traces de minéralisation des cuspidés (stade A), et s'achèvent avec la fermeture de l'apex de la racine (stade H). Proy et Gautier (1985) suggèrent l'ajout d'un neuvième stade correspondant « à l'apparition du bourgeon dentaire ne comportant pas encore de trace de minéralisation ». Ils le nomment « stade de la crypte » ou stade 0. Par la suite, Demirjian (1986) intègre à sa méthode ce neuvième stade en reprenant la dénomination de stade 0. Selon la littérature, la méthode préconisée et la plus employée dans le milieu médical<sup>14</sup> reste celle proposée par Demirjian *et al.* (1973, 1976), notamment grâce à la qualité de la définition des différents stades dentaires (Liversidge *et al.*, 1998). **Nous avons donc décidé d'adopter les 9 stades dentaires (stades 0 à H) définis par Demirjian (1986).** Dans un souci d'ordre pratique, les stades dentaires 0, A, B, C, D, E, F, G, H de Demirjian (1986) sont convertis respectivement en stades dentaires 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 sans pour autant perdre de vue les

<sup>13</sup> L'applicabilité des standards de croissance dépend largement de la cohérence et de la clarté avec lesquelles les divers stades dentaires sont définis. Très peu d'études définissent ou décrivent ces divers stades de minéralisation de manière satisfaisante. Une exception à ce constat général est à noter avec la méthode de codage proposée par Demirjian *et al.* (1973).

<sup>14</sup> Dans les faits, les dentistes et orthodontistes que nous avons rencontrés en France connaissaient à peine l'existence de la méthode de Demirjian *et al.* (1973, 1976). La plupart des estimations de l'âge dentaire de leurs patients sont réalisées de manière empirique.

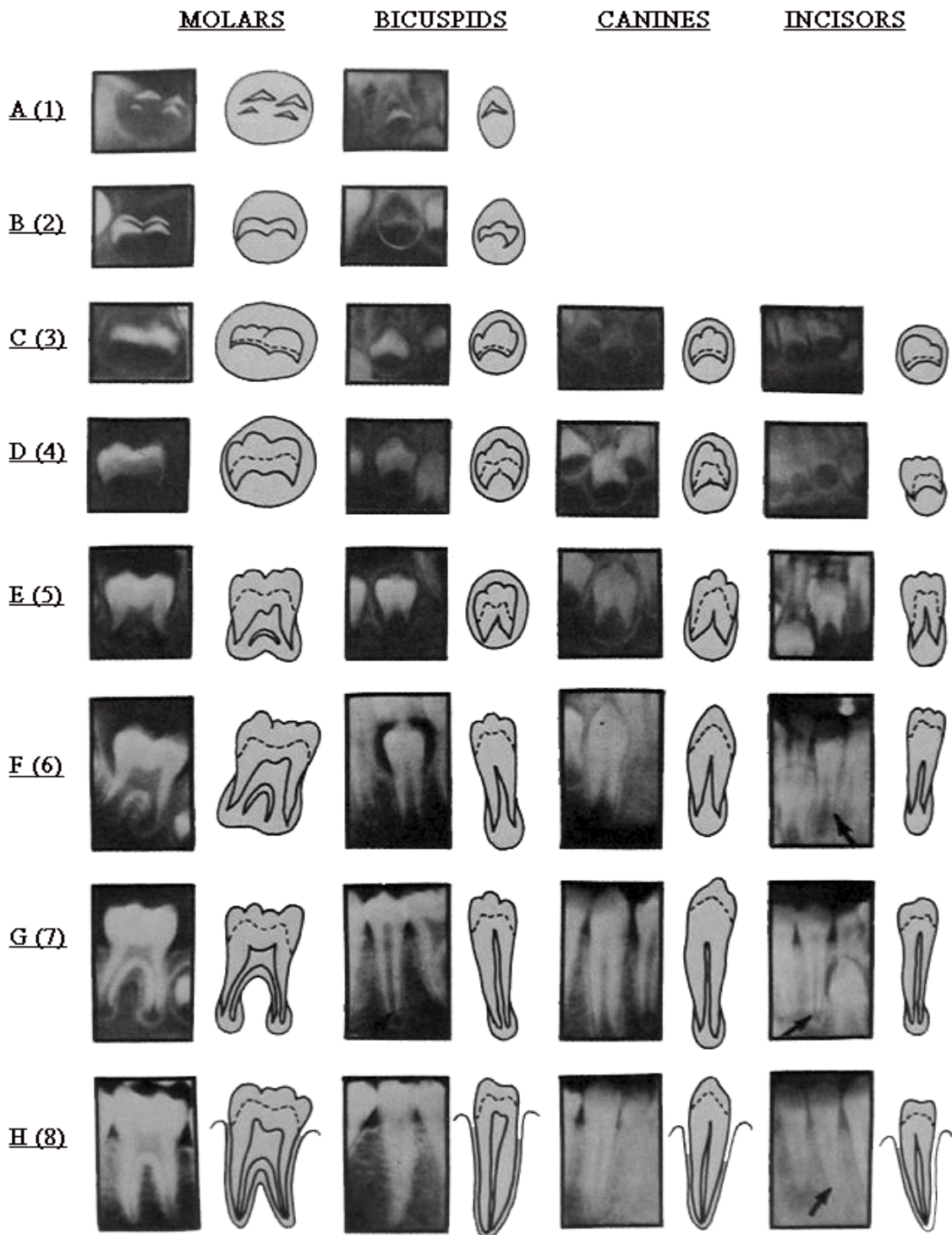
raisons avancées par Demirjian (1986, p 282) pour justifier le choix des lettres : « *Letters rather than numbers were selected so as not to leave the false impression that each stage is equidistant from the others.*<sup>15</sup> » Ainsi, chaque individu sera caractérisé par une séquence de minéralisation dentaire à 7 chiffres.

**Figure 10** : Définitions des différents stades dentaires selon le type de dents définitives considéré (incisives, canine, prémolaires, molaires). D'après Demirjian *et al.* (1973)

Stage	Criteria	Description
A		In both uniradicular and multiradicular teeth, a beginning of calcification is seen at the superior level of the crypt, in the form of an inverted cone or cones. There is no fusion of these calcified points.
B		Fusion of the calcified points forms one or several cusps, which unite to give a regularly outlined occlusal surface.
C	a	Enamel formation is complete at the occlusal surface. Its extension and convergence toward the cervical region is seen.
	b	The beginning of a dentinal deposit is seen.
	c	The outline of the pulp chamber has a curved shape at the occlusal border.
D	a	The crown formation is completed down to the cemento-enamel junction.
	b	The superior border of the pulp chamber in uniradicular teeth has a definite curved form, being concave toward the cervical region. The projection of the pulp horns, if present, gives an outline like an umbrella top. In molars, the pulp chamber has a trapezoidal form.
E	c	Beginning of root formation is seen in the form of a spicule.
		<i>Uniradicular teeth</i>
	a	The walls of the pulp chamber now form straight lines, whose continuity is broken by the presence of the pulp horn, which is larger than in the previous stage.
	b	The root length is less than the crown height.
F		<i>Molars</i>
	a	Initial formation of the radicular bifurcation is seen in the form of either a calcified point or a semilunar shape.
	b	The root length is still less than the crown height.
		<i>Uniradicular teeth</i>
G	a	The walls of the pulp chamber now form a more or less isosceles triangle. The apex ends in a funnel shape.
	b	The root length is equal to or greater than the crown height.
		<i>Molars</i>
	a	The calcified region of the bifurcation has developed further down from its semilunar stage to give the roots a more definite and distinct outline, with funnel-shaped endings.
H	b	The root length is equal to or greater than the crown height.
	a	The walls of the root canals are now parallel (distal root in molars).
H	b	The apical ends of the root canals are still partially open (distal root in molars).
	a	The apical end of the root canal is completely closed (distal root in molars).
	b	The periodontal membrane has a uniform width around the root and the apex.

<sup>15</sup> Des lettres plutôt que des nombres ont été choisies afin de ne pas donner la fausse impression que chaque stade est équidistant des autres.

**Figure 11** : Apparences et représentations des différents stades radiographiques par type de dents définitives.  
 D'après Demirjian *et al.* (1973), modifié par Heuzé (2004)



## 1.2. Répétabilité et symétrie des dents antimères

La qualité de la méthode de codage de Demirjian (Demirjian *et al.*, 1973) a déjà été soulignée à plusieurs reprises. Cet état de fait est lié à la qualité de la description des différents stades proposés par les auteurs (Liversidge *et al.*, 1998). Dans le cadre de cette étude, toutes les radiographies panoramiques ont été codées par le même observateur. Nous réaliserons en conséquence uniquement une étude de la variabilité intra-observateur (*i.e.* répétabilité). Pour ce faire, les orthopantomographies de 30 enfants sont tirées au sort et codées une première fois par l'observateur Y, puis une seconde fois, toujours par le même observateur Y, après plusieurs jours. Afin d'étudier l'existence de différences significatives entre ces 2 codages, nous appliquons le test ANOVA de Friedman par rangs. L'ANOVA de Friedman est une alternative non paramétrique à **l'analyse de variance à un facteur avec mesures répétées**. Le test ANOVA de Friedman par rangs considère que les variables étudiées sont mesurées sur au moins une échelle **ordinaire** (rangs). L'hypothèse nulle stipule que les différentes variables contiennent des échantillons issus de la même population, ou plus précisément, de populations avec des médianes identiques. Ce test est réalisé avec le logiciel Statistica 6.0, *Stasoft Inc.*

L'emploi des seules dents mandibulaires gauches est quant à lui justifié par différentes études (Nolla 1960 ; Moorrees *et al.*, 1963a ; Liliequist and Lundberg, 1971 ; Demirjian *et al.*, 1973) démontrant l'absence de différence significative en terme de maturation macrostructurale entre l'hémi-mandibule gauche et la droite.

Dans le cadre de cette étude, nous testons à nouveau cet aspect de symétrie de la maturation macrostructurale dentaire. Pour ce faire, les 30 mêmes orthopantomographies utilisées ci-dessus sont codées par l'utilisateur Y. Les dents mandibulaires définitives droites et gauches sont codées simultanément, car ici ce n'est pas la répétabilité qui est étudiée. Il s'agit de savoir si, objectivement, les deux dents antimères (par exemple, la M<sub>1</sub> gauche et la M<sub>1</sub> droite) présentent le même stade de maturation macrostructurale ou non. Afin d'étudier l'existence de différence significative entre ces deux codages, nous appliquons le même test ANOVA de Friedman par rangs que précédemment.



## 2. Approche Bayésienne

### 2.1. Théorème de Bayes (ou formule des probabilités des causes)

L'anglais Thomas Bayes (1702-1761), théologien, protestant, et homme politique, propose par l'intermédiaire d'un théorème, une nouvelle **méthode d'inférence statistique** (Bayes, 1763). Le théorème de Bayes présente l'avantage, comme aucune autre méthode d'inférence statistique, de donner un **résultat directement sous la forme d'une probabilité**. Cette probabilité possède une signification immédiate, et n'a pas besoin d'être accompagnée d'une quelconque qualification, comme un degré de significativité (Smith, 1959). La seule contrainte de cette méthode probabiliste est l'indépendance des variables entre elles. **A travers ce théorème, les notions de probabilité *a priori* et de probabilité *a posteriori* sont introduites**. On entend par probabilité *a priori*, la probabilité qu'un évènement A se réalise sans tenir compte de l'ensemble des données, et par probabilité *a posteriori*, la probabilité qu'un même évènement A se réalise en prenant en considération l'ensemble des données. Le théorème de Bayes, sous sa forme la plus commune, s'écrit comme suit :

$$P(A|B) = \frac{P(A) \times P(B|A)}{P(B)} \quad (1)$$

Avec :  $P(A|B)$  : probabilité *a posteriori* de l'évènement A, c'est une probabilité conditionnelle

$P(A)$  : probabilité *a priori* de l'évènement A

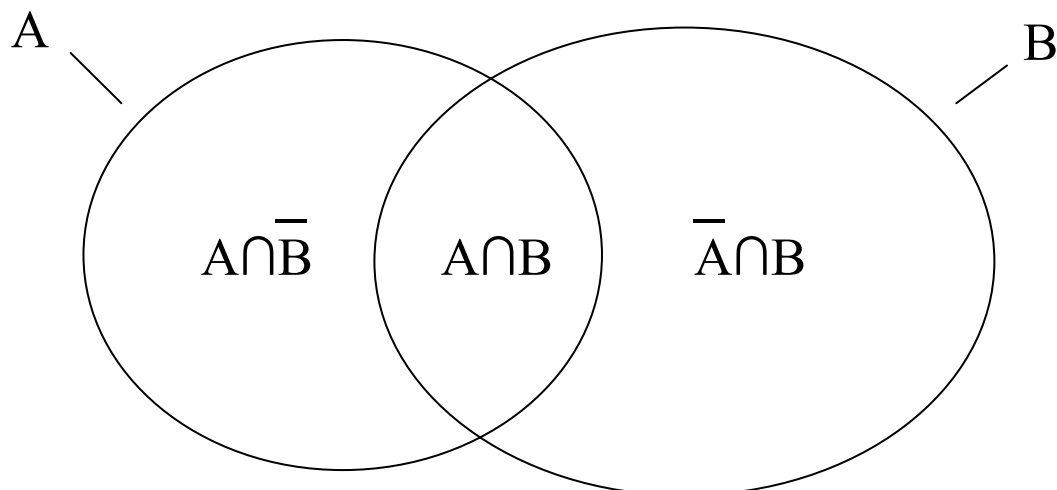
$P(B|A)$  : probabilité jointe

$P(B)$  : probabilité marginale

La probabilité *a posteriori*  $P(A|B)$  peut se lire de la manière suivante : « Quelle est la probabilité que l'évènement A se réalise sachant que l'évènement B est réalisé ? »  $P(A|B)$  est une probabilité conditionnelle où la condition B est assimilée à un évènement de l'univers U auquel appartient également l'évènement A.

La démonstration du théorème de Bayes (1) est assez simple. Soit la figure 12 suivante, représentant les évènements A et B faisant partie de l'univers U. Par définition  $P(U) = 1$ . Soient  $\bar{A}$  l'évènement contraire de A, même chose pour B.

**Figure 12** : Représentation des évènements A et B.  $A \cap B$  se lit A inter B et représente l'intersection des évènements A et B



$P(A | B)$  se définit comme suit :

$$P(A | B) = P(A \cap B) / P(B)$$

En effet, quand on pose la condition que B est réalisé, l'univers U des évènements se réduit à B.  $P(U)$  devient  $P(B)$ . Mais  $P(B)$  est inférieur à 1, or  $P(U)$  doit être égal à 1. On divise donc  $P(A \cap B)$  par  $P(B)$  afin de ramener la valeur de  $P(B)$  à 1.

Nous pouvons donc écrire :

$$P(A \cap B) = P(A | B) \times P(B) \quad (2)$$

Or, si A et B sont indépendants la réalisation de B n'a pas d'influence sur celle de A, ce qui s'écrit :

$$P(A | B) = P(A) \quad \text{de même} \quad P(B | A) = P(B)$$

En remplaçant dans l'égalité (2)  $P(A | B)$  par  $P(A)$  et  $P(B)$  par  $P(B | A)$ , l'égalité (2) peut alors s'écrire :

$$P(A \cap B) = P(B | A) \times P(A)$$

En conséquence de quoi

$$P(A | B) \times P(B) = P(B | A) \times P(A)$$

Ce qui revient à écrire :

$$P(A | B) = P(B | A) \times P(A) / P(B) \quad (1)$$

Reprenons désormais la figure 12. Il est justifié de dire que :

$$P(B) = P(A \cap B) + P(\bar{A} \cap B)$$

Or d'après (2)

$$P(A \cap B) = P(A | B) \times P(B)$$

Par extrapolation

$$P(\bar{A} \cap B) = P(\bar{A} | B) \times P(B)$$

L'égalité (1) peut donc s'écrire :

$$P(A | B) = \frac{P(B | A) \times P(A)}{P(A | B) \times P(B) + P(\bar{A} | B) \times P(B)} \quad (3)$$

L'égalité (3) est une autre manière de présenter le théorème de Bayes.

Soit A un évènement conséquence a priori d'évènements  $C_1, C_2, \dots, C_n$  (causes). Le théorème de Bayes sous sa forme généralisée s'écrit alors :

$$P(C_k | A) = \frac{P(A | C_k) \times P(C_k)}{\sum_{k=1}^n P(A | C_n) \times P(C_n)} \quad (4)$$

La **probabilité a posteriori**  $P(C_k | A)$  est égale au produit de la probabilité jointe  $P(A | C_k)$  par la probabilité **a priori**  $P(C_k)$ , divisé par la probabilité marginale  $\sum P(A | C_n) \times P(C_n)$ . La probabilité jointe est la probabilité que les deux évènements A et  $C_k$  se réalisent

simultanément. La probabilité marginale est égale à la somme du produit de la probabilité *a priori* par la probabilité jointe correspondante, pour toutes les valeurs  $n$  de  $k$ .

Il est possible d'aborder le théorème de Bayes avec une terminologie quelque peu différente de celle usitée ci-dessus. Nous avons décidé d'exposer ces deux terminologies avec le souci de clarifier au maximum les choses, et afin que des personnes familiarisées avec l'une ou l'autre des terminologies puissent s'y retrouver. Cette seconde terminologie est notamment exposée par Phillips (1973) qui définit trois notions essentielles au sujet du théorème de Bayes : la **probabilité *a priori***, la **vraisemblance** et la **probabilité *a posteriori***. Lucy *et al.* (1996) reprennent ces trois notions en les appliquant à l'estimation de l'âge. La probabilité *a priori* correspond à la distribution initiale de la probabilité de toute hypothèse vraie avant de considérer les observations. Dans le cadre d'une estimation de l'âge, cela pourrait correspondre à la probabilité qu'un individu appartienne à une classe d'âge donnée sans prendre en compte d'autre information que celle précisant que cet individu s'intègre dans la variabilité de l'échantillon de référence. Soit l'évènement  $A_i$  : « appartenir à la classe d'âge  $A_i$  », la probabilité *a priori* s'écrit  $P(A_i)$ .

La vraisemblance est la probabilité conditionnelle de l'information observée  $I$ , sachant que l'hypothèse  $A_i$  est vérifiée. La vraisemblance se note  $P(I | A_i)$ . C'est donc la même chose que la probabilité jointe.

La probabilité *a posteriori* est la probabilité conditionnelle qu'une hypothèse soit vérifiée compte tenu des observations et se note  $P(A_i | I)$ . Dans notre cas, c'est la probabilité qu'un individu soit associé à la classe d'âge  $A_i$  après avoir pris en considération à la fois l'information *a priori* (voir ci-dessous) et les observations.

Le théorème de Bayes énonce que la **probabilité *a posteriori* est proportionnelle au produit de la probabilité *a priori* par la vraisemblance. La constante de proportionnalité est égale à un sur la somme, pour toutes les classes d'âge, du produit de la probabilité *a priori* par la vraisemblance correspondante**. Avec  $j$  faisant référence à toutes les valeurs de  $i$ , cela s'écrit :

$$P(A_i | I) = \frac{P(I | A_i) \times P(A_i)}{\sum_{i=1}^j P(I | A_j) \times P(A_j)} \quad (5)$$

On retrouve le théorème de Bayes sous sa forme généralisée (4).

Exemple :

L'égalité (5) peut être illustrée à travers l'exemple suivant. Soit A l'évènement « première molaire mandibulaire  $M_1$  au stade G de Demirjian » noté «  $M_1:G$  ». Soit un échantillon de référence se distribuant sur 3 classes d'âge ; 13-14, 14-15 et 15-16 ans. Quelle est la probabilité qu'un individu appartienne à la classe d'âge 13-14 ans sachant que sa  $M_1$  est au stade G ? L'égalité (5) s'écrit alors :

$$P(13-14 \mid M_1 : G) = \frac{P(M_1:G \mid 13-14) \times P(13-14)}{P(M_1 : G \mid 13-14) \times P(13-14) + P(M_1:G \mid 14-15) \times P(14-15) + P(M_1:G \mid 15-16) \times P(15-16)}$$

Dans le cadre d'une estimation de l'âge d'un individu, cette procédure va également concerner les classes d'âge 14-15 et 15-16 ans, afin de connaître parmi les trois classes d'âge potentielles, laquelle obtient la plus forte probabilité *a posteriori*. L'estimation de l'âge de cet individu se présentera alors sous la forme d'une distribution de probabilité.

## 2.2. Probabilités *a priori*

Le calcul de la probabilité *a priori* peut se faire selon différentes approches. La première, peut-être la plus classique, consiste à tenir compte des fréquences relatives observées dans l'échantillon de référence. Ainsi, en reprenant l'exemple ci-dessus, la probabilité *a priori* d'appartenir à la classe d'âge 13-14 ans, notée  $P(13-14)$ , sera égale au nombre d'individus de l'échantillon de référence appartenant à cette même classe d'âge, divisé par le nombre total d'individus. Imaginons qu'il y ait respectivement 30, 33 et 29 individus ( $N = 92$ ) dans les classes d'âge 13-14, 14-15 et 15-16 ans. La probabilité *a priori* d'appartenir à la classe d'âge 13-14 ans sera donc de  $30/92$ , soit 0,326.

**En adoptant cette première approche, on devient tributaire de la distribution de l'âge de l'échantillon de référence. Il ne sera possible de comparer les résultats obtenus sur deux échantillons de référence distincts qu'à la seule condition qu'ils présentent tous deux la même distribution d'âge, et par conséquent les mêmes effectifs.** Lucy et al. (1996), Schmitt et Broqua (2000), Chaillet (2003) et probablement Foti *et al.* (2003), même si ces derniers ne l'explicitent pas, utilisent dans leurs travaux des probabilités *a priori* basées sur la distribution de l'âge de l'échantillon de référence. Or, dans la pratique, un échantillon de

référence se constitue en fonction des données disponibles. Dans le cadre d'une étude portant sur des personnes vivantes, l'échantillon de référence est constitué sur la base du volontariat. Si l'on prend l'exemple de la constitution d'un référentiel visant à l'estimation de l'âge dentaire, les sujets sont recrutés au sein d'un service d'odontologie ou d'un cabinet dentaire privé en fonction de critères contrôlés (sexe, âge, origine géographique, absence de maladie ou de syndrome affectant le développement, ...), mais aussi en fonction de critères non contrôlés (hasard des jours où le recrutement est effectif, volontariat, ...). Il serait remarquable qu'en France et au Maroc par exemple, deux échantillons parfaitement identiques soient constitués. Dans une optique comparative, il semble donc délicat d'opter pour le calcul de probabilités *a priori* basé sur la distribution de l'âge au sein de l'échantillon de référence.

**Une seconde approche consiste à tenir compte, non pas de la distribution de l'âge de l'échantillon de référence, mais de celui de la population de référence.** Par exemple pour une étude menée en France, il s'agira de tenir compte de la pyramide des âges afin de calculer la probabilité d'appartenir à une certaine classe d'âge. Néanmoins, le problème évoqué ci-dessus de la comparaison des données calculées selon des référentiels différents, reste entier.

Il existe une troisième approche permettant de calculer les probabilités *a priori*. Son principe est le suivant : une séquence de minéralisation dentaire particulière possède une probabilité uniforme d'être observée parmi  $n$  classes d'âge. Ce principe d'uniformité des probabilités *a priori* est également appelé **principe des probabilités *a priori* uniformes**, ou probabilités *a priori* non informatives (Konigsberg et Frankenberg, 1992). **Si l'échantillon présente  $n$  classes d'âge, la probabilité *a priori* d'observer une séquence de minéralisation dentaire particulière sera de  $1/n$ .** Dans l'exemple développé, cela revient à considérer, qu'*a priori*, un individu possède une chance sur trois d'appartenir à l'une des trois classes d'âge représentées. **Ainsi, aucune présomption n'est faite quand à la distribution de l'âge dans l'échantillon de référence. Il sera donc possible de comparer deux échantillons possédant des structures démographiques différentes.** Cette approche pourrait paraître aberrante dans le cadre d'une étude en paléodémographie, où l'on sait pertinemment que la population étudiée possède une certaine structure démographique. **Mais notre étude n'est pas une étude démographique. Notre objet est l'estimation de l'âge**

dentaire d'un individu donné. Il nous semble donc envisageable d'appliquer ici les probabilités *a priori* uniformes.

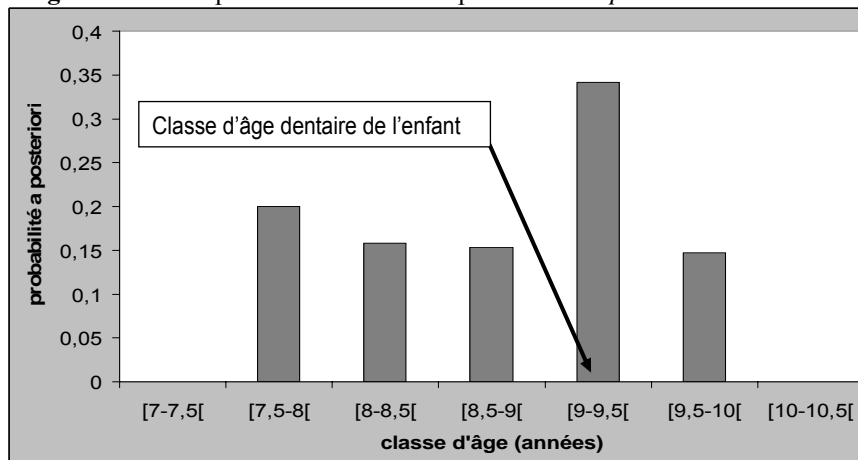
### 3. Une nouvelle méthode d'estimation de l'âge dentaire des non adultes basée sur l'approche Bayésienne

#### 3.1. Présentation

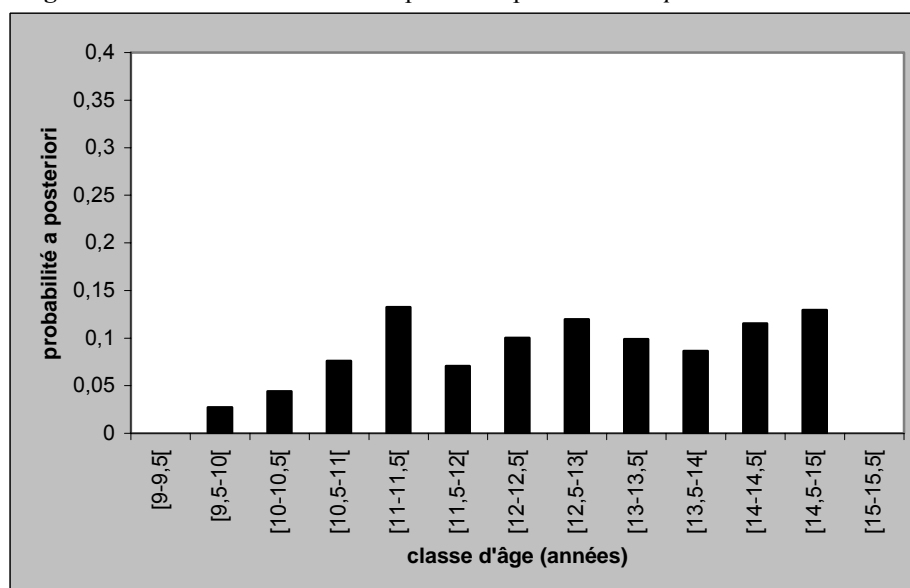
Inspirés par les travaux de Lucy *et al.* (1996), Braga *et al.* (online first) développent une nouvelle méthode d'estimation de l'âge dentaire des non adultes basée sur l'approche Bayésienne. La méthode de codage de Demirjian (1986) est employée. Notre emprunt à la méthode originale de Demirjian *et al.* (1973) s'arrête ici. En effet, avec l'approche Bayésienne, les tables de conversion et autres graphiques représentant les percentiles de maturation dentaire n'ont plus lieu d'être. Nous avons opté pour une **précision de 6 mois**, ainsi l'estimation de l'âge dentaire d'un individu est donnée par la probabilité d'appartenir à une classe d'âge de 6 mois. Le principe de l'approche Bayésienne repose sur l'établissement d'un **échantillon de référence**, également appelé référentiel, ou encore échantillon d'apprentissage (*training sample*). **Chaque enfant du référentiel est caractérisé par sa séquence de minéralisation dentaire et par sa classe d'âge chronologique de 6 mois.** Grâce à ce référentiel, l'âge dentaire d'un certain nombre d'individu constituant un échantillon test, et ne faisant pas partie de ce référentiel, est estimé. Chaque individu de l'échantillon test est caractérisé par sa seule séquence de minéralisation dentaire. Le but de la méthode est d'attribuer à chaque enfant de l'échantillon test une classe d'âge dentaire de 6 mois assortie d'une certaine probabilité.

Lorsque la méthode Bayésienne d'estimation de l'âge dentaire est appliquée, **chaque enfant de l'échantillon test présente une distribution de probabilités *a posteriori* d'appartenance aux différentes classes d'âge** représentées dans l'échantillon de référence. **Une hiérarchie existe au sein de cette distribution.** La classe d'âge dentaire de l'enfant est celle à laquelle il a le plus de chances, *a posteriori*, d'appartenir. Autrement dit, **la classe d'âge associée à la probabilité *a posteriori* la plus élevée est définie comme la classe d'âge dentaire de l'enfant.** La figure 13 illustre l'exemple d'un enfant présentant la séquence de minéralisation dentaire suivante :

( 8 ; 7 ; 6 ; 6 ; 5 ; 7 ; 4 )

Figure 13 : Exemple de distribution des probabilités *a posteriori* individuelles

Dans cet exemple, la fiabilité de l'estimation de la classe d'âge dentaire 9-9,5 ans est égale à la probabilité *a posteriori* associée, soit 0,35. La précision est de 6 mois. **Un des avantages qu'offre la méthode Bayésienne est de pouvoir faire varier selon ses besoins la fiabilité et la précision d'une estimation.** Par exemple, nous pouvons dire que cet enfant appartient à la classe d'âge 7,5-10 ans avec une fiabilité de 100%. La précision n'est alors plus de 6 mois mais de 30 mois (cinq classes d'âge de 6 mois chacune). Tous les intermédiaires entre ces deux estimations permis par la distribution des probabilité *a posteriori* sont envisageables. Notons ici, qu'il peut arriver dans certains cas, que la valeur la plus élevée de la distribution des probabilités *a posteriori* soit relativement faible, et donc proche d'une autre valeur.

Figure 14 : Cas d'une distribution aplatie des probabilités *a posteriori* individuelles



Ce phénomène témoigne d'une distribution relativement aplatie, caractéristique de séquences de minéralisation dentaire avancées, ne comportant plus que des dents ayant achevé leur maturation (stade 8) ou sur le point de le faire (stade 7). La figure 14 illustre ainsi l'exemple d'une fille possédant la séquence de minéralisation dentaire suivante : ( 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ). La classe d'âge dentaire des filles présentant cette séquence de minéralisation est 11-11,5 ans ( $p=0,132$ ). Néanmoins, ces filles ont également une probabilité pratiquement équivalente d'appartenir aux classes d'âge dentaire 12,5-13 ans ( $p=0,120$ ) et 14,5-15 ans ( $p=0,130$ ). Dans le cas de cette séquence de minéralisation dentaire, il sera nécessaire de garder à l'esprit cet aspect de la distribution lors de la comparaison de la classe d'âge dentaire d'un sujet à sa classe d'âge chronologique. En effet, la classe d'âge dentaire d'une fille de 14,9 ans (14,5-15 ans) présentant cette séquence sera 11-11,5 ans, donnant ainsi l'impression d'un important retard de maturation. Néanmoins, au regard de la distribution des probabilités *a posteriori*, il apparaît clairement que cette fille ne présente pas de retard particulier de maturation. Nous mettons ici en lumière un inconvénient lié au choix de la classe d'âge de 6 mois la plus probable, comme classe d'âge dentaire d'un sujet.

### 3.2. Choix de la probabilité *a priori*

Comme nous l'avons vu précédemment, la question du choix de la probabilité *a priori* se pose à nous. **Ce choix doit être motivé par l'objet de l'étude.** Cette étude se positionne clairement dans une perspective comparative entre différents référentiels, que ces référentiels diffèrent par leur sexratio, par leurs origine géographique, par leurs niveaux socioéconomiques, par leurs pathologies, ou par n'importe quel autre facteur jugé potentiellement influant. De ce fait, **nous avons opté pour les probabilités *a priori* uniformes.** Ainsi cette probabilité *a priori* sera la même pour l'ensemble des classes d'âge considérées, soit 1 divisé par le nombre total de classes d'âge représentées dans l'échantillon. Une question reste cependant en suspend. Dans le cas d'une comparaison entre deux référentiels présentant un nombre de classe d'âge chronologique différent, ces deux référentiels présenteront donc des probabilités *a priori* uniformes différentes. Néanmoins, en reprenant l'égalité (5) on constate qu'au sein d'un même référentiel, quand toutes les probabilités *a priori*  $P(A_j)$  possèdent la même valeur, ce qui est le cas dans le cadre des probabilités *a priori* uniformes, elles s'éliminent par factorisation. Le problème n'est donc qu'apparent.

### 3.3. Bayes Indépendant vs Bayes Dépendant

Dans le cadre de l'approche Bayésienne il est possible d'envisager **deux modalités de calcul** différentes selon que l'on considère les **7 dents** de l'hémi-mandibule gauche comme formant un **ensemble de variables dépendantes ou indépendantes**.

Les calculs générés par ces deux approches, Bayes Dépendant et Bayes Indépendant, ont fait l'objet d'une automatisation avec la création de deux macros Visual Basic sous Microsoft Excel (annexes 5 et 6) grâce à l'aide de F. Houët (Ingénieur d'étude à PACEA UMR 5199 LAAP, Université Bordeaux 1).

#### 3.3.1. Bayes Indépendant

La première possibilité consiste à traiter les **7 dents** de l'hémi-mandibule gauche comme autant de **variables indépendantes**. Le mode de calcul ne consiste pas à **traiter les individus** séquence de minéralisation dentaire par séquence de minéralisation dentaire, mais **dent par dent**. Cette approche est également parfois appelée : « approche Bayésienne naïve » ou encore « approche Bayésienne simple ». Lucy *et al.* (1996), Chaillet (2003), Foti *et al.* (2003) utilisent cette approche dans leurs travaux respectifs. Dans le cadre de son travail, Chaillet (2003) s'attache à démontrer par l'étude du partitionnement de la variation et des corrélations partielles, qu'il est possible de considérer les 7 variables constituées par les 7 dents définitives mandibulaires gauches, comme des variables indépendantes. Néanmoins, l'approche Bayes Dépendant semble délicate à mettre en œuvre lorsque le nombre de dents codées, multiplié par le nombre de stades de minéralisation potentiels (*i.e.* 9), augmente (Domingos et Pazzani, 1997).

Soit une fille âgée de 7,8 ans (94 mois) possédant sa  $I_1$  au stade 7, sa  $I_2$  au stade 7, sa  $C$  au stade 5, sa  $P_3$  au stade 5, sa  $P_4$  au stade 5, sa  $M_1$  au stade 7 et sa  $M_2$  au stade 4. Cet enfant appartient à la classe d'âge 7,5-8 ans et présente donc la séquence de minéralisation dentaire : (7 ; 7 ; 5 ; 5 ; 5 ; 7 ; 4)

En fonction de l'échantillon de référence se distribuant sur un nombre  $j$  de classes d'âge, quelle est la probabilité que cet enfant, dont le sexe est connu, appartienne à la classe d'âge  $A_i$ , sachant qu'il présente la séquence de minéralisation dentaire (7 ; 7 ; 5 ; 5 ; 5 ; 7 ; 4) ?

A l'aide du théorème de Bayes sous sa forme généralisée (5), cette interrogation s'écrit :

$$P(A_i | 7;7;5;5;5;7;4) = \frac{P(7;7;5;5;5;7;4 | A_i) \times P(A_i)}{\sum_{i=1}^j P(7;7;5;5;5;7;4 | A_j) \times P(A_j)}$$

Du fait de l'indépendance, il est possible d'écrire :

$$P(7;7;5;5;5;7;4) = P(I_1:7) \times P(I_2:7) \times P(C:5) \times P(P_3:5) \times P(P_4:5) \times P(M_1:7) \times P(M_2:4)$$

D'où :

$$P(A_i | 7;7;5;5;5;7;4) = \frac{P(I_1:7 | A_i) \times P(I_2:7 | A_i) \times \dots \times P(M_2:4 | A_i) \times P(A_i)}{\sum_{i=1}^j P(I_1:7 | A_j) \times P(I_2:7 | A_j) \times \dots \times P(M_2:4 | A_j) \times P(A_j)}$$

La probabilité *a posteriori* que cette fille appartienne à la classe d'âge dentaire 7,5-8 ans, notée  $P(7,5-8 | 7;7;5;5;5;7;4)$ , est égale au produit de la vraisemblance, notée  $P(I_1:7 \_ I_2:7 \_ C:5 \_ P_3:5 \_ P_4:5 \_ M_1:7 \_ M_2:4 | 7,5-8)$ , par la probabilité *a priori* d'appartenir à la classe d'âge 7,5-8 ans, notée  $P(7,5-8)$ , divisé par la somme, pour toutes les classes d'âge, du produit de la vraisemblance correspondante par la probabilité *a priori*.

**La vraisemblance  $P(I_1:7 \_ I_2:7 \_ C:5 \_ P_3:5 \_ P_4:5 \_ M_1:7 \_ M_2:4 | 7,5-8)$  est égale au nombre de filles appartenant à la classe d'âge 7,5-8 ans qui présentent leur  $I_1$  au stade 7 divisé par le nombre de filles appartenant à cette même classe d'âge, multiplié par le nombre de filles appartenant à la classe d'âge 7,5-8 ans qui présentent leur  $I_2$  au stade 7 divisé par le nombre de filles appartenant à cette même classe d'âge, multiplié par le nombre de filles appartenant à la classe d'âge 7,5-8 ans qui présentent leur C au stade 5 divisé par le nombre de filles appartenant à cette même classe d'âge, ..., multiplié par le nombre de filles appartenant à la classe d'âge 7,5-8 ans qui présentent leur  $M_2$  au stade 4 divisé par le nombre de filles appartenant à cette même classe d'âge.**

Les différents éléments du dénominateur de l'équation sont obtenus en procédant de la même manière, pour l'ensemble des individus présentant ce même état de minéralisation dentaire, en considérant l'ensemble des classes d'âge représentées dans le référentiel.

### 3.3.2. Bayes Dépendant

**Du point de vue biologique, il ne fait aucun doute que l'étude du phénomène de minéralisation dentaire invite à traiter les dents observées comme des variables dépendantes.** Concrètement, la connaissance du degré de minéralisation d'une dent, par exemple la première molaire mandibulaire permanente gauche, va nous donner des indications quant au degré de minéralisation de la deuxième prémolaire mandibulaire gauche. Ces indications ne seront pas suffisantes pour prédire de manière satisfaisante l'état de la deuxième prémolaire mandibulaire ( $P_4$ ), mais permettront, par exemple, de savoir que cette dernière se trouve à un stade de maturation moins avancé que la première molaire définitive mandibulaire ( $M_1$ ). Notons que l'intensité de la liaison existant entre un certain jeu de dents est différente de celle existant pour un autre jeu de dents. Même si la nature des relations entre les différentes dents reste encore mal comprise, il ne fait aucun doute que l'évolution d'une dent d'un stade de minéralisation au suivant s'accompagne de l'évolution des autres dents. **Mais le problème de l'indépendance des variables se pose alors dans le cadre de l'application du théorème de Bayes.**

Lorsque les 7 dents mandibulaires gauches sont traitées comme autant de variables dépendantes, nous travaillons non pas dent par dent, mais séquence de minéralisation dentaire par séquence de minéralisation dentaire. **Concrètement, une seule variable à 7 chiffres est constituée. La condition d'indépendance des données est ainsi contournée.**

Reprenons l'exemple de la fille de 7,8 ans, développé ci-dessus, qui présente la séquence de minéralisation dentaire (7 ; 7 ; 5 ; 5 ; 5 ; 7 ; 4) :

$$P(A_i | 7;7;5;5;5;7;4) = \frac{P(7;7;5;5;5;7;4 | A_i) \times P(A_i)}{\sum_{i=1}^j P(7;7;5;5;5;7;4 | A_j) \times P(A_j)}$$

La probabilité *a posteriori* que cette fille appartienne à la classe d'âge dentaire 7,5-8 ans, notée  $P(7,5-8 | 7;7;5;5;5;7;4)$ , est égale au produit de la vraisemblance, notée  $P(7;7;5;5;5;7;4 | 7,5-8)$ , par la probabilité *a priori* d'appartenir à la classe d'âge 7,5-8 ans, notée  $P(7,5-8)$ , divisé par la somme, pour toutes les classes d'âge, du produit de la vraisemblance correspondante par la probabilité *a priori*.

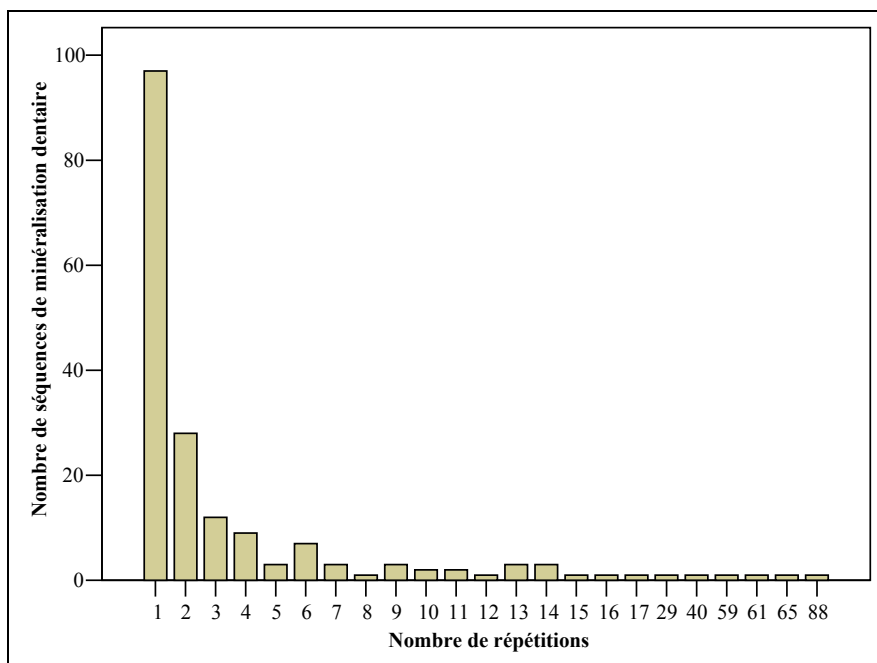
La vraisemblance  $P(7;7;5;5;5;7;4 \mid 7,5-8)$  est égale au nombre de filles appartenant à la classe d'âge 7,5-8 ans qui présentent la séquence de minéralisation dentaire (7 ; 7 ; 5 ; 5 ; 5 ; 7 ; 4) divisé par le nombre de filles appartenant à cette même classe d'âge.

Les différents éléments du dénominateur de l'équation sont obtenus en procédant de la même manière pour l'ensemble des individus présentant cette même séquence de minéralisation dentaire en considérant l'ensemble des classes d'âge représentées dans le référentiel.

Ce mode de calcul présente un inconvénient de taille. Prenons l'exemple d'un enfant présentant une séquence de minéralisation dentaire non représentée dans le référentiel, que nous qualifierons de **séquence de minéralisation dentaire orpheline**. **L'approche Bayes Dépendante ne va pas permettre la production d'une estimation de l'âge dentaire de cet enfant**. En effet, le numérateur de l'équation 5, ainsi que le dénominateur, sera égal à 0 car aucun enfant du référentiel ne présente cette séquence de minéralisation dentaire.

Avec l'approche Bayes Dépendant, chaque individu est caractérisé par une séquence de minéralisation dentaire comportant 7 chiffres. Chaque dent possédant 9 stades de minéralisation (de 0 à 8), il y a donc théoriquement  $9^7$  combinaisons correspondant chacune à une séquence de minéralisation dentaire différente.

Figure 15 : Intensité de la répétition des différentes séquences de minéralisation dentaire <sup>1</sup>



<sup>1</sup> Exemple : 28 séquences de minéralisation dentaire sont répétées 2 fois au sein de l'échantillon

La majorité de ces différentes combinaisons ne sont biologiquement pas envisageables, puisqu'un certain ordre existe dans la minéralisation des différentes dents, même si cette séquence connaît une variabilité. De plus, les séquences de minéralisation dentaires associées aux premières années de vie de l'enfant ne sont pas prises en compte au niveau de nos différents échantillons dont le plus jeune sujet est âgé de 3,5 ans. Néanmoins, une grande variabilité de séquences de minéralisation dentaire est rencontrée dans les différents échantillons de cette étude. Nous comptons ainsi, pas moins de 183 séquences de minéralisation dentaire distinctes parmi les 863 enfants recrutés dans le sud de la France et pour lesquels nous disposons d'un questionnaire (figure 15). **L'avantage, également de taille, qu'offre l'approche Bayes Dépendant est celui du respect de l'originalité de chaque séquence de minéralisation dentaire.** Ce respect est directement lié à la méthode de calcul. Prenons un exemple afin d'illustrer ce phénomène. Soit un échantillon de 10 filles âgées de 8 à 11 ans pour lesquelles nous étudierons uniquement les incisives (tableau 1).

**Tableau 1** : Echantillon de référence fictif de 10 filles âgées de 8 à 10 ans pour lesquelles sont codées les incisives définitives mandibulaires gauches

	8 - 9 ans			9 - 10 ans				10 - 11 ans		
I1	6	6	8	7	7	8	8	8	7	8
I2	5	6	7	6	7	7	7	8	7	7

A partir de ce référentiel, nous souhaitons connaître la probabilité qu'une fille possédant sa I<sub>1</sub> au stade 8 et sa I<sub>2</sub> au stade 6 appartienne à la classe d'âge dentaire 9-10 ans.

Avec l'approche Bayes Dépendante cette fille ne présente pas d'estimation de son âge dentaire car sa séquence de minéralisation n'est pas représentée au sein de la classe d'âge 9-10 ans du référentiel. Nous parlerons ici de valeur manquante (VM) pour ce qui est de l'estimation de son âge dentaire.

Avec l'approche Bayes Indépendant et la sélection de probabilités *a priori* uniformes, nous obtenons la probabilité suivante :

$$P(9-10 \text{ ans} \mid 8 ; 7) = \frac{P(I_1: 8 \mid 9-10 \text{ ans}) \times P(I_2:6 \mid 9-10 \text{ ans})}{P(I_1: 8 \mid 8-9 \text{ ans}) \times P(I_2:6 \mid 8-9 \text{ ans}) + P(I_1: 8 \mid 9-10 \text{ ans}) \times P(I_2:6 \mid 9-10 \text{ ans}) + P(I_1: 8 \mid 10-11 \text{ ans}) \times P(I_2:6 \mid 10-11 \text{ ans})}$$

$$= \frac{2/4 \times 1/4}{1/3 \times 1/3 + 2/4 \times 1/4 + 2/3 \times 0/3}$$

$$= 0,53$$

Cette jeune fille qui présente une séquence de minéralisation dentaire apparemment particulière, car non représentée dans le référentiel, est stigmatisée par l'approche Bayes Dépendant par la production d'un âge dentaire VM, tandis qu'elle passe tout à fait inaperçue avec l'approche Bayes Indépendant qui estime à 0,53 la probabilité que cette fille ait entre 9 et 10 ans.

**Cet exemple permet de souligner toute l'importance du but poursuivi. Si ce dernier consiste à produire pour le plus grand nombre une estimation de l'âge dentaire, il apparaît alors plus approprié d'employer l'approche Bayes Indépendant. Néanmoins, si le but recherché est d'étudier l'influence que certains facteurs peuvent avoir sur l'estimation de l'âge dentaire d'un individu, dont une des composantes essentielles est la séquence de minéralisation dentaire, mieux vaut alors opter pour l'approche Bayes Dépendant.** Cette étude se place clairement dans ce second cas de figure.

#### **4. Techniques mises en place dans l'analyse des données issues du questionnaire**

##### **4.1. Cas des séquences de minéralisation dentaire ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 )**

Lors de l'élaboration d'un échantillon de référence, la question de la prise en compte ou non des individus ne contenant plus d'information au niveau de leur séquence de minéralisation dentaire s'est posée. Les individus ne contenant plus d'information au niveau de leur séquence de minéralisation sont ceux qui possèdent leurs 7 dents définitives mandibulaires gauches au stade 8 de Demirjian (Demirjian *et al.*, 1973). Cela signifie que l'ensemble des dents prises en compte dans la méthode Bayésienne d'estimation de l'âge dentaire ont révolu leur maturation macrostructurale. Ainsi, un individu âgé de 19 ans et un autre âgé de 79 ans posséderont une même séquence de minéralisation dentaire, à savoir : (8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8). Dans le cadre d'une estimation d'âge, il serait donc aberrant de chercher à

estimer l'âge d'un individu ayant cette séquence de minéralisation dentaire (8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8). Néanmoins, est-il tout aussi aberrant d'intégrer dans l'échantillon de référence des individus de moins de 16 ans, a priori « normaux », qui présentent cette même séquence de minéralisation ? Nous pensons que la réponse à cette interrogation est non. En effet, si de tels individus existent, cela implique qu'ils expriment une part de la variabilité observée au niveau de la maturation macrostructurale dentaire. De ce fait, il nous semble nécessaire de les prendre en compte, au même titre que tout autre individu, dans les calculs amenant à produire une estimation de l'âge dentaire. Au sein de l'échantillon de cette étude composé de 863 enfants, 14 présentent une séquence de minéralisation dentaire (8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8). Ces 6 filles et 8 garçons sont âgés de 13 à 16 ans (16 ans étant la limite d'âge supérieure de l'échantillon).

#### **4.2. *Jackknife resampling*, comparaison de deux échantillons test selon un même référentiel, comparaison de deux référentiels pour un même échantillon test**

**Un des principes fondamentaux de l'approche Bayésienne**, qu'elle soit Dépendante ou Indépendante, appliquée avec des probabilités uniformes ou non, **réside en la production d'un référentiel permettant l'étude d'un échantillon test. Afin de ne pas biaiser les résultats, il est essentiel que les sujets de l'échantillon test n'aient pas participé à l'élaboration du référentiel.** Dans le cas contraire, la qualité des résultats produits à partir d'un échantillon test reprenant, pour tout ou partie, les mêmes sujets que ceux du référentiel serait supérieure à la réalité. Il est donc nécessaire de « mettre de côté » un certain nombre de sujets lors de la constitution du référentiel. Cette démarche est extrêmement frustrante car elle contraint à travailler avec un référentiel qui n'exploite qu'une partie de la somme des efforts mis en place dans le but de recruter un échantillon conséquent. Il existe heureusement une technique permettant de contourner ce problème majeur. Cette technique est dénommée par les anglo-saxons « *Jackknife resampling* » (Tukey, 1977 ; Efron, 1982) en référence à Jack l'éventreur et à ses coups de couteau d'une précision « chirurgicale ». Cette technique consiste à retirer le premier individu du référentiel et à produire, par exemple, une estimation de son âge dentaire à partir des  $n-1$  sujets restant au sein du référentiel. Une fois que cet individu possède une estimation de son âge dentaire, produite à partir d'un référentiel dont il ne fait pas partie, il est remplacé dans le référentiel. On retire alors le deuxième individu du référentiel et on estime son âge dentaire à partir des  $n-1$  sujets restant. **Cette opération est répétée un nombre  $n$  de fois permettant ainsi la production d'une estimation de l'âge**



**dentaire des  $n$  individus à partir d'un référentiel de  $n-1$  sujets.** Il s'avère que le référentiel n'est en fait jamais le même, mais lorsque l'on manipule des échantillons de plusieurs centaines de sujets, ces différences sont négligeables. Si cette technique offre l'avantage d'exploiter la totalité des sujets recrutés dans le cadre de cette étude, elle n'en demeure pas moins très lourde. Il a en effet fallu réaliser manuellement cette opération plusieurs milliers de fois, faute d'une automatisation de la procédure.

**Grâce à la technique du *Jackknife resampling*, nous avons pu analyser la majorité des items du questionnaire.** De nombreuses questions font l'objet d'une étude univariée reposant soit sur la comparaison, à partir d'un même référentiel, de deux échantillons tests, se différenciant par le type de réponses données (modalités), soit sur la comparaison d'un même échantillon test traité selon deux référentiels distincts.

La première approche peut s'illustrer à travers l'exemple de l'étude de l'éventuel impact du poids à la naissance d'un enfant sur l'estimation de son âge dentaire. En fonction des réponses fournies, les enfants sont regroupés en trois modalités :

- enfants pesant moins de 2,5 kg à la naissance (LBW)
- enfants pesant entre 2,5 et 4,1 kg à la naissance (NBW)
- enfants pesant plus de 4,1 kg à la naissance (HBW)

Un référentiel est constitué à partir des enfants nés avec un poids normal (*i.e.* compris entre 2,5 et 4,1 kg). Puis l'âge dentaire des enfants de moins de 2,5 kg à la naissance est estimé à partir de ce référentiel. Afin d'être en mesure de réaliser une comparaison, l'âge dentaire des enfants nés avec un poids normal est estimé avec le référentiel des enfants nés avec un poids normal grâce à la technique du *Jackknife resampling*. Nous sommes alors en mesure de réaliser une comparaison entre les deux échantillons tests.

La deuxième approche peut quant à elle s'illustrer à travers l'exemple de l'étude de l'influence du sexe sur l'estimation de l'âge dentaire d'un enfant. Un premier référentiel est constitué à partir des filles et un second à partir des garçons. L'âge dentaire des filles est estimé selon le référentiel féminin grâce à la technique du *Jackknife resampling*. Puis l'âge dentaire des filles est estimé selon le référentiel masculin. Nous pouvons alors comparer les résultats obtenus pour un même échantillon test selon l'application de deux référentiels distincts. Attention, cette comparaison n'est ici envisageable qu'à la condition d'avoir opté

pour l'utilisation de probabilités *a priori* uniformes. En effet, dans ce cas de figure, les deux référentiels ne possèdent pas la même structure en termes d'effectif et d'âge.

#### 4.3. Critères analytiques qualitatifs des résultats

Afin d'être en mesure d'estimer la qualité des résultats produits, il est indispensable de définir de manière rigoureuse des critères analytiques qualitatifs. **Dans la littérature, on retrouve régulièrement les critères de précision (*accuracy* et/ou *precision*) et de fiabilité (*reliability*). Néanmoins, selon les auteurs, selon les méthodes statistiques employées, précision et fiabilité ne font pas systématiquement référence aux mêmes notions, et les outils utilisés pour les caractériser ne sont pas toujours comparables.** Prenons l'exemple de l'erreur standard des estimations (*Standard Error of the Estimates*, SEE) qui est utilisée régulièrement comme un critère de précision pour une méthode d'estimation d'âge lorsque celle-ci est basée sur la technique de régression linéaire. L'erreur type des estimations mesure la dispersion des valeurs mesurées par rapport à la droite de régression et se calcule ainsi :

$$(\text{sd}^2 / n)^{1/2} \text{ où sd est l'écart type et n le nombre d'individu de l'échantillon.}$$

L'erreur standard des estimations se rapproche par son mode de calcul et son utilisation de l'écart type. Si l'on souhaite travailler avec une fiabilité de 95%, il faut alors encadrer l'âge estimé par + ou - 1,96 SEE. Soit un enfant dont l'âge dentaire est estimé par une méthode basée sur la régression linéaire. L'erreur type de l'estimation associée à la régression est de 12 mois. L'estimation de l'âge dentaire donne 9 ans. Pour une fiabilité à 95%, l'âge dentaire de cet enfant est donc compris dans un intervalle de confiance allant de 7 ans à 11 ans. Les principales méthodes d'estimation d'âge dentaire construites de la sorte et présentant les meilleures précisions sont basées sur des erreurs standards des estimations comprises entre 6 et 12 mois (Ritz-Timme *et al.*, 2000). C'est par exemple le cas des méthodes développées par Liliequist et Lundberg (1971), par Demirjian *et al.* (1973, 1976), par Gustafson et Koch (1974), par Haaviko (1974), par Hägg et Matsson (1985), par Staff *et al.* (1991), par Saunders *et al.* (1993) ou encore par Mörnstad *et al.* (1994). Parmi ces différentes publications, il est rare de trouver clairement définie l'erreur type des estimations et son implication dans la détermination de l'intervalle de confiance d'une estimation associée à une fiabilité de 95%.

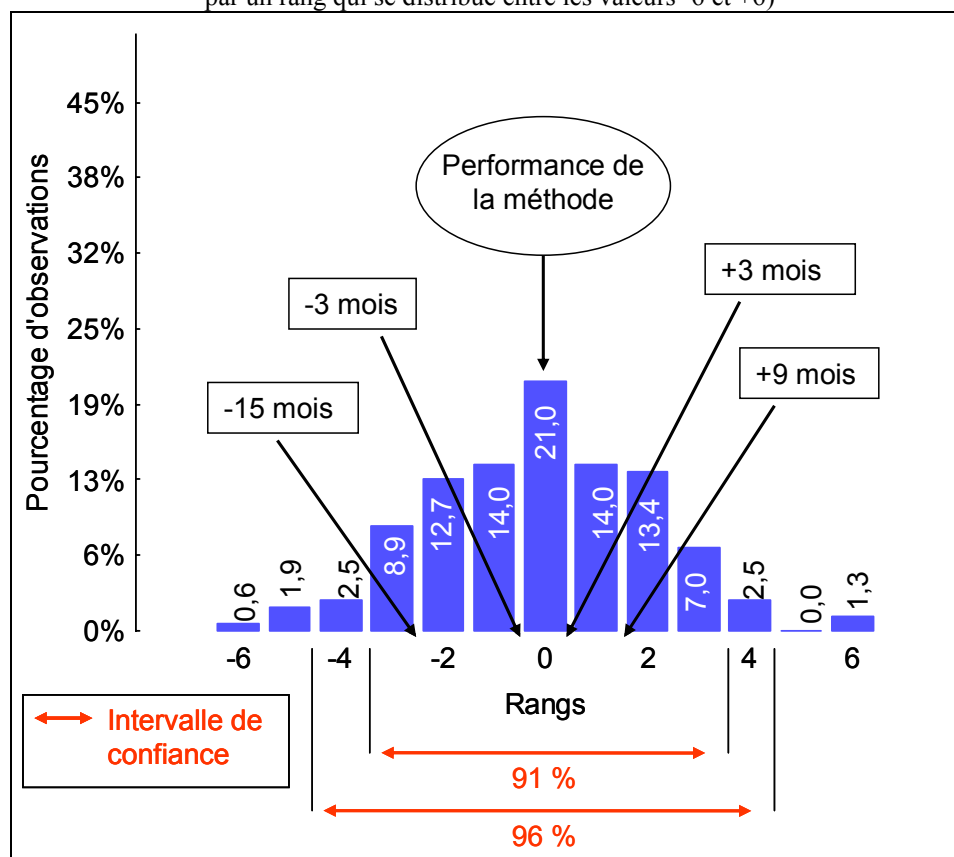
Avant de définir les critères qualitatifs que nous allons utiliser, une distinction importante doit être faite entre l'analyse des résultats obtenus pour un individu et l'analyse

des résultats obtenus pour un échantillon. **Au contraire des résultats individuels, seuls les résultats obtenus pour un échantillon nous renseignent sur la qualité d'une méthode.**

Dans le cadre de la méthode développée par Braga *et al.* (online first) basée sur l'approche Bayésienne, pour chacun des enfants de l'échantillon test, nous sommes en mesure d'apprécier la **justesse** des âges dentaires estimés, en comparant la classe d'âge estimée, ou classe d'âge dentaire, à la classe d'âge chronologique. La **soustraction entre la classe d'âge chronologique et la classe d'âge dentaire** (« classe d'âge chronologique » - « classe d'âge dentaire ») exprime le décalage existant entre ces deux âges en terme de nombre de classes d'âge. De manière à simplifier la présentation des données et à permettre une meilleure analyse des résultats, les **décalages** ne sont pas **exprimés** en nombre de classes d'âge mais en **valeur de rang**. Concrètement, un décalage de rang 0 signifie que la classe d'âge dentaire est la même que la classe d'âge chronologique. Un rang +1 correspond à un décalage d'une classe d'âge, la classe d'âge chronologique étant supérieure à la classe d'âge civil (« classe d'âge chronologique » - « classe d'âge dentaire » = +1). Nous sommes alors, dans le cas d'un **rang +1**, en présence d'un enfant possédant un **retard d'âge dentaire**. Un **rang -2** correspond à un décalage de deux classes d'âge, la classe d'âge chronologique étant inférieure à la classe d'âge dentaire. Dans ce cas, l'enfant présente une **avance d'âge dentaire**. Le fait de travailler avec une précision de 6 mois va conditionner la valeur des limites des différents rangs (figure 16). Chaque rang couvre une période de 6 mois. Prenons l'exemple du rang 0. Le rang 0 correspond à un décalage nul entre la classe d'âge chronologique et la classe d'âge estimée (*i.e.* classe d'âge dentaire). Lorsqu'un enfant présente un rang 0, cela implique que son âge dentaire correspond à + ou - 3 mois à son âge chronologique. De la même manière, le rang +1 correspond à une différence entre l'âge chronologique et l'âge dentaire d'au moins 3 mois et d'au plus 9 mois (soit la limite supérieure du rang précédent à laquelle on ajoute la période couverte par un rang, à savoir, 6 mois).

**Lorsque l'on ne souhaite plus parler en terme d'individu test, mais en terme d'échantillon test, il est possible de caractériser chaque individu de l'échantillon test par son rang et de représenter la distribution des rangs pour l'ensemble des sujets (figure 16).**

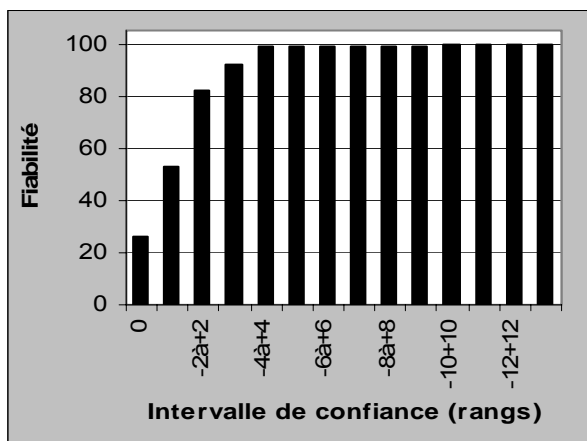
**Figure 16** : Exemple de distribution de rangs obtenue pour un échantillon test (chaque individu est caractérisé par un rang qui se distribue entre les valeurs -6 et +6)



La **performance de la méthode** correspond à la proportion d'individus qui possèdent des rangs 0, c'est-à-dire pour lesquels l'estimation de l'âge dentaire est optimale au regard de l'âge chronologique. **Dans cet exemple la performance est de 21% et l'intervalle de confiance correspondant est de + ou - 3 mois** (*i.e.* les bornes du rang 0).

Afin de connaître l'**intervalle de confiance** de la méthode pour cet échantillon test associé à une **fiabilité** de 95%, il est nécessaire de comptabiliser le nombre de rangs minimum réunissant 95% des enfants de l'échantillon test. En sommant les rangs allant de -4 à +4, 96% de l'échantillon test est représenté. **L'intervalle de confiance correspondant ici à une fiabilité de 96%** est donc de 9 rangs, soit 54 mois (9 x 6 mois). Cela nous donne un **intervalle de confiance de + ou - 27 mois**. Il est également possible de se contenter d'une fiabilité de 91% et d'un intervalle de confiance resserré de + ou - 21 mois. **La représentation graphique (figure 17) du pourcentage d'enfants de l'échantillon test réunis par intervalle de confiance donne un visuel de la « vitesse »** (*i.e.* le nombre d'intervalles de confiance) à laquelle un échantillon atteint la barre des 95%.

**Figure 17** : Evolution de la fiabilité associée à un intervalle de confiance de plus en plus étendu

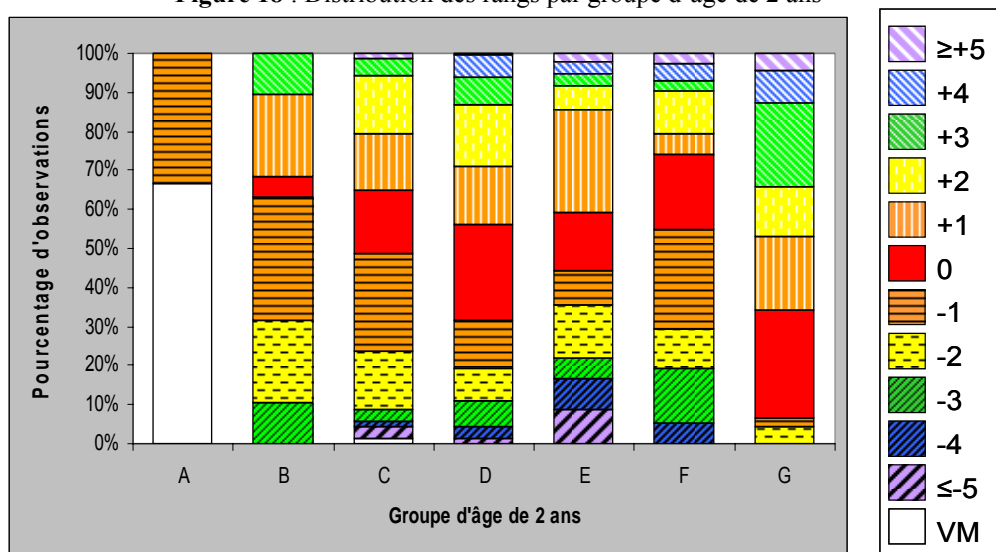


L'aspect général de symétrie ou d'asymétrie de la distribution par rapport au rang 0 est également un indicateur intéressant. En effet, nous sommes en mesure d'attendre une symétrie relative par rapport au rang 0, en ce sens qu'il n'y a, *a priori*, pas de raison qu'il y ait plus d'enfants en avance dans leur développement dentaire que d'enfants en retard. Ce degré de symétrie, ou d'asymétrie, est apprécié en réalisant un test du  $\chi^2$  à 1 degré de liberté entre le nombre d'enfants présentant des rangs inférieurs à 0 et ceux présentant des rangs supérieurs à 0.

L'allure générale de la distribution est également caractérisée par la valeur du **kurtosis**. Plus cette valeur est élevée, plus la distribution est « pointue ». Plus cette valeur est faible, plus la distribution est « aplatie ».

**Une distribution idéale associée à l'application d'une méthode d'estimation d'âge idéale doit présenter une symétrie par rapport au rang 0 et une valeur de kurtosis élevée.**

Une autre information essentielle est celle de la **répartition des rangs selon l'âge au sein d'un échantillon**. En somme, la justesse de la méthode est-elle uniforme sur l'ensemble des classes d'âge traitées ou non ? Pour cela nous avons regroupé les différentes classes d'âge quatre par quatre afin d'obtenir 7 groupes couvrant deux ans chacun. Ce regroupement permet dans la plupart des cas d'éviter de travailler avec des effectifs trop faibles. Le groupe A représente les enfants âgés de 2 à 4 ans et le groupe G ceux âgés de 14 à 16 ans. L'ensemble des individus de chaque groupe est ramené à 100 %. Les rangs représentés sont : rangs  $\leq -5$ , rangs -4, rangs -3, rangs -2, rangs -1, rangs 0, rangs +1, rangs +2, rangs +3, rangs +4 et rangs  $\geq +5$ . Les enfants pour lesquels la méthode ne peut fournir d'estimation sont représentés sous le terme « VM ». La figure 18 représente cette répartition des rangs par groupes d'âge de 2 ans.

Figure 18 : Distribution des rangs par groupe d'âge de 2 ans <sup>1</sup>

<sup>1</sup> VM : valeur manquante (l'individu ne possède pas d'estimation de son âge dentaire)

Nous venons de définir les cinq critères qualitatifs qui seront utilisés durant cette étude pour analyser les résultats issus de l'estimation de l'âge dentaire de tout échantillon test :

- 1 - la précision de la méthode (fixée à 6 mois)
- 2 - la performance de la méthode (proportion de rang 0)
- 3 - l'intervalle de confiance associée à une fiabilité d'au moins 95% couplé à la représentation graphique de la fiabilité relative de chaque intervalle de confiance
- 4 - l'allure générale de la distribution caractérisée par la symétrie par rapport au rang 0 et par la valeur du kurtosis
- 5 - la répartition des rangs selon les regroupements de classes d'âge

**Ce sont ces cinq critères qui sont utilisés lors de la comparaison de deux distributions de rangs obtenues pour des échantillons tests différents, ou encore pour un même échantillon test dont l'âge dentaire est estimé selon deux référentiels différents.** Les différents résultats sont reportés sur des planches.

Les performances relatives sont comparées à l'aide d'un test du  $\chi^2$  à 1 degré de liberté, de même que les distributions par rapport au rang 0. Dans le cas de la comparaison des fiabilités relatives à chaque intervalle de confiance et dans celui de la comparaison des répartitions des rangs selon l'âge, des tests du  $\chi^2$  deux à deux sont réalisés. De par la nature ordinale de la variable constituée par les rangs, la comparaison entre deux distributions de rangs est également réalisée à l'aide d'un test du  $\chi^2$ . Afin de standardiser les différentes

comparaisons, des regroupements de rangs ont été effectués. Ainsi, l'ensemble des rangs inférieurs ou égaux au rang -5 a été réuni, de même que l'ensemble des rangs supérieurs ou égaux au rang +5. Il y a donc en tout et pour tout 11 groupes de rang, les rangs inférieurs ou égaux à -5, les rangs -4, les rangs -3, les rangs -2, les rangs -1, les rangs 0, les rangs +1, les rangs +2, les rangs +3, les rangs +4 et les rangs supérieurs ou égaux à +5. Dans le cadre de comparaison de deux échantillons, cela correspond à un degré de liberté (ddl) égal à 10. Il arrive parfois qu'en raison des faibles effectifs rencontrés, certains rangs présentent des effectifs inférieurs à cinq individus. Dans ce cas, un regroupement en cinq modalités est opéré : rangs  $\leq -2$ , rangs = -1, rangs = 0, rangs = +1 et rangs  $\geq +2$ . Le degré de liberté est alors égal à 4.

Pour l'ensemble des tests de  $\chi^2$  deux à deux réalisés, lorsqu'une des modalités regroupe moins de cinq individus, la valeur du test de Fisher bilatérale est alors retenue.

Pour l'ensemble de ces tests, le risque alpha est fixé à 5%. Tous ces tests sont réalisés avec le logiciel Statistica 6.0, *Statsoft Inc.*

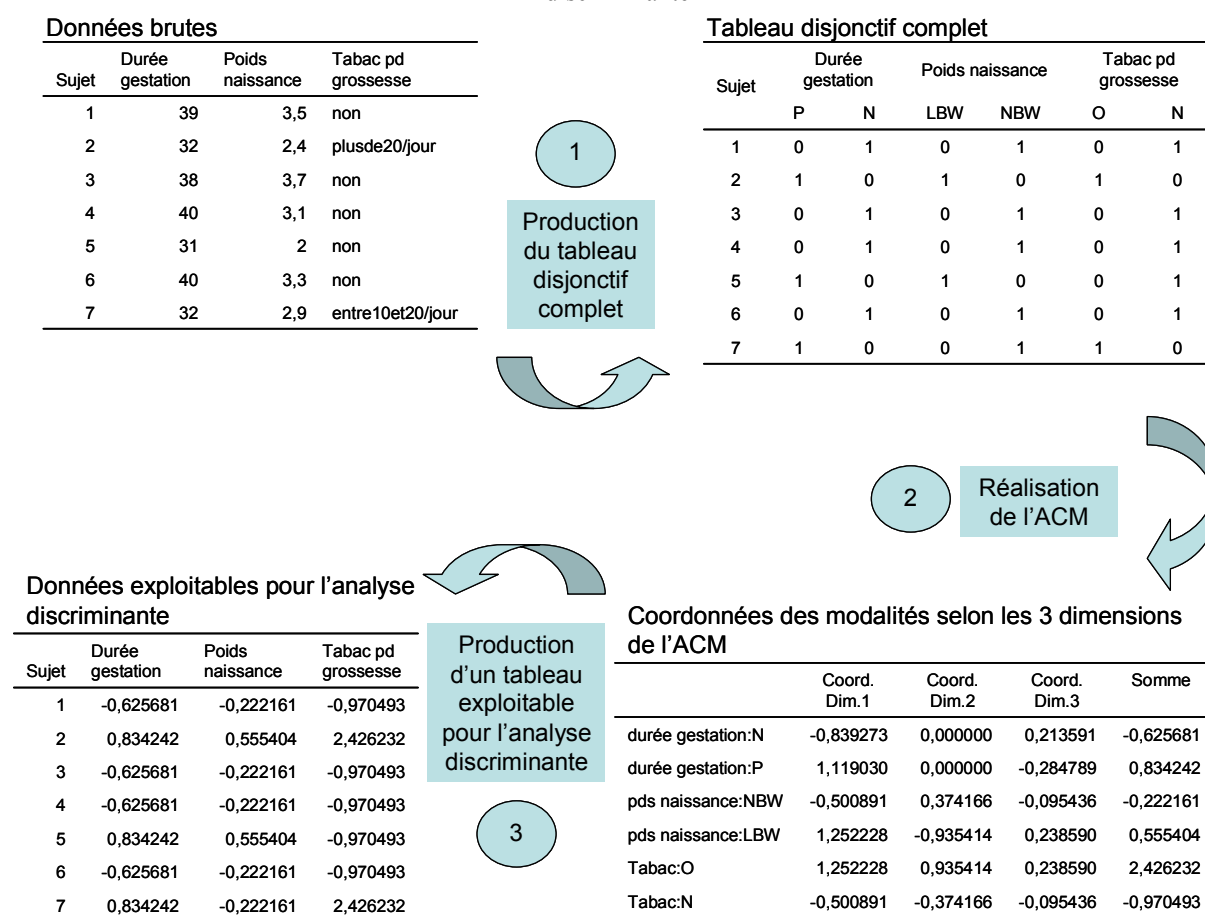
#### 4.4. Analyse multivariée

Une analyse multivariée des différents items est également envisagée. **La majorité des items donnent lieu à un recodage en un nombre restreint de modalités** (figure 19, étape 1) **explicitées dans la partie résultat. Les variables constituées sont donc des variables ordinales. L'objectif visé est d'illustrer les différents rapports pouvant exister entre les différents items du questionnaire et la qualité de l'estimation de l'âge dentaire d'un individu.**

Si l'on souhaite employer des techniques exploratoires telle qu'une analyse discriminante, il est au préalable nécessaire de « transformer les variables ordinales caractérisant tout sujet (durée de gestation, poids à la naissance, tabagisme maternel durant la grossesse ...) en données continues ». **Cette étape préliminaire est réalisée en opérant une analyse (factorielle) des correspondances multiples (ACM)** (figure 19, étape 2). L'analyse des correspondances multiples est une analyse des correspondances simple réalisée sur un tableau disjonctif complet avec des observations en ligne et des catégories de variables en colonnes et permet d'explorer la structure des variables catégorielles (ordinales) d'une base de données. L'objectif de l'analyse des correspondances multiple consiste à reproduire les distances entre les points ligne et/ou colonne d'un tableau dans un espace de moindre dimension. L'orientation des axes est arbitraire et les dimensions successives vont « expliquer » une part

de plus en plus faible de la valeur globale de l'inertie. Ce qui est important, ce sont les distances entre les points dans le plan factoriel. Cette information est importante dans la mesure où les proximités entre les points ligne indiquent des similitudes quant à la structure des fréquences relatives entre les colonnes. Ces distances représentées par les coordonnées dans l'espace respectif ne sont pas de simples distances euclidiennes calculées à partir des fréquences relatives lignes ou colonnes, mais au contraire des distances pondérées. Il faut souligner que l'analyse des correspondances est une technique exploratoire. C'est pourquoi il n'y a pas de tests de significativité statistique s'appliquant aux résultats d'une analyse des correspondances ; l'objectif principal de cette technique est de produire une représentation simplifiée (sur quelques dimensions) des informations contenues dans une table de fréquences importante (ou des tables avec des mesures similaires de correspondance). Dans sa représentation graphique 2D, chaque point représente une modalité (par exemple « LBW »). Chaque modalité est caractérisée par une coordonnée sur la première dimension, sur la deuxième dimension, ...

**Figure 19** : Illustration des différentes étapes menant du recueil des données à la réalisation d'une analyse discriminante





Il est ainsi possible de transformer le tableau disjonctif complet en remplaçant le 1 présent dans la colonne de la modalité « LBW » par la valeur de cette modalité sur la première dimension ajoutée à la valeur prise sur la deuxième dimension, ... (Figure 19, étape 3).

Nous obtenons ainsi une base de données exploitable par le biais d'une **analyse discriminante**. L'analyse discriminante est utilisée pour déterminer les variables qui permettent de discriminer deux ou plusieurs groupes se produisant naturellement. Dans notre cas, la variable de classement, celle que l'on cherche à discriminer, est la qualité de l'âge dentaire des individus (par exemple : retard d'âge dentaire ; avance d'âge dentaire, âge dentaire normal ; VM). **Il s'agit donc d'effectuer une analyse discriminante sur des variables issues du questionnaire afin de déterminer l'ensemble des items permettant la meilleure discrimination possible entre les différentes qualités d'estimation d'âge dentaire.** L'analyse discriminante est une procédure permettant d'estimer les relations entre des variables. Différentes fonctions discriminantes indépendantes (orthogonales) sont calculées. Chaque fonction discriminante successive va moins contribuer à la puissance discriminatoire globale. Le nombre maximum de fonctions qui sont estimées est soit égal au nombre de variables soit au nombre de groupes moins un, nombre qui sera toujours inférieur. Les bases de données sont réalisées sous Excel Office XP, *Microsoft Inc.* Les analyses des correspondances multiples et les analyses discriminantes sont réalisées grâce au logiciel Statistica 6.0, *Statsoft Inc.*

#### **4.5. Aspects méthodologiques concernant l'estimation du niveau socioéconomique d'un enfant**

Dans le cadre de cette étude, il n'était pas envisageable de recueillir des données exhaustives sur le niveau socioéconomique du foyer dans lequel l'enfant évolue. Ainsi, nous ne possédons pas d'information précise sur le montant des revenus professionnels perçus par les parents, ni sur celui des revenus sociaux. Nous avons donc décidé d'employer deux indices distincts afin d'évaluer le niveau socio-économique et son éventuel impact sur l'estimation de l'âge dentaire.

##### **4.5.1. Indice du niveau de vie du ménage**

L'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques) et Eurostat (organe de l'Union Européenne chargé des études statistiques) mesurent le niveau

socioéconomique d'un foyer grâce à l'indice du niveau de vie du ménage. Il est calculé de la manière suivante :

$$\text{Niveau de vie du ménage} = \frac{\text{revenus disponibles du ménage}}{\text{nombre d'unités de consommation du ménage}}$$

Avec :

- revenus disponibles = (revenus déclarés) + (prestations sociales) – (impôts directs)
- 1 unité de consommation (uc) au premier adulte, 0,5 uc aux autres adultes de 14 ans ou plus, 0,3 uc aux enfants de moins de 14 ans

**Nous utiliserons un indice du niveau de vie du ménage modifié en raison de la nature des renseignements dont nous disposons.** Ne possédant pas de données individuelles concernant les revenus sociaux ou les impôts directs, les revenus disponibles seront estimés sur la base des revenus moyens perçus en 2000 selon les catégories socioprofessionnelles et le sexe (annexe 7). Un enfant est considéré comme « pauvre » lorsque qu'il évolue dans un foyer « pauvre », c'est-à-dire un foyer dont le niveau de vie du ménage est inférieur à 50 % du niveau de vie médian national. Soit en 1999, 552 euros/mois en France. En raison de l'absence de données sur les revenus sociaux, nous avons arbitrairement abaissé ce seuil à 450 euros/mois. Nous considérerons à titre de comparaison, les enfants dont le niveau de vie du ménage est supérieur ou égal à 2000 euros/mois comme « aisés ». Par souci de clarté, nous emploierons le raccourci d'enfant « pauvre » pour caractériser un enfant évoluant dans un foyer dont l'indice du niveau de vie du ménage est inférieur à 450 euros/mois. De la même manière, le raccourci d'enfant « aisé » sera employé pour un enfant évoluant dans un foyer dont l'indice du niveau de vie du ménage est supérieur à 2000 euros/mois. Le risque de voir des ménages modestes caractérisés artificiellement comme « pauvres » par l'utilisation de l'indice du niveau de vie du ménage est tout particulier pour les familles nombreuses. C'est dans ce cas, que l'impossibilité de prendre en compte les revenus sociaux est peut-être la plus contraignante. Néanmoins, ce risque sera pondéré par le fait que les familles nombreuses sont plus que les autres touchées par la pauvreté (Dell *et al.*, 2003).

#### 4.5.2. Taux d'emploi du ménage

Un deuxième indice est également employé par l'INSEE (Dell *et al.*, 2003) et correspond au taux d'emploi du ménage. Il s'agit simplement de caractériser le foyer dans lequel évolue l'enfant par le rapport du nombre de parents exerçant une activité

professionnelle sur le nombre total de parent formant le ménage. Ce rapport crée cinq groupes, trois pour les foyers biparentaux et deux pour les foyers monoparentaux. Pour les foyers biparentaux, soit les deux parents travaillent, soit un seul des deux travaille, soit aucun des deux ne travaille. Pour les foyers monoparentaux, soit le parent vivant avec l'enfant travaille, soit il ne travaille pas. Deux de ces groupes se trouvent souvent dans des situations de précarité, qu'il est possible de rapprocher des familles caractérisées comme « pauvres » par l'indice du niveau de vie des ménages. Il s'agit du cas où les deux parents vivant avec l'enfant ne travaillent pas et de celui où le parent vivant avec l'enfant ne travaille pas.

# *Résultats*

**1. Etude de la variabilité intra-observateur (répétabilité) et de la symétrie des dents antimères**

**1.1. Variabilité intra-observateur : répétabilité**

Le tableau 2 représente pour 30 enfants tirés au hasard parmi l'échantillon du sud de la France, les fréquences d'apparition des divers stades dentaires pour les 7 dents définitives de l'hémi-mandibule gauche après codage par l'observateur Y. Chaque individu a fait l'objet d'un double codage espacé dans le temps de plusieurs jours. Cela représente 7 mesures répétées une fois et portant sur 30 individus. Le test ANOVA de Friedman par rangs est appliqué 7 fois. Une première fois à partir des données brutes issues des deux variables appariées constituées par les deux séries de codage portant sur la M<sub>2</sub>. Une deuxième fois à partir des données brutes issues des deux variables constituées par les deux séries de codage portant sur la M<sub>1</sub>. Et ainsi de suite pour la P<sub>4</sub>, la P<sub>3</sub>, la C, la I<sub>2</sub> et la I<sub>1</sub>. Pour chacun des 7 tests ANOVA de Friedman par rangs, le degré de liberté est égal à 1 (nombre de variables - 1).

**Tableau 2** : Fréquences d'apparition des différents stades dentaires pour les 7 dents définitives mandibulaires gauches codées deux fois et test ANOVA de Friedman par rangs pour ces 7 dents (n=30 ; ddl=1)<sup>1</sup>

Stades	1	2	3	4	5	6	7	8	ANOVA du Chi <sup>2</sup>	valeur p
<b>M2G</b>	0	3	6	11	4	2	3	1	0,000	1,000
<b>M2Gbis</b>	0	5	4	11	4	2	3	1		
<b>M1G</b>	0	0	0	1	6	4	13	6	0,200	0,655
<b>M1Gbis</b>	0	0	0	1	5	6	12	6		
<b>P4G</b>	0	2	7	5	8	3	4	1	1,000	0,317
<b>P4Gbis</b>	0	2	7	4	9	3	4	1		
<b>P3G</b>	0	0	3	8	8	4	5	2	0,000	1,000
<b>P3Gbis</b>	0	0	4	7	8	4	4	3		
<b>CG</b>	0	0	0	8	7	8	7	0	1,000	0,317
<b>CGbis</b>	0	0	0	9	6	8	7	0		
<b>I2G</b>	0	0	0	4	2	9	9	6	0,000	1,000
<b>I2Gbis</b>	0	0	0	3	4	8	8	7		
<b>I1G</b>	0	0	0	1	5	4	9	11	2,000	0,157
<b>I1Gbis</b>	0	0	0	1	5	4	9	11		

<sup>1</sup> CG : canine mandibulaire définitive gauche au premier codage, CGbis : canine mandibulaire définitive gauche au deuxième codage, ...

**Sur les 7 tests ANOVA de Friedman par rangs réalisés, aucun ne révèle de différence significative au niveau des stades de maturation entre les deux codages, ce qui permet de valider la répétabilité de la méthode de codage de Demirjian *et al.* (1973).**

### 1.2. Symétrie des dents antimères

Le tableau 3 représente pour les mêmes 30 enfants utilisés dans le test de répétabilité, les fréquences d'apparition des divers stades dentaires pour les 7 dents définitives des hémimandibules gauche et droite après codage par l'observateur Y. Le test ANOVA de Friedman par rangs est appliqué 7 fois, pour les 7 couples de dents antimères. Une première fois à partir des données brutes issues des deux variables appariées constituées par le codage de la M<sub>2</sub>G et par celui de la M<sub>2</sub>D. Une deuxième fois à partir des données brutes issues des deux variables constituées par le codage de la M<sub>1</sub>G et par celui de la M<sub>1</sub>D. Et ainsi de suite pour les P<sub>4</sub>, les P<sub>3</sub>, les C, les I<sub>2</sub> et les I<sub>1</sub>. Le degré de liberté est égal à 1 dans chacun des 7 tests (nombre de variables - 1).

**Tableau 3** : Fréquences d'apparition des différents stades dentaires pour les 14 dents définitives mandibulaires et test ANOVA de Friedman par rangs pour les 7 couples de dents antimères (n=30 ; ddl=1)<sup>1</sup>

Stades	1	2	3	4	5	6	7	8	ANOVA du Chi <sup>2</sup>	valeur p
<b>M2D</b>	0	3	6	11	4	2	4	0	1,000	0,317
<b>M2G</b>	0	3	6	11	4	2	3	1		
<b>M1D</b>	0	0	0	1	5	5	14	5	0,000	1,000
<b>M1G</b>	0	0	0	1	6	4	13	6		
<b>P4D</b>	0	2	7	4	7	5	4	1	3,000	0,083
<b>P4G</b>	0	2	7	5	8	3	4	1		
<b>P3D</b>	0	0	3	8	8	5	5	1	2,000	0,157
<b>P3G</b>	0	0	3	8	8	4	5	2		
<b>CD</b>	0	0	0	8	8	7	7	0	1,000	0,317
<b>CG</b>	0	0	0	8	7	8	7	0		
<b>I2D</b>	0	0	0	4	2	9	9	6	0,000	1,000
<b>I2G</b>	0	0	0	4	2	9	9	6		
<b>I1D</b>	0	0	0	1	5	4	9	11	0,000	1,000
<b>I1G</b>	0	0	0	1	5	4	9	11		

<sup>1</sup> I1G : incisive centrale mandibulaire définitive gauche, M1D : première molaire mandibulaire définitive droite, ...

Sur les sept tests ANOVA de Friedman par rangs réalisés, aucun ne révèle de différence significative au niveau des stades de maturation entre les dents mandibulaires définitives droites et gauches. **L'hypothèse de symétrie dans la maturation macrostructurale des dents définitives est confirmée.** De ce fait, il sera possible de se concentrer uniquement sur les dents mandibulaires définitives gauches, conformément à la méthode de codage de Demirjian *et al.* (1973).

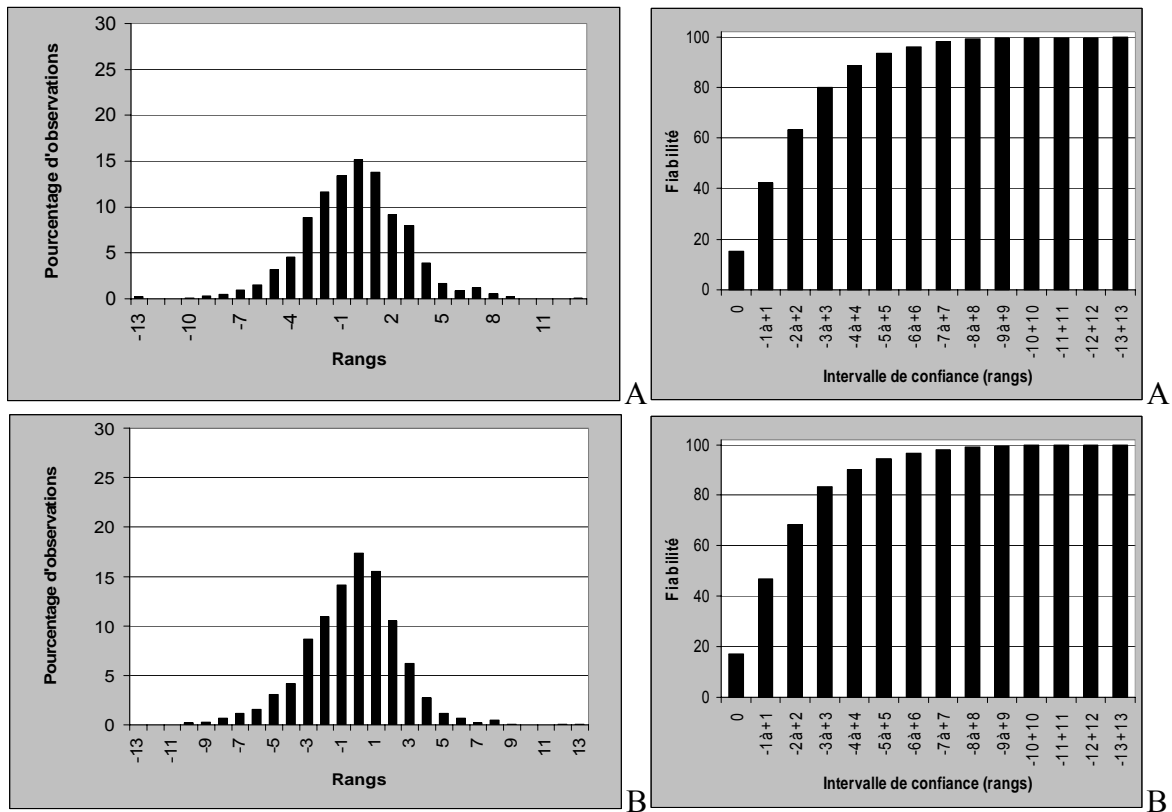
## **2. Comparaison des approches Bayes Dépendant et Bayes Indépendant**

Nous avons vu (*cf.* Méthodes p87-92) que les approches Bayes Dépendant et Bayes Indépendant comportent chacune certains avantages et certains inconvénients. **En fonction de nos objectifs, nous avons choisi d'étudier les éventuels influences de facteurs biologiques et socioéconomiques sur l'estimation de l'âge dentaire en utilisant l'approche Bayes Dépendant. Ce choix est motivé par le plus grand respect de la part de l'approche Bayes Dépendant de la variabilité et de l'originalité des séquences de minéralisation dentaire.** Le principal inconvénient de cette approche réside dans l'impossibilité de produire une estimation d'âge dentaire pour tout individu présentant une séquence de minéralisation orpheline (*i.e.* non représentée dans le référentiel). **Néanmoins, cette absence d'estimation d'âge dentaire est une information en soi.**

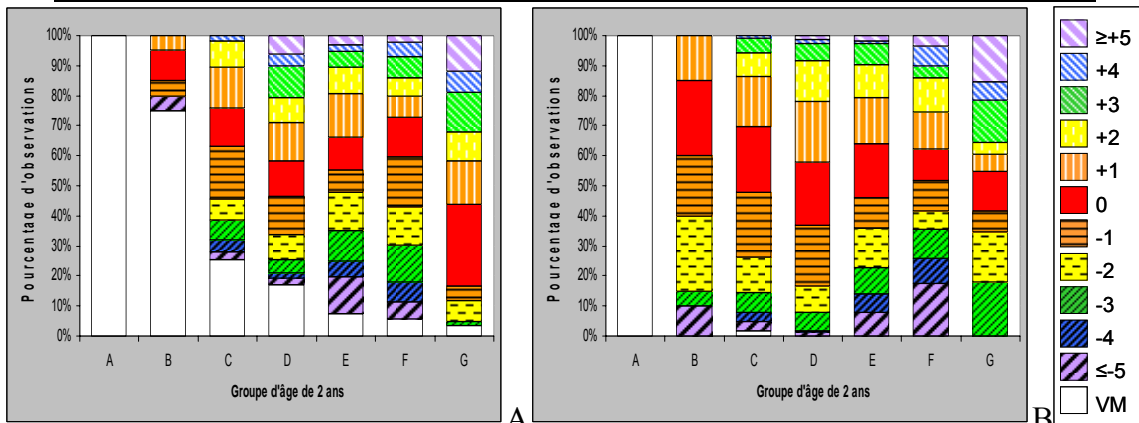
Le but de cette comparaison entre les deux approches (dans les deux cas nous utilisons des probabilités *a priori* uniformes) est d'apprécier la différence de qualité des résultats produits, notamment en présence d'échantillons d'effectifs réduits.

### **2.1. Exemple des 1036 filles de l'échantillon total (planche 1)**

Les 1036 filles issues des échantillons du sud de la France, d'Iran et de Côte d'Ivoire sont réunies au sein d'un unique référentiel. Leur âge dentaire est estimé grâce à la technique du *Jackknife resampling* selon l'approche Bayes Dépendant et selon l'approche Bayes Indépendant. La planche 1 représente les principaux résultats issus de la comparaison des deux distributions de rangs obtenues pour les filles en fonction de l'approche appliquée.



	A	B
Effectif échantillon test avec estimation âge dentaire	1036	1036
% réponse	87,2	99,7
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	78 (95,8%)	78 (96,7%)
Performance (% de rangs 0)	15,2	17,3
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,20
Kurtosis	0,11	0,84
Asymétrie	0,18	0,07
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,71
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,00



$n_A=1$  ;  $n_B = 20$  ;  $n_C = 125$  ;  $n_D = 271$  ;  $n_E = 318$  ;  $n_F = 217$  ;  $n_G = 84$

**Planche 1** : Comparaison des estimations d'âges dentaires des 1036 filles de l'échantillon total selon l'approche Bayes Dépendant (A) et l'approche Bayes Indépendant (B)

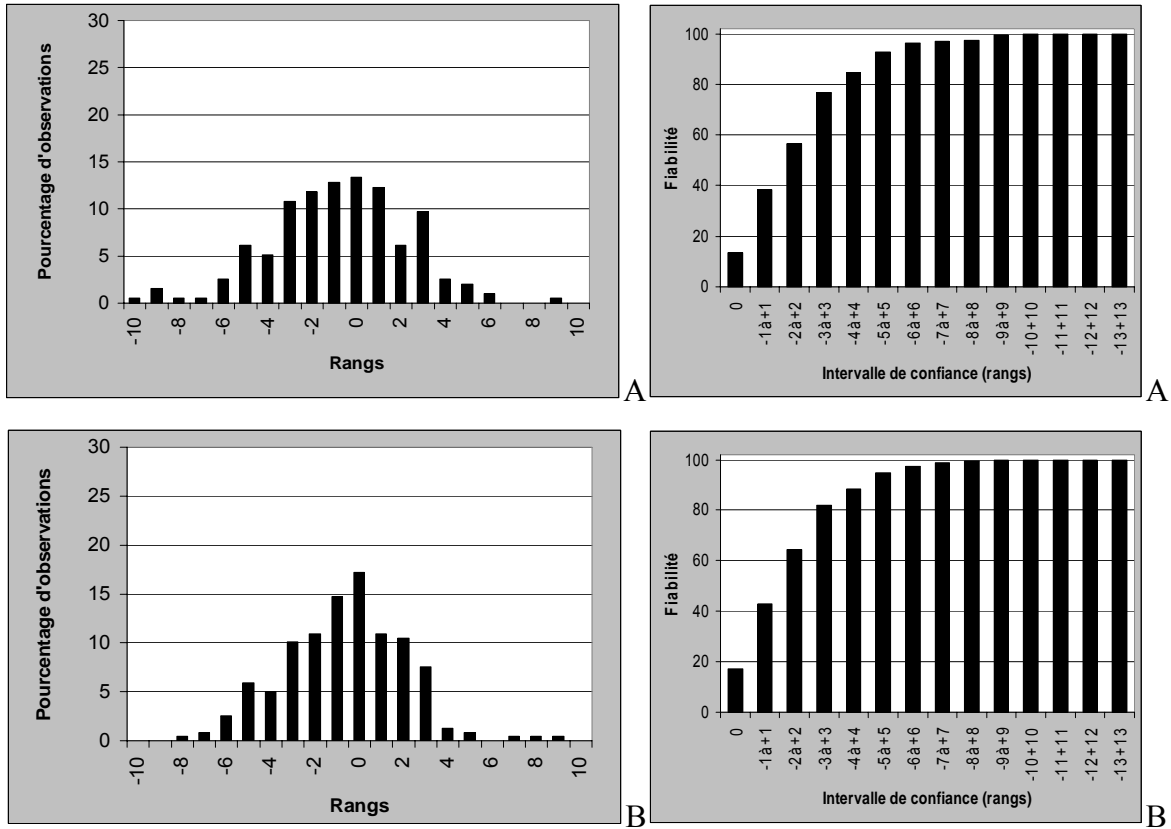


Le **taux de réponse** obtenu avec l'approche Bayes Indépendant (BI) est significativement plus élevé que celui de l'approche Bayes Dépendant (BD) ( $p < 0,009$ ). Cette différence s'explique par la présence de 133 filles possédant des séquences de minéralisation dentaire orphelines, soit 12,8% de l'échantillon. **Les intervalles de confiance associés à une fiabilité d'au moins 95%** sont les mêmes pour les deux approches, à savoir 78 mois. Rappelons que si l'on souhaite comparer ces intervalles de confiance avec ceux obtenus lors de l'application de méthodes basées sur la technique de régression (méthodes dites paramétriques), un intervalle de confiance de 78 mois associé à une fiabilité de 95% correspond à une erreur standard des estimations (SEE) de 19,5 mois (soit  $78/4$ ). La **performance** est meilleure avec l'approche BI, mais cette différence n'est pas significative ( $p = 0,20$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec l'approche BI est plus « pointue » que celle obtenue avec l'approche BD. Aucune des deux distributions ne présente significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs, ou l'inverse ( $p = 0,18$  et  $p = 0,07$ ). La différence de ce rapport entre les rangs négatifs et les rangs positifs n'est pas significative entre les deux distributions ( $p = 0,71$ ). Les deux distributions prises dans leur ensemble sont significativement différentes l'une de l'autre ( $p < 0,009$ ).

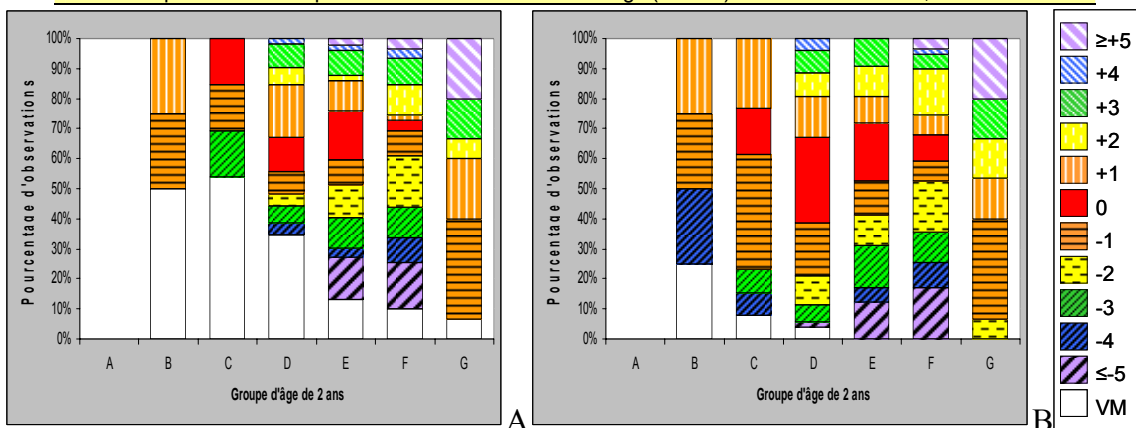
De 4 à 14 ans (B, C, D, E, F), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux approches ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. De 14 à 16 ans (G), les filles dont l'âge dentaire est estimé avec l'approche BD présentent une distribution possédant une majorité de rangs positifs au contraire de celle des filles dont l'âge dentaire est estimé avec l'approche BI pour lesquelles on observe autant de rangs négatifs que positifs ( $p < 0,009$ ). Notons que l'approche BI présente significativement plus de rangs 0 que l'approche BD pour les filles âgées de 8 à 12 ans, tandis que l'approche BD présente significativement plus de rangs 0 entre 14 et 16 ans.

## 2.2. Exemple des 246 filles européennes (planche 2)

Un référentiel est formé à partir des 246 filles recrutées dans le sud de la France et dont les quatre grands parents sont d'origine européenne. Leur âge dentaire est estimé grâce à la technique du *Jackknife resampling* selon l'approche Bayes Dépendant et selon l'approche Bayes Indépendant. La planche 2 représente les principaux résultats issus de la comparaison des deux distributions de rangs obtenues pour les filles en fonction de l'approche appliquée.



	A	B
Effectif échantillon test avec estimation âge dentaire	242	242
% réponse	80,6	98,3
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	78 (95,8%)	66 (95,0%)
Performance (% de rangs 0)	13,3	17,2
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,27
Kurtosis	-1,22	-0,69
Asymétrie	0,06	0,03
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,91
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,74



$n_A=0$  ;  $n_B=4$  ;  $n_C=13$  ;  $n_D=52$  ;  $n_E=99$  ;  $n_F=59$  ;  $n_G=15$

**Planche 2** : Comparaison des estimations d'âges dentaires des 242 filles européennes selon l'approche Bayes Dépendant (A) et l'approche Bayes Indépendant (B)

Le **taux de réponse** obtenu avec l'approche BI est significativement plus élevé que celui de l'approche BD ( $p < 0,009$ ). Cette différence s'explique par la présence de 47 filles possédant des séquences de minéralisation dentaire orphelines, soit 19,4% de l'échantillon. **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité d'au moins 95%** est plus resserré avec l'approche BI qu'avec l'approche BD. Néanmoins, cette différence n'est pas significative puisque les proportions de sujets entre les intervalles de confiance -5 à +5 et -6 à +6 ne sont pas significativement différentes selon l'approche appliquée. La **performance** est meilleure avec l'approche BI, mais cette différence n'est pas significative ( $p = 0,27$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec l'approche BI est moins « aplatie » que celle obtenue avec l'approche BD. La distribution obtenue avec l'approche BI présente significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p = 0,03$ ), au contraire de celle obtenue avec l'approche BD qui ne présente pas de différence significative dans la proportion de rangs négatifs et positifs ( $p = 0,06$ ). Néanmoins, la différence de ce rapport entre les rangs négatifs et les rangs positifs n'est pas significative entre les deux distributions ( $p = 0,91$ ). Les deux distributions prises dans leur ensemble ne sont pas significativement différentes l'une de l'autre ( $p = 0,74$ ).

De 4 à 16 ans (B, C, D, E, F), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux approches ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Notons que l'approche BI présente significativement plus de rangs 0 que l'approche BD pour les filles âgées de 8 à 10 ans.

### 2.3. Bilan

Pour les 1036 filles de l'échantillon total, l'approche BI est significativement plus performante que l'approche BD uniquement dans le taux de réponse et dans l'allure générale de la distribution (kurtosis et différence significative entre les deux distributions considérées dans leur ensemble). Lorsque l'on traite des échantillons de plus petite taille, ici à travers l'exemple des 256 filles européennes, on retrouve les mêmes différences que pour l'échantillon féminin total, à savoir un meilleur taux de réponse et une meilleure allure de la distribution (kurtosis) avec l'approche BI. Néanmoins, dans ces deux cas, les distributions ne présentent pas de différence significative que ce soit dans leur ensemble, ou en terme de proportion de rangs négatifs et positifs.

**Si ces résultats démontrent que l'approche Bayes Indépendant produit des estimations d'âge dentaire de meilleure qualité que l'approche Bayes Dépendant, ces résultats ne diffèrent finalement qu'assez peu entre les deux approches.** Ces différences de performance ne nous semblent pas suffisamment importantes pour remettre en cause notre choix d'étudier l'influence de différents facteurs biologiques et socioéconomiques sur l'estimation de l'âge dentaire à partir de l'approche Bayes Dépendant.

### **3. Influence du sexe sur la qualité de l'estimation de l'âge dentaire**

La prise en compte de l'information constituée par le sexe des individus a-t-elle une influence sur l'estimation de l'âge dentaire avec l'approche Bayes Dépendant ?

Il est possible de répondre à cette question par deux approches différentes.

#### **3.1. Première approche**

Dans un premier temps, un référentiel est constitué par l'ensemble des 384 enfants iraniens, des 261 enfants ivoiriens et des 456 enfants d'origine européenne sans distinction de sexe (référentiel « unisexe »). Un échantillon test est constitué à partir des 407 enfants recrutés dans le sud de la France n'ayant pas leur quatre grands parents d'origine européenne et des 276 enfants sans questionnaire recrutés dans le sud de la France. L'âge dentaire des enfants de l'échantillon test est estimé à partir de ce référentiel selon l'approche Bayes Dépendant.

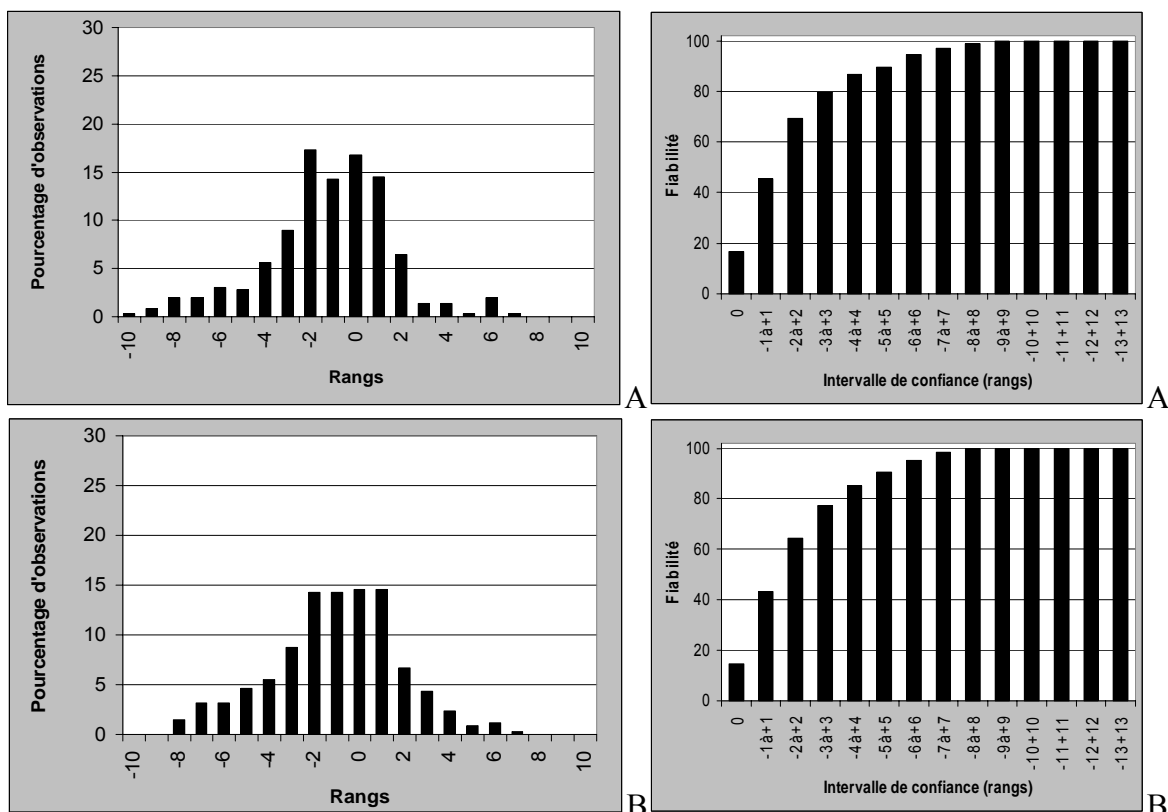
Dans un second temps, deux échantillons de référence sont créés à partir des enfants du premier référentiel, mais en tenant compte cette fois-ci du sexe des individus. L'échantillon de référence féminin se compose de 645 filles et l'échantillon de référence masculin est constitué par 456 garçons. L'âge dentaire des filles de l'échantillon test est estimé à partir de l'échantillon de référence féminin avec l'approche Bayes Dépendant. L'âge dentaire des garçons de l'échantillon test est estimé à partir de l'échantillon de référence masculin avec l'approche Bayes Dépendant.

Les résultats obtenus pour les filles, selon que le référentiel tienne compte du sexe ou pas, sont comparés entre eux (planche 3). La même comparaison est réalisée pour les garçons (planche 4).

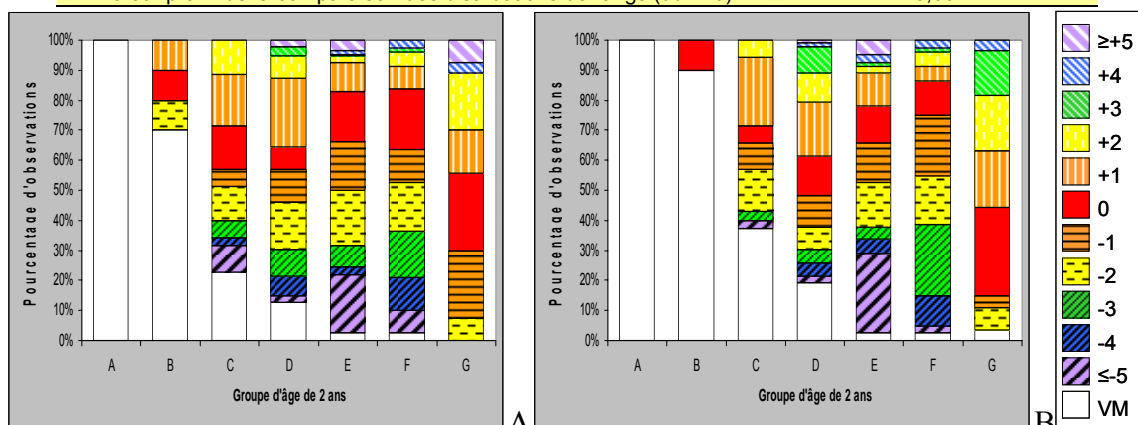
### 3.1.1. Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles selon les référentiels « unisexe » (A) et féminin (B) (planche 3)

Le **taux de réponse** obtenu pour les filles lorsque leur âge dentaire est estimé avec le référentiel « unisexe » est meilleur qu'avec le référentiel féminin. Néanmoins, cette différence n'est pas significative ( $p=0,10$ ). L'**intervalle de confiance pour une fiabilité d'au moins 95%** est plus resserré avec le référentiel féminin (78 mois) qu'avec le référentiel « unisexe » (90 mois). Cette différence n'est toutefois pas significative puisque les proportions de sujets correspondant aux intervalles de confiance -6 à +6 et -7 à +7 ne sont pas significativement différentes selon le référentiel choisi. La **performance** de la méthode est meilleure avec le référentiel « unisexe », mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,42$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel unisexe est plus « pointue » que celle obtenue avec le référentiel féminin. Les deux distributions sont asymétriques par rapport au rang 0, présentant chacune significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs. La différence de ce rapport entre les rangs négatifs et les rangs positifs n'est pas significative entre les deux distributions ( $p=0,32$ ). Les deux distributions prises dans leur ensemble ne sont pas significativement différentes l'une de l'autre ( $p=0,60$ ).

Sur 11 filles âgées de moins de 6 ans (A, B), trois présentent une estimation de leur âge dentaire avec le référentiel « unisexe », et seulement un avec le référentiel féminin. De 6 à 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux référentiels ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans.



	A	B
Effectif échantillon test	392	392
% réponse	91,3	87,8
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (96,9%)	78 (95,1%)
Performance (% de rangs 0)	16,8	14,5
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,42
Kurtosis	0,11	-0,93
Asymétrie	0,00	0,00
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,32
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,60



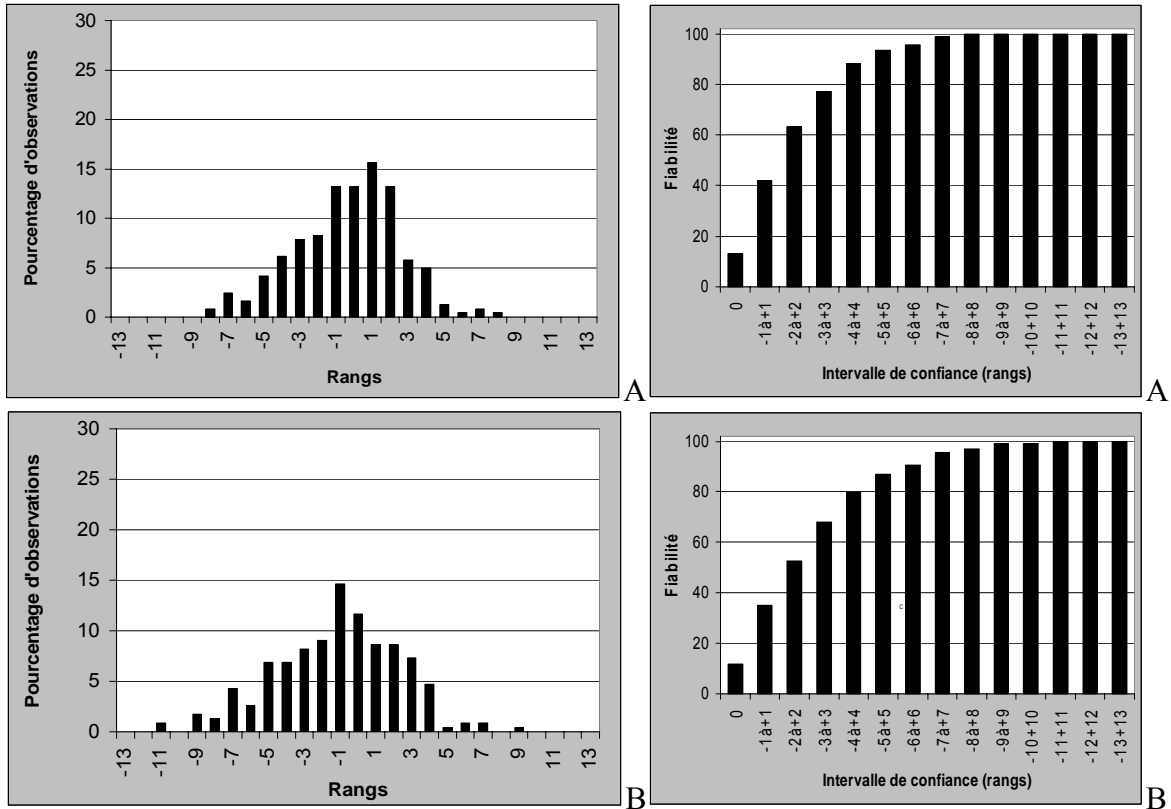
( $n_A=1, n_B=10, n_C=35, n_D=93, n_E=146, n_F=80, n_G=27$ )

Planche 3 : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles selon les référentiels « unisexe » (A) et féminin (B)

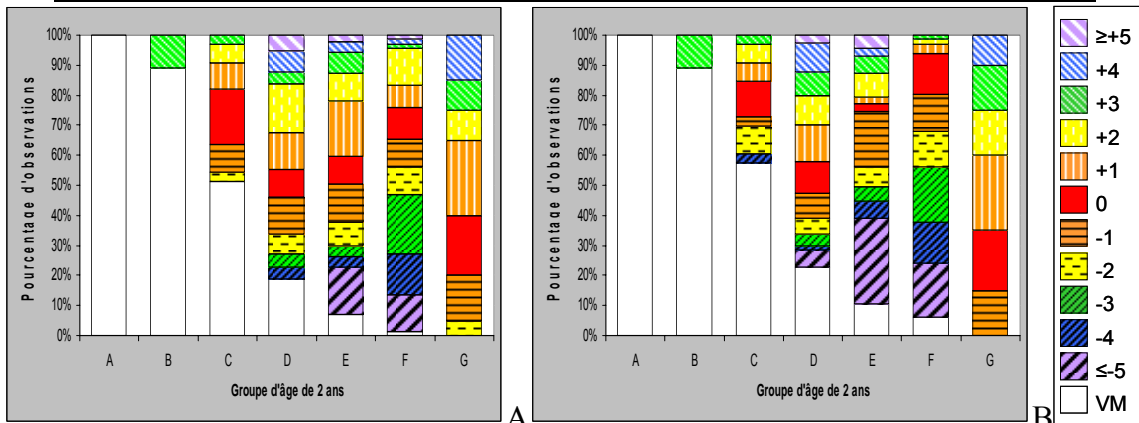
### 3.1.2. Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons selon les référentiels « unisexe » (A) et masculin (B) (planche 4)

Le **taux de réponse** obtenu pour les garçons lorsque leur âge dentaire est estimé avec le référentiel « unisexe » est meilleur qu'avec le référentiel masculin. Néanmoins, cette différence n'est pas significative ( $p=0,24$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité d'au moins 95%** est plus resserré avec le référentiel « unisexe » (78 mois) qu'avec le référentiel masculin (90 mois). Cette différence est significative puisque avec le référentiel « unisexe », il y a une proportion d'enfant significativement plus importante pour les intervalles de confiance -6 à +6 et -7 à +7 qu'avec le référentiel masculin. La **performance** de la méthode est meilleure avec le référentiel « unisexe », mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,61$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel unisexe est plus « aplatie » que celle obtenue avec le référentiel masculin. Avec le référentiel « unisexe », la distribution ne présente pas significativement plus de rangs négatifs que positifs ( $p=0,81$ ), au contraire de celle obtenue avec le référentiel masculin qui présente une asymétrie par rapport au rang 0, avec une majorité de rangs négatifs ( $p<0,009$ ). La différence de ce rapport entre les rangs négatifs et les rangs positifs est significative entre les deux distributions ( $p=0,01$ ), le référentiel masculin présentant plus de rangs négatifs que le référentiel « unisexe ». Les deux distributions prises dans leur ensemble ne sont pas significativement différentes l'une de l'autre ( $p=0,14$ ).

Sur les 11 garçons de moins de 6 ans (A, B), seulement un possède une estimation de son âge dentaire, et ce, avec les deux référentiels. Entre 6 et 10 ans (C, D), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon les deux référentiels ne sont pas significativement différentes. Entre 10 et 14 ans (E, F), les garçons dont l'âge dentaire est estimé selon le référentiel masculin présentent une proportion de rangs négatifs significativement plus importante que celle des garçons dont l'âge dentaire est estimé selon le référentiel « unisexe » ( $p<0,009$  et  $p=0,013$ ). La différence significative observée ci-dessus pour les proportions de rangs négatifs et positifs se répercute donc principalement entre 10 et 14 ans. Entre 14 et 16 ans (G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon les deux référentiels ne sont significativement différentes.



	A	B
Effectif échantillon test	291	291
% réponse	83,5	79,7
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	78 (95,5%)	90 (95,7%)
Performance (% de rangs 0)	13,2	11,6
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,61
Kurtosis	-0,94	-0,44
Asymétrie	0,81	0,00
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,01
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,14



( $n_A=2, n_B=9, n_C=33, n_D=74, n_E=87, n_F=66, n_G=20$ )

**Planche 4** : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons selon les référentiels « unisexe » (A) et masculin (B)



### 3.2. Deuxième approche

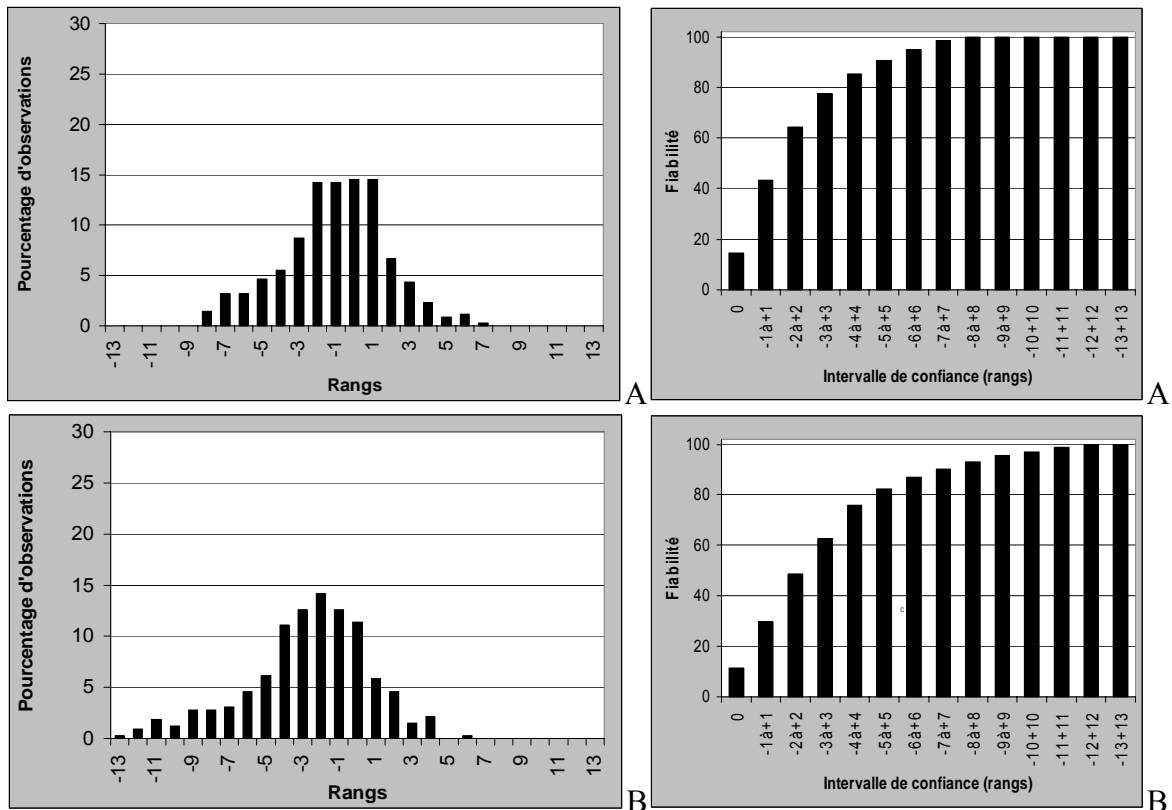
En fonction du sexe des sujets, deux échantillons de référence sont créés à partir des 384 enfants iraniens, des 261 enfants ivoiriens et des 456 enfants d'origine européenne. L'échantillon de référence féminin se compose de 645 filles et l'échantillon de référence masculin est constitué par 456 garçons. L'âge dentaire des filles de l'échantillon test est estimé à partir de l'échantillon de référence féminin avec l'approche BD. L'âge dentaire des garçons de l'échantillon test est estimé à partir de l'échantillon de référence masculin avec l'approche BD. Puis, **une inversion de référentiel est opérée** : l'âge dentaire des filles est estimé avec le référentiel masculin et celui des garçons est estimé avec le référentiel féminin. Les résultats obtenus selon le référentiel employé sont comparés entre eux pour les filles d'une part (planche 5), et pour les garçons d'autre part (planche 6).

#### 3.2.1. Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles selon les référentiels féminin (A) et masculin (B) (planche 5)

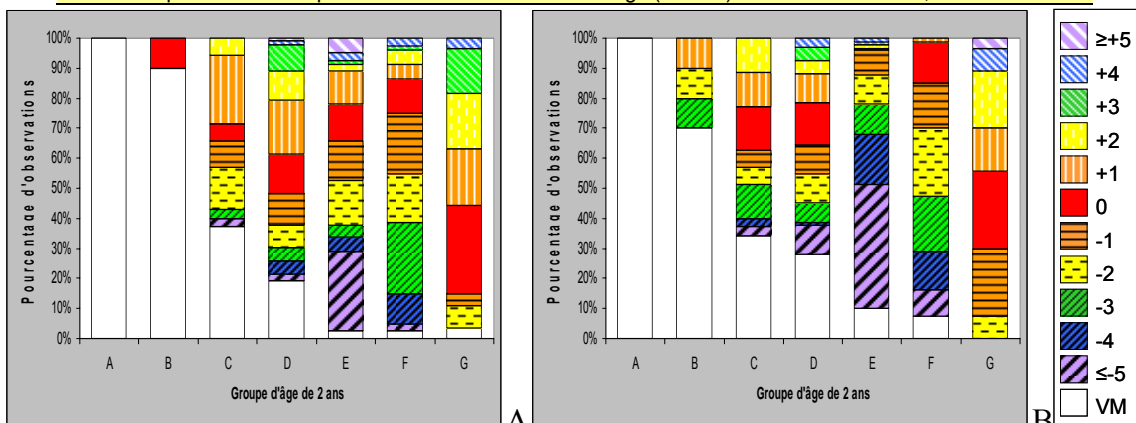
Le **taux de réponse** obtenu pour les filles lorsque leur âge dentaire est estimé avec le référentiel féminin est meilleur qu'avec le référentiel masculin. Néanmoins, cette différence n'est pas significative ( $p=0,055$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité d'au moins 95%** est plus resserré avec le référentiel féminin (90 mois) qu'avec le référentiel masculin (114 mois). Cette différence est significative puisque avec le référentiel féminin, il y a une proportion d'enfant significativement plus importante pour les intervalles de confiance -6 à +6, -7 à +7, -8 à +8 et -9 à +9 qu'avec le référentiel masculin. La **performance** de la méthode est meilleure avec le référentiel féminin, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,23$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel masculin est plus « pointue » que celle obtenue avec le référentiel féminin. Les deux distributions présentent significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p<0,009$ ). La différence de ce rapport entre les rangs négatifs et les rangs positifs est significative entre les deux distributions ( $p<0,009$ ), le référentiel masculin présentant significativement plus de rangs négatifs que le référentiel féminin. Les deux distributions prises dans leur ensemble sont significativement différentes l'une de l'autre ( $p<0,009$ ), la distribution obtenue avec le référentiel masculin étant plus fortement décalée vers les rangs négatifs. **Les filles présentent un plus grand nombre d'avance dans leur âge dentaire lorsque celui-ci est estimé avec le référentiel masculin.**

Sur 11 filles âgées de moins de 6 ans (A, B), seulement une fille présente une estimation de son âge dentaire avec le référentiel féminin, contre trois avec le référentiel masculin. Entre 6

et 8 ans (C), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon les deux référentiels ne sont pas significativement différentes. Entre 8 et 14 ans (D, E, F), la distribution de rangs obtenue avec le référentiel masculin présente une proportion de rangs négatifs significativement plus importante que celle des filles dont l'âge dentaire est estimé selon le référentiel féminin ( $p=0,03$ ,  $p<0,009$  et  $p=0,01$ ). Entre 14 et 16 ans (G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon les deux référentiels ne sont pas significativement différentes. La différence de proportion entre les rangs positifs et négatifs se fait donc principalement entre 8 et 14 ans. Notons qu'avec le référentiel masculin, les groupes d'âge B et E ne présentent pas de rangs 0.



	A	B
Effectif échantillon test	392	392
% réponse	87,8	82,9
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (95,1%)	114 (95,7%)
Performance (% de rangs 0)	14,5	11,4
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,23
Kurtosis	-0,93	0,15
Asymétrie	0,00	0,00
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,00
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,00



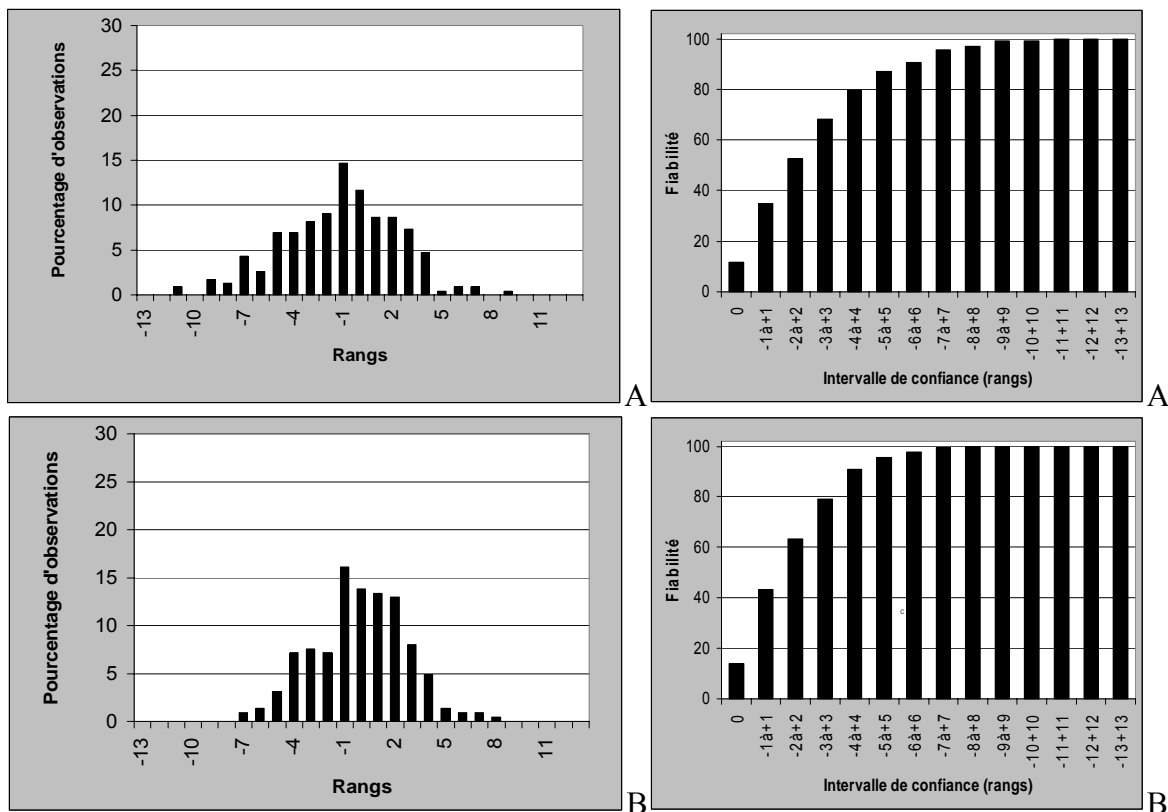
( $n_A=1$ ,  $n_B=10$ ,  $n_C=35$ ,  $n_D=93$ ,  $n_E=146$ ,  $n_F=80$ ,  $n_G=27$ )

Planche 5 : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles selon les référentiels féminin (A) et masculin (B)

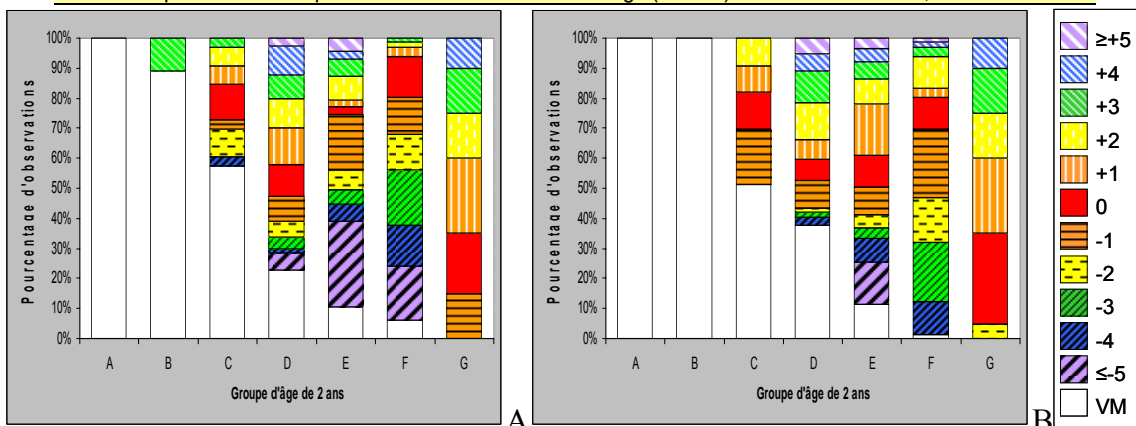
### 3.2.2. Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons selon les référentiels masculin (A) et féminin (B) (planche 6)

Le **taux de réponse** obtenu pour les garçons lorsque leur âge dentaire est estimé avec le référentiel masculin est meilleur qu'avec le référentiel féminin. Néanmoins, cette différence n'est pas significative ( $p=0,42$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité d'au moins 95%** est plus resserré avec le référentiel féminin (66 mois) qu'avec le référentiel masculin (90 mois). Cette différence est significative puisque avec le référentiel féminin, il y a une proportion d'enfant significativement plus importante pour les intervalles de confiance -5 à +5, -6 à +6 et -7 à +7 qu'avec le référentiel masculin. La **performance** de la méthode est meilleure avec le référentiel féminin, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,48$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel féminin est plus « aplatie » que celle obtenue avec le référentiel masculin. Avec le référentiel masculin, la distribution présente significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p<0,009$ ). Avec le référentiel féminin, la distribution ne présente pas significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p=0,96$ ). La distribution obtenue avec le référentiel féminin présente significativement plus de rangs positifs que celle obtenue avec le référentiel masculin ( $p=0,01$ ). **Les garçons présentent un plus grand nombre de retard dans leur âge dentaire lorsque celui-ci est estimé avec le référentiel féminin.** Sur l'ensemble, les deux distributions sont significativement différentes ( $p=0,02$ ).

Sur les 11 garçons de moins de 6 ans (A, B), seulement un possède une estimation de son âge dentaire et uniquement avec le référentiel masculin. Entre 6 et 10 ans (C, D), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon les deux référentiels ne sont pas significativement différentes. Entre 10 et 14 ans (E, F), les garçons dont l'âge dentaire est estimé selon le référentiel masculin présentent une proportion de rangs négatifs significativement plus importante que celle des garçons dont l'âge dentaire est estimé selon le référentiel féminin ( $p=0,03$  et  $p=0,04$ ). La différence significative observée ci-dessus pour les proportions de rangs négatifs et positifs se répercute donc principalement entre 10 et 14 ans. Entre 14 et 16 ans (G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon les deux référentiels ne sont pas significativement différentes.



	A	B
Effectif échantillon test	291	291
% réponse	79,7	77,0
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (95,7%)	66 (95,5%)
Performance (% de rangs 0)	11,6	13,8
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,48
Kurtosis	-0,44	-1,02
Asymétrie	0,00	0,96
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,01
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,02



( $n_A=2, n_B=9, n_C=33, n_D=74, n_E=87, n_F=66, n_G=20$ )

**Planche 6** : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons selon les référentiels masculin (A) et féminin (B)

### 3.3. Bilan

Les différences observées pour les filles ou pour les garçons dans les comparaisons des distributions obtenues selon l'utilisation d'un référentiel tenant compte du sexe ou du référentiel « unisexe » ne sont que très rarement significatives. Les seules exceptions concernent les garçons. Il s'agit des intervalles de confiance qui sont plus réduits avec le référentiel « unisexe », et de la distribution selon le référentiel masculin qui présente significativement plus de rangs négatifs que positifs, contrairement à la distribution obtenue avec le référentiel « unisexe ». **Les différences observées entre les âges dentaires estimés avec l'approche Bayes Dépendant, selon un référentiel tenant compte du sexe des enfants et ceux estimés selon un référentiel « unisexe », apparaissent comme non significatives.** Par contre, les âges dentaires estimés avec des inversions de standard au niveau du sexe sont différents de ceux estimés avec un référentiel adapté au sexe des enfants. En effet, **lorsque l'âge dentaire des filles est estimé non pas à partir du référentiel féminin, mais à partir du référentiel masculin, ces dernières présentent un plus grand nombre d'avances d'âge dentaire. Au contraire, quand l'âge dentaire des garçons est estimé avec un référentiel non pas masculin, mais féminin, ces derniers présentent un plus grand nombre de retards d'âge dentaire.**

## 4. Traitement médical

Le fait d'avoir suivi un traitement médical prolongé a-t-il une influence sur l'estimation de l'âge dentaire de ces enfants avec l'approche Bayes Dépendant ?

Au cours de cette étude, le questionnaire a permis de relever des informations sur d'éventuels traitements médicaux suivis par les enfants. Notre attention s'est portée sur les traitements à base d'antibiotiques (79 enfants), d'antibiotiques et de corticoïdes (20 enfants) ou de corticoïdes (19 enfants) sur des périodes supérieures à 15 jours.

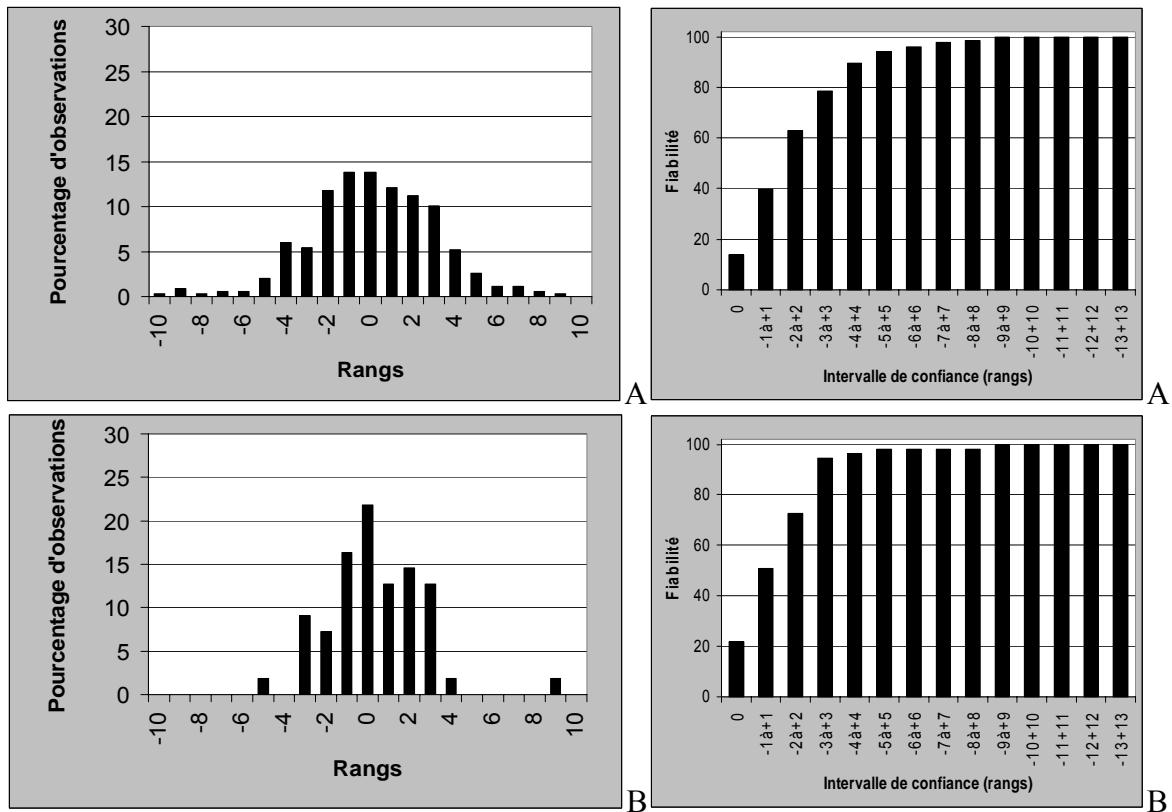
Deux échantillons de référence sont constitués à partir des 409 filles et des 314 garçons n'ayant pas suivi de traitements médicaux de ce type. La technique du *Jackknife resampling*

est appliquée sur le référentiel féminin, d'une part, et sur le référentiel masculin, d'autre part. Nous obtenons ainsi une estimation de l'âge dentaire, selon l'approche Bayes Dépendant, des 723 enfants n'ayant pas suivi de traitement médicaux prolongés. Puis à partir de ces deux échantillons de référence, l'âge dentaire des filles et des garçons ayant suivi un traitement médical prolongé (62 filles et 56 garçons) est estimé selon l'approche Bayes Dépendant. Les distributions obtenues selon la prise d'un tel traitement ou non, sont comparées pour les filles (planche 7) et les garçons (planche 8).

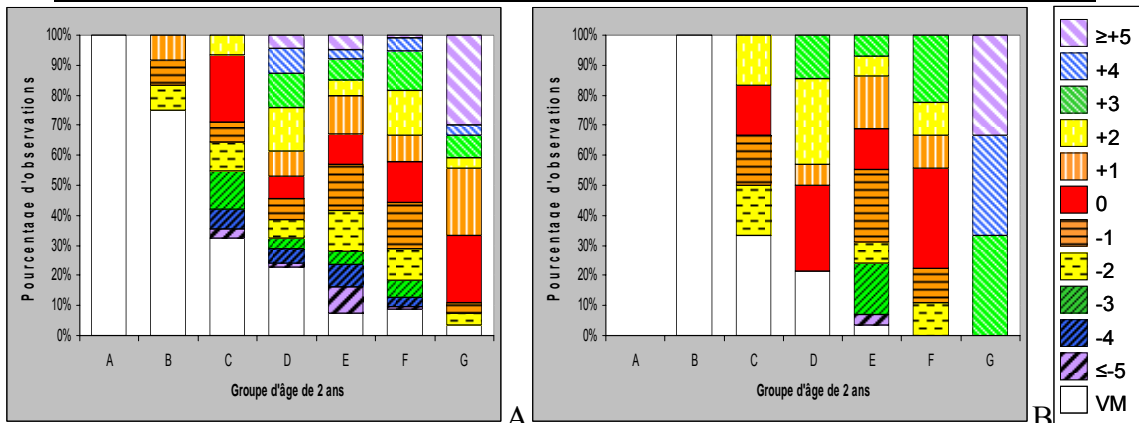
#### 4.1. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles n'ayant pas suivi de traitement médical (A) à celles des filles en ayant suivi (B) (planche 7)

On obtient un meilleur **taux de réponse** avec les filles ayant suivi un traitement médical prolongé, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,42$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité d'au moins 95%** est plus resserré pour les filles ayant suivi un traitement médical prolongé. Néanmoins, lorsque l'on compare les effectifs associés aux différents intervalles de confiance de même grandeur, il n'y a pas significativement plus de filles traitées que de non traitées pour les intervalles -4 à +4, -5 à +5 et -6 à +6. On constate une meilleure **performance** pour les filles ayant suivi un traitement médical prolongé, mais cette différence de performance n'est pas significative ( $p=0,12$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les filles non traitées est plus « aplatie » que celle obtenue avec les filles traitées. Que ce soit pour les filles traitées ou les filles non traitées, il n'y a pas de différence significative dans la **proportion des rangs négatifs et positifs** ( $p=0,71$  et  $p=0,59$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,60$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,41$ ).

Sur les 13 filles non traitées de moins de 6 ans (A, B), trois présentent une estimation de leur âge dentaire. La seule fille traitée de moins de 6 ans (B) ne présente pas d'estimation de son âge dentaire. Entre 6 et 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans.



	A	B
Effectif échantillon test	409	62
% réponse	84,8	88,7
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	78 (96,0%)	54 (96,4%)
Performance (% de rangs 0)	13,8	21,8
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,12
Kurtosis	-1,12	-0,10
Asymétrie	0,71	0,59
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,60
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,41



( $n_A=1, n_B=12, n_C=31, n_D=96, n_E=149, n_F=93, n_G=27$ ) ( $n_A=0, n_B=1, n_C=6, n_D=14, n_E=29, n_F=9, n_G=3$ )

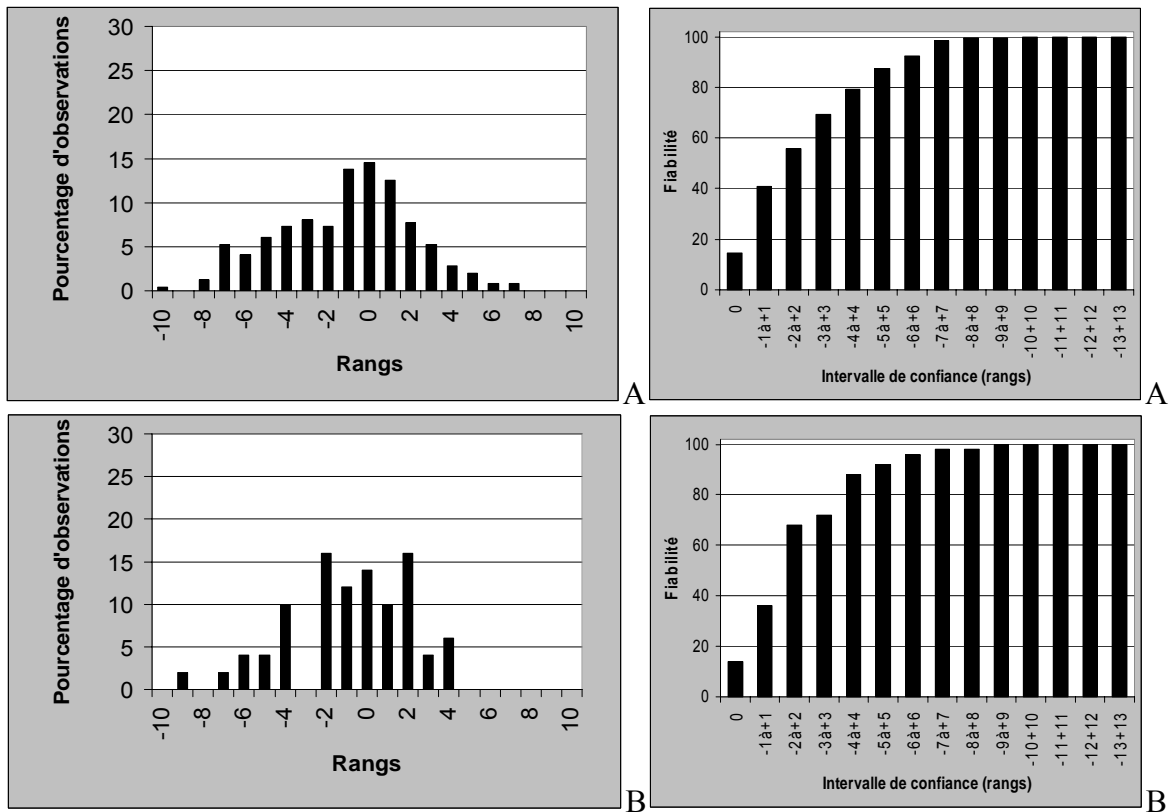
Planche 7 : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles n'ayant pas suivi de traitement médical (A) à celles des filles en ayant suivi (B)



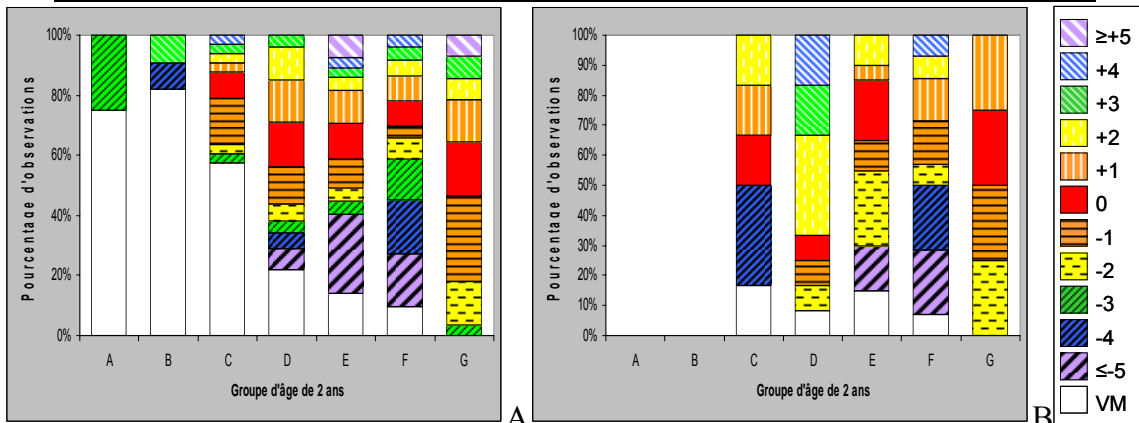
#### 4.2. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons n'ayant pas suivi de traitement médical (A) à celles des garçons en ayant suivi (B) (planche 8)

On obtient un meilleur **taux de réponse** avec les garçons ayant suivi un traitement médical prolongé, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,07$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité d'au moins 95%** est plus resserré pour les garçons ayant suivi un traitement médical prolongé. Néanmoins, lorsque l'on compare les effectifs associés aux différents intervalles de confiance de même grandeur, il n'y a pas significativement plus de garçons traités que de non traités pour les intervalles -6 à +6 et -7 à +7. Les **performances** obtenues pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes ( $p=0,12$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les garçons traités est plus « aplatie » que celle obtenue avec les garçons non traités. La distribution obtenue pour les garçons traités ne présente pas significativement plus de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p=0,45$ ), au contraire de celle obtenue pour les garçons non traités qui présente significativement plus de rangs négatifs ( $p=0,01$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,59$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,87$ ).

Sur les 15 garçons non traités de moins de 6 ans, seulement trois présentent une estimation de leur âge dentaire. Il n'y a pas de garçons traités de moins de 6 ans. Entre 6 et 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans.



	A	B
Effectif échantillon test	314	56
% réponse	78,7	89,3
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (98,4%)	78 (96,0%)
Performance (% de rangs 0)	14,6	14,0
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,92
Kurtosis	-0,28	-0,87
Asymétrie	0,01	0,45
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,59
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,87



( $n_A=4, n_B=11, n_C=33, n_D=73, n_E=92, n_F=73, n_G=28$ ) ( $n_A=0, n_B=0, n_C=6, n_D=12, n_E=22, n_F=14, n_G=4$ )

**Planche 8** : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons n'ayant pas suivi de traitement médical (A) à celles des garçons en ayant suivi (B)

### 4.3. Bilan

Quels que soient les critères qualitatifs considérés, aucun ne présente de différence significative selon que l'enfant ait suivi un traitement médical ou non. La seule différence significative concerne les garçons non traités qui présentent significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs. Néanmoins, la différence de proportion de rangs négatifs et positifs n'est pas significative entre les deux échantillons de garçons traités et non traités. **Au vu des résultats, le fait d'avoir suivi un traitement à base d'antibiotiques et/ou de corticoïdes n'a pas d'influence sur l'estimation de l'âge dentaire par l'approche Bayes Dépendant.**

## 5. Origine géographique

L'origine géographique a-t-elle une influence sur l'estimation de l'âge dentaire avec l'approche Bayes Dépendant ?

Afin de répondre à cette interrogation, nous disposons de trois échantillons :

- un échantillon d'enfants recrutés dans le sud de la France, dont les quatre grands parents sont d'origine européenne. Nous appellerons cet échantillon : l'échantillon européen. Il est constitué par 242 filles et 214 garçons.

- un échantillon de 249 filles et 135 garçons iraniens recrutés à Shiraz (République Islamique d'Iran). Nous appellerons cet échantillon : l'échantillon iranien.

- un échantillon de 153 filles et 107 garçons ivoiriens recrutés à Abidjian (Côte d'Ivoire). Nous appellerons cet échantillon : l'échantillon ivoirien.

- un échantillon regroupant la totalité des enfants recrutés dans le sud de la France associés aux enfants iraniens et ivoiriens. Cet échantillon total regroupe ainsi 1036 filles et 747 garçons.

Deux approches différentes sont envisagées afin d'étudier l'éventuel impact de l'origine géographique sur l'estimation de l'âge dentaire.

## 5.1. Première approche

La première approche consiste à comparer la qualité des estimations de l'âge dentaire d'un de ces trois échantillons selon le référentiel utilisé. Par exemple, l'estimation de l'âge dentaire des filles européennes est-elle de meilleure qualité lorsque l'on utilise les filles européennes comme référentiel, par rapport à la qualité obtenue pour les filles européennes dont l'âge dentaire est estimé selon le référentiel des filles iraniennes ou ivoiriennes ?

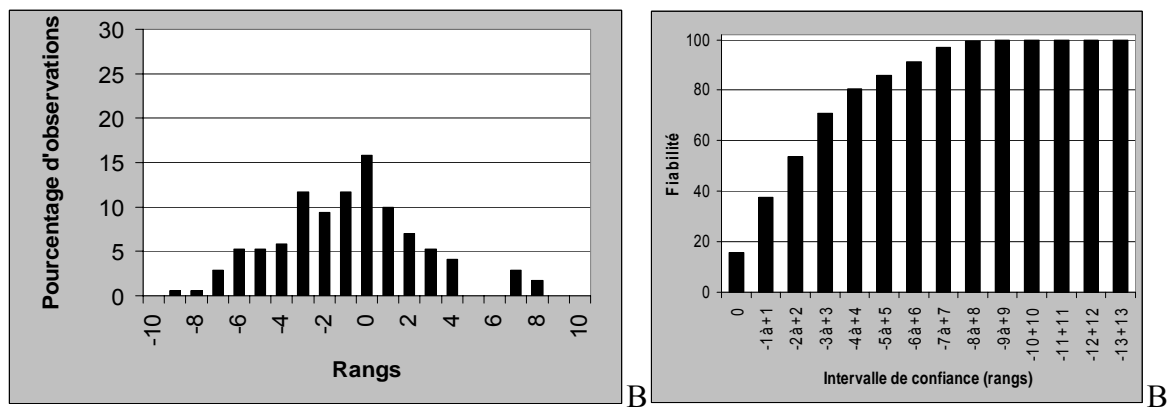
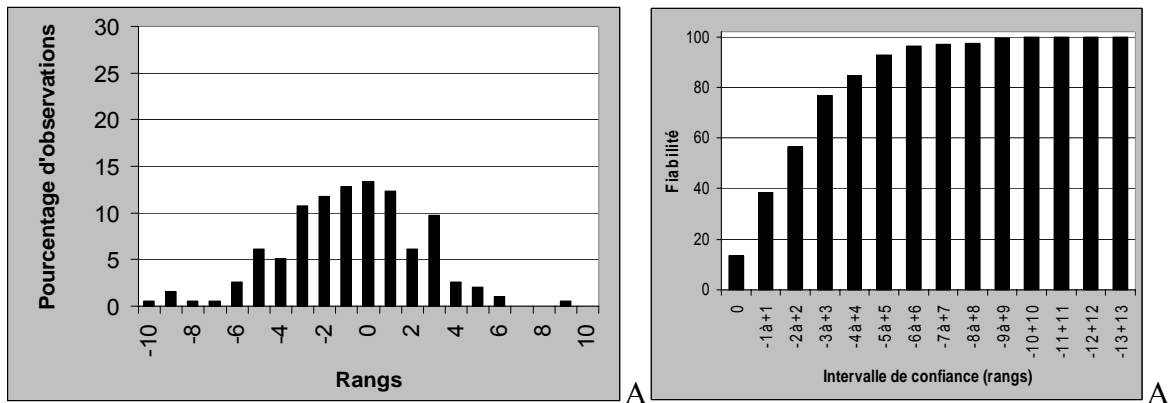
### 5.1.1. Résultats pour les enfants européens selon les référentiels européen, iranien et ivoirien

L'âge dentaire des enfants européens est estimé selon le référentiel européen (*i.e.* l'échantillon de référence des filles européennes et celui des garçons européens) par *Jackknife resampling* avec l'approche Bayes Dépendant. Puis l'âge dentaire des enfants européens est estimé selon le référentiel des enfants iraniens. Enfin, l'âge dentaire des enfants européens est estimé selon le référentiel des enfants ivoiriens.

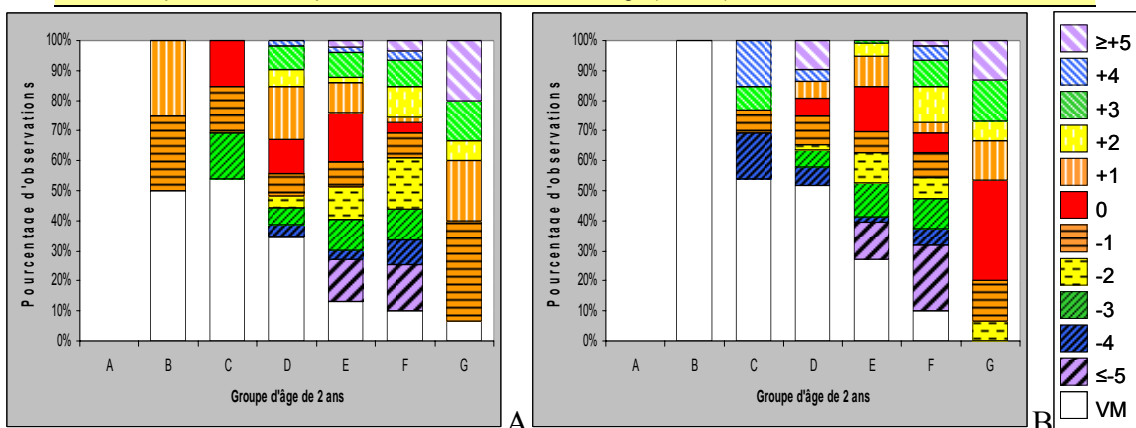
#### Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles européennes selon le référentiel des filles européennes (A) et celui des filles iraniennes (B) (planche 9)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel européen est significativement supérieur à celui obtenu avec le référentiel iranien ( $p=0,01$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré avec le référentiel européen qu'avec le référentiel iranien. Pour l'intervalle de confiance -6 à +6, le référentiel européen permet de regrouper une proportion d'individus significativement plus grande que le référentiel iranien. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel iranien, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,51$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel iranien est moins « aplatie » que celle obtenue avec le référentiel européen. La distribution obtenue avec le référentiel iranien présente significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p=0,02$ ), contrairement à celle obtenue avec le référentiel européen pour laquelle il n'y a pas de différence significative dans la proportion de rangs positifs et négatifs ( $p=0,06$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est toutefois pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,10$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,97$ ).

Entre 4 et 6 ans (B), le référentiel européen permet d'estimer l'âge dentaire de deux filles sur quatre, tandis que le référentiel iranien ne donne aucune estimation. Entre 6 et 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Enfin, entre 6 et 8 ans (C), seule la distribution obtenue avec le référentiel européen présente des rangs 0, tandis qu'entre 14 et 16 ans (G), seule la distribution obtenue avec le référentiel iranien présente des rangs 0 (33%).



	A	B
Effectif échantillon test	242	242
% réponse	80,6	70,7
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	78 (96,4%)	90 (97,1%)
Performance (% de rangs 0)	13,3	15,8
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,51
Kurtosis	-1,22	-0,23
Asymétrie	0,06	0,02
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,61
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,85

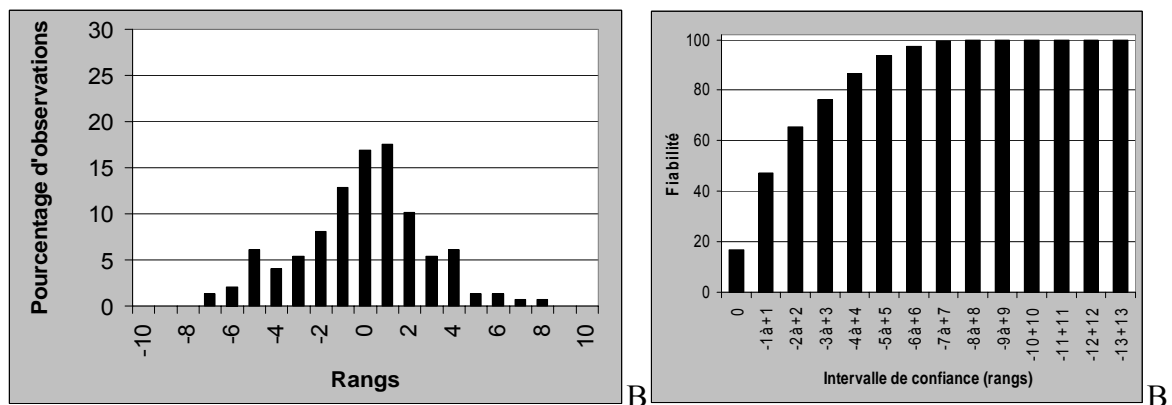
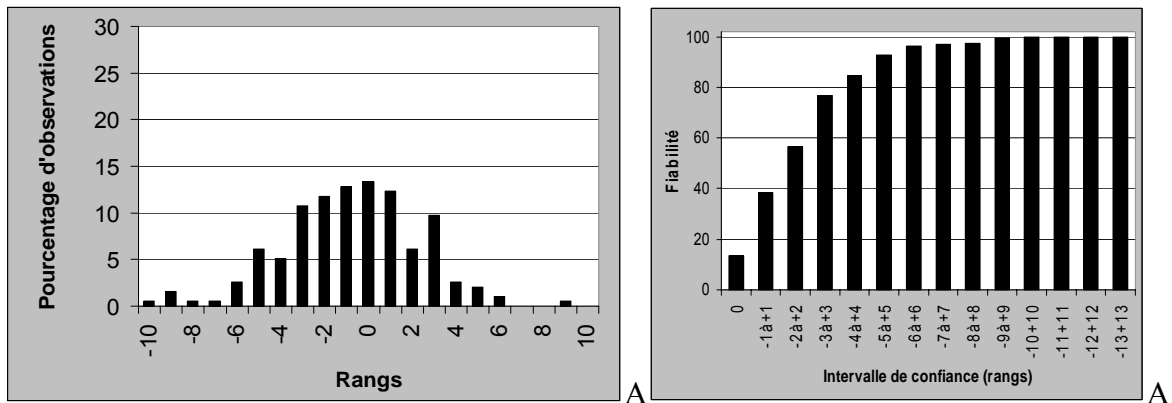


( $n_A=0, n_B=4, n_C=13, n_D=52, n_E=99, n_F=59, n_G=15$ )

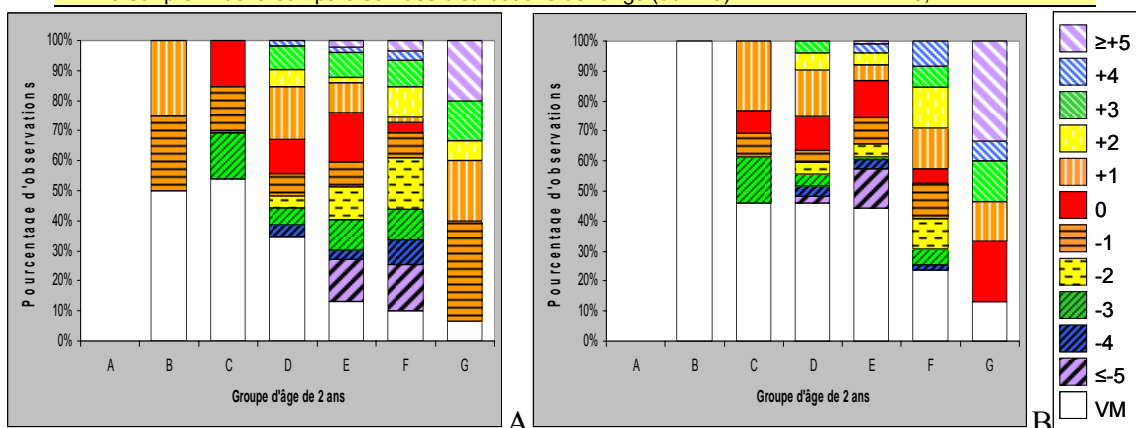
**Planche 9 :** Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles européennes selon le référentiel des filles européennes (A) et celui des filles iraniennes (B)

Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles européennes selon le référentiel des filles européennes (A) et celui des filles ivoiriennes (B) (planche 10)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel européen est significativement supérieur à celui obtenu avec le référentiel ivoirien ( $p < 0,009$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est le même pour les deux référentiels. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel ivoirien, mais cette différence n'est pas significative ( $p = 0,36$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel ivoirien est plus « pointue » que celle obtenue avec le référentiel européen. Quel que soit le référentiel employé, aucune des deux distributions ne présente de différence significative entre la proportion de rangs positifs et de rangs négatifs ( $p = 0,06$  et  $p = 0,75$ ). Par contre, la comparaison de ces proportions de rangs négatifs et positifs entre les deux distributions met en évidence une différence significative ( $p = 0,04$ ). En effet, avec le référentiel européen on observe une majorité de rangs négatifs, tandis qu'avec le référentiel ivoirien on observe une faible majorité de rangs positifs. Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p = 0,21$ ). Entre 4 et 6 ans (B), le référentiel européen permet d'estimer l'âge dentaire de deux filles sur quatre, tandis que le référentiel ivoirien ne donne aucune estimation. Entre 6 et 12 (C, D, E), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Entre 12 et 14 ans (F), la distribution obtenue avec le référentiel européen présente une majorité de rangs négatifs, tandis que celle obtenue avec le référentiel ivoirien présente une majorité de rangs positifs. La différence entre ces deux proportions est significative ( $p < 0,009$ ). Entre 14 et 16 ans (G), si les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, on constate néanmoins qu'avec le référentiel ivoirien on obtient 20% de rangs 0 contre aucun pour le référentiel européen.



	A	B
Effectif échantillon test	242	242
% réponse	80,6	61,2
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	78 (96,4%)	78 (97,3%)
Performance (% de rangs 0)	13,3	16,9
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,36
Kurtosis	-1,22	0,12
Asymétrie	0,06	0,75
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,04
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,21



( $n_A=0, n_B=4, n_C=13, n_D=52, n_E=99, n_F=59, n_G=15$ )

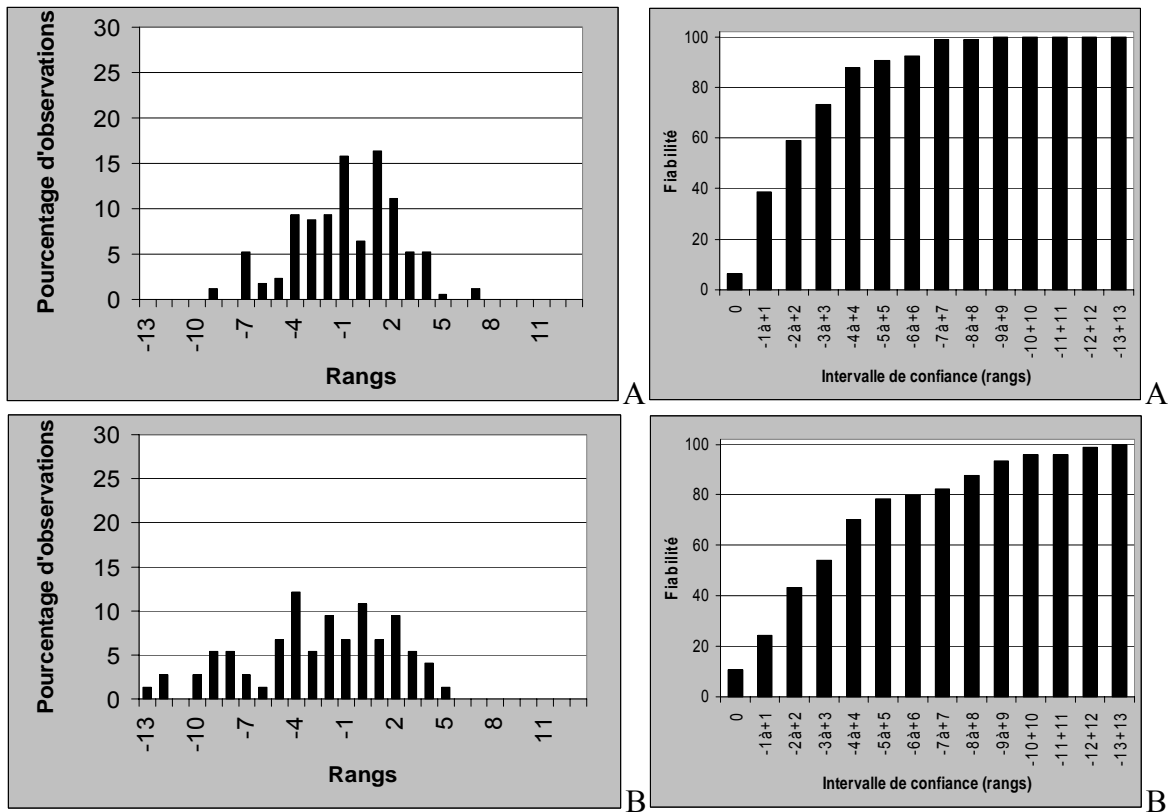
**Planche 10 :** Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles européennes selon le référentiel des filles européennes (A) et celui des filles ivoiriennes (B)



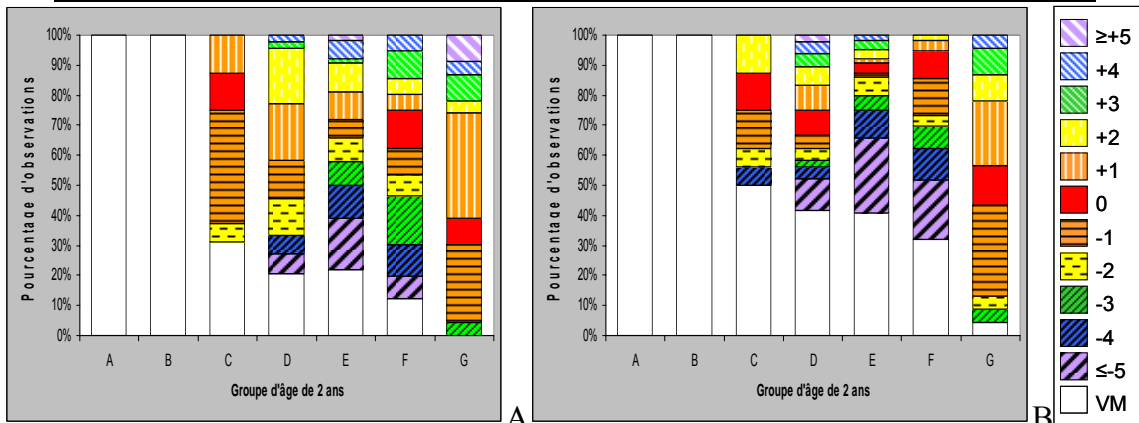
Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons européens selon le référentiel des garçons européens (A) et celui des garçons iraniens (B) (planche 11)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel européen est significativement supérieur à celui obtenu avec le référentiel iranien ( $p < 0,009$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré avec le référentiel européen qu'avec le référentiel iranien. Cette différence est significative puisque pour les intervalles de confiance -7 à +7, -8 à +8, -9 à +9 et -10 à +10, le référentiel européen permet de regrouper des taux de garçons significativement plus grands que ceux du référentiel iranien. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel iranien, mais cette différence n'est pas significative ( $p = 0,24$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel européen est moins « aplatie » que celle obtenue avec le référentiel iranien. La distribution obtenue avec le référentiel iranien présente significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p = 0,02$ ), contrairement à celle obtenue avec le référentiel européen pour laquelle il n'y a pas de différence dans la proportion de rangs positifs et négatifs ( $p = 0,18$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est toutefois pas significativement différente entre les deux distributions ( $p = 0,09$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p = 0,06$ ).

Entre 2 et 6 ans (A, B), la méthode ne produit d'estimation d'âge dentaire pour aucun des 7 garçons, quel que soit le référentiel utilisé. Entre 6 et 12 (C, D, E), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Entre 12 et 14 ans (F), la distribution obtenue avec le référentiel iranien présente une plus grande proportion de rangs négatifs que celle obtenue avec le référentiel européen. La différence entre ces deux proportions est significative ( $p = 0,02$ ). Entre 14 et 16 ans (G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon les deux référentiels ne sont pas significativement différentes. Notons que le déficit de rang 0 observée dans la distribution des rangs obtenue avec le référentiel européen touche plus particulièrement les enfants âgés de 8 à 12 ans (D, E), puisque pour ces deux groupes d'âge il n'y a aucun rang 0, contrairement à la distribution obtenue avec le référentiel iranien.



	A	B
Effectif échantillon test	214	154
% réponse	79,9	48,1
Intervalle de confiance $\geq$ 95%	90 (98,8%)	126 (95,9%)
Performance (% de rangs 0)	6,4	10,8
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,24
Kurtosis	-0,22	-0,54
Asymétrie	0,18	0,02
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,09
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,06



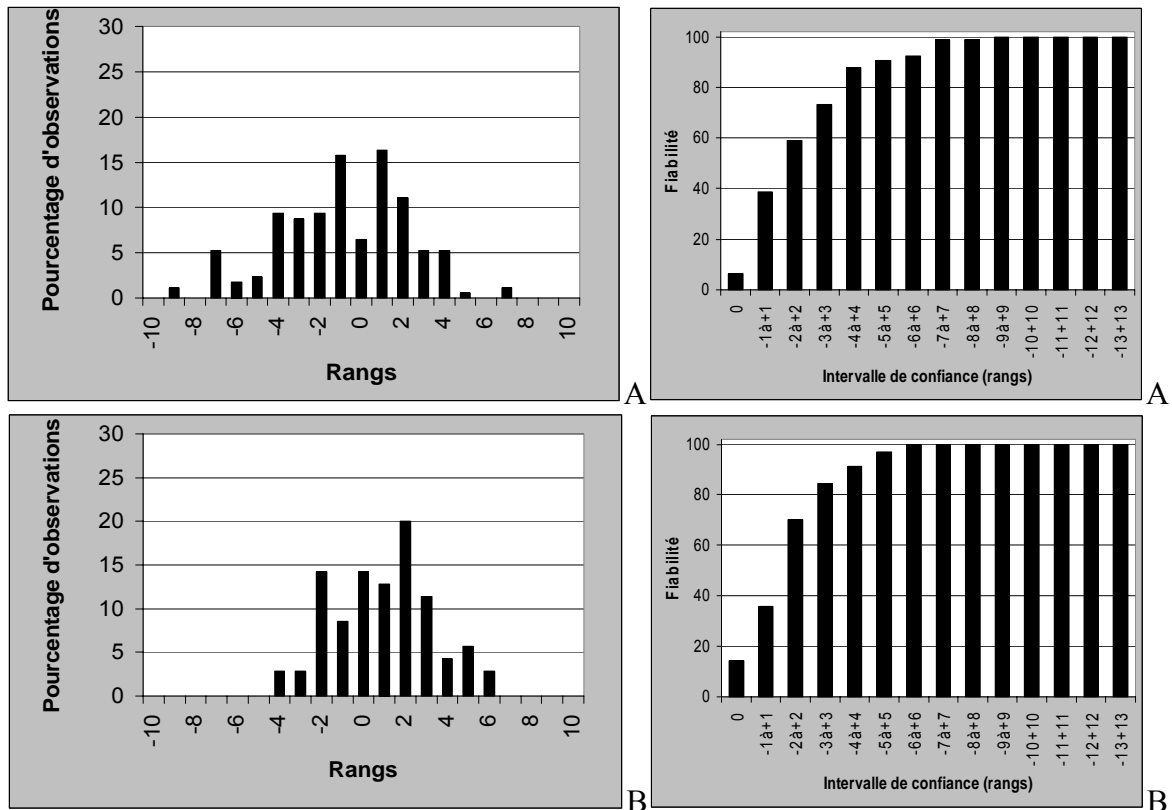
( $n_A=2, n_B=5, n_C=16, n_D=48, n_E=64, n_F=56, n_G=23$ )

**Planche 11** : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons européens selon le référentiel des garçons européens (A) et celui des garçons iraniens (B)

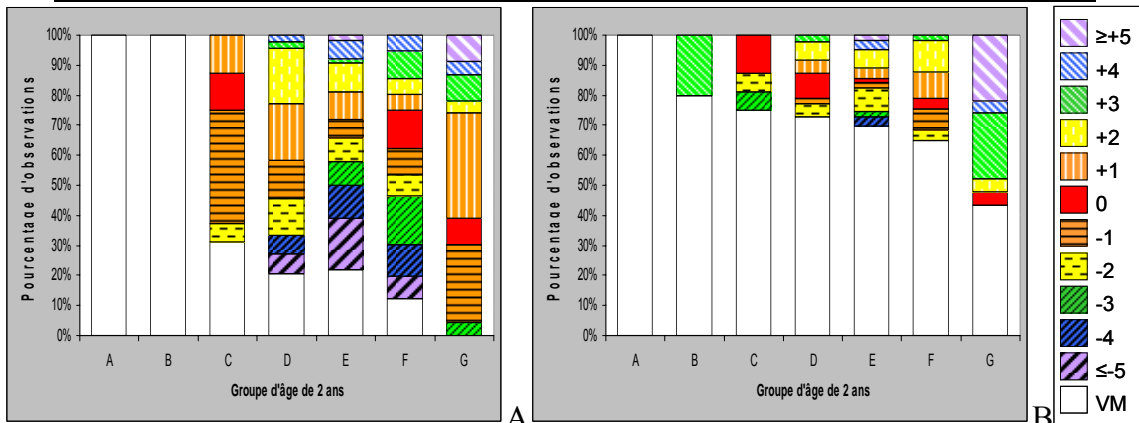
Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons européens selon le référentiel des garçons européens (A) et celui des garçons ivoiriens (B) (planche 12)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel européen est significativement supérieur à celui obtenu avec le référentiel ivoirien ( $p < 0,009$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré avec le référentiel ivoirien qu'avec le référentiel européen. Cette différence est significative puisque pour l'intervalle de confiance -6 à +6, le référentiel ivoirien permet de regrouper un taux de garçons significativement plus grand que celui du référentiel européen. On observe une **performance** significativement meilleure avec le référentiel ivoirien ( $p = 0,0497$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel européen est moins « aplatie » que celle obtenue avec le référentiel ivoirien. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente plus, ou moins, de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p = 0,18$  et  $p = 0,06$ ). Néanmoins, ces deux proportions sont significativement différentes l'une de l'autre ( $p < 0,009$ ). La distribution obtenue avec le référentiel européen présente une majorité de rangs négatifs, tandis que celle obtenue avec le référentiel ivoirien présente une majorité de rangs positifs. Prises dans leur ensemble, ces deux distributions sont significativement différentes ( $p < 0,009$ ). **Les garçons européens semblent donc présenter des retards d'âge dentaire par rapport aux garçons ivoiriens.**

Entre 2 et 6 ans (A, B), la méthode produit une estimation d'âge dentaire pour seulement un des 7 garçons, et uniquement avec le référentiel ivoirien. Entre 6 et 12 (C, D, E), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Entre 12 et 14 ans (F), la distribution obtenue avec le référentiel ivoirien présente une majorité de rangs positifs, tandis que celle obtenue avec le référentiel européen présente une majorité de rangs négatifs. La différence entre ces deux proportions est significative ( $p = 0,02$ ). Entre 14 et 16 ans (G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes. Notons que le déficit de rangs 0 observé dans la distribution des rangs obtenue avec le référentiel européen touche plus particulièrement les enfants âgés de 8 à 12 ans (D, E), puisque pour ces deux groupes d'âge il n'y a aucun rang 0, contrairement à la distribution obtenue avec le référentiel ivoirien.



	A	B
Effectif échantillon test	214	214
% réponse	79,9	32,7
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (98,8%)	66 (97,1%)
Performance (% de rangs 0)	6,4	14,3
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,05
Kurtosis	-0,22	-0,84
Asymétrie	0,18	0,06
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,00
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,00



( $n_A=2, n_B=5, n_C=16, n_D=48, n_E=64, n_F=56, n_G=23$ )

**Planche 12 :** Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons européens selon le référentiel des garçons européens (A) et celui des garçons ivoiriens (B)

### Bilan

Au regard des différents critères qualitatifs, l'estimation de l'âge dentaire des filles européennes produite à partir du référentiel des filles européennes présente une qualité légèrement supérieure à celle produite à partir du référentiel des filles iraniennes. Les qualités des estimations de l'âge dentaire des filles européennes selon les référentiels des filles européennes et ivoiriennes sont similaires. L'estimation de l'âge dentaire des garçons européens produite à partir du référentiel des garçons européens présente une qualité légèrement supérieure à celle produite à partir du référentiel des garçons iraniens. L'estimation de l'âge dentaire des garçons européens produite à partir du référentiel des garçons européens présente une qualité légèrement inférieure à celle produite à partir du référentiel des garçons ivoiriens. Notons que seuls 32,7% des garçons européens présentent une estimation de leur âge dentaire à partir du référentiel ivoirien.

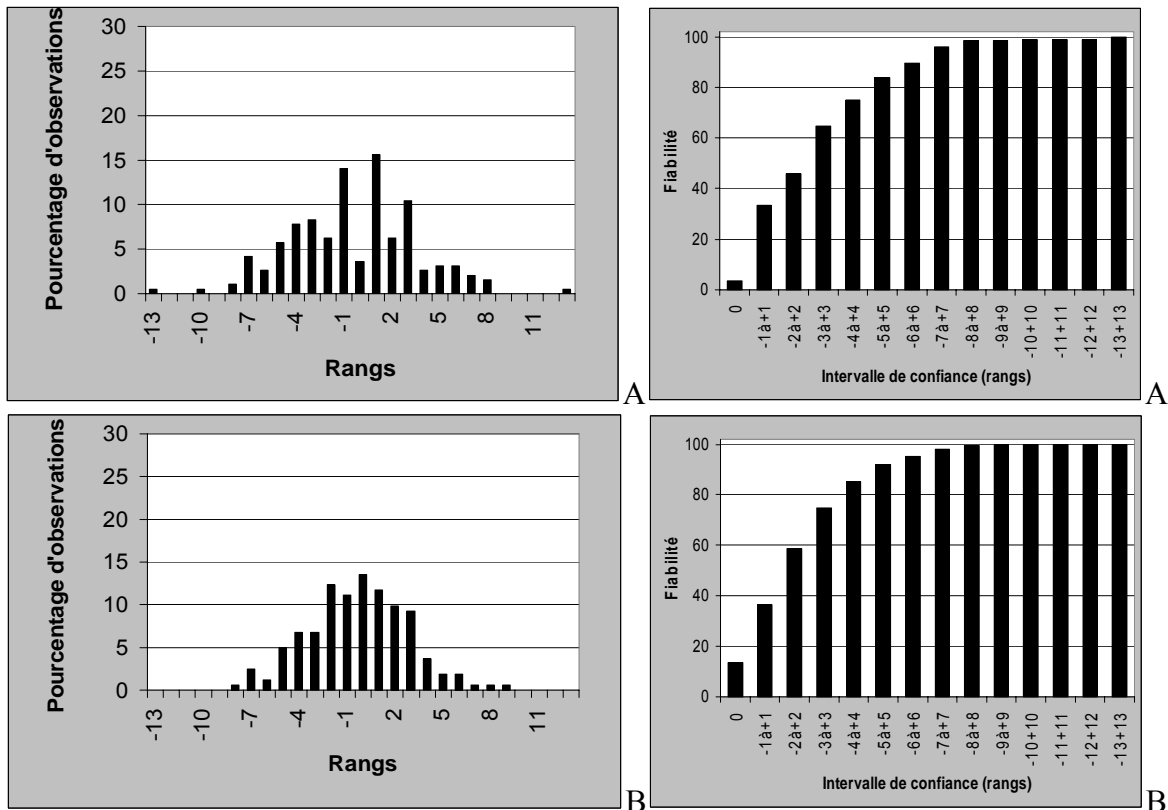
### 5.1.2. Résultats pour les enfants iraniens selon les référentiels européen, iranien et ivoirien

L'âge dentaire des enfants iraniens est estimé selon le référentiel iranien par *Jackknife resampling* avec l'approche Bayes Dépendant. Puis l'âge dentaire des enfants iraniens est estimé selon le référentiel des enfants européens. Enfin, l'âge dentaire des enfants iraniens est estimé selon le référentiel des enfants ivoiriens.

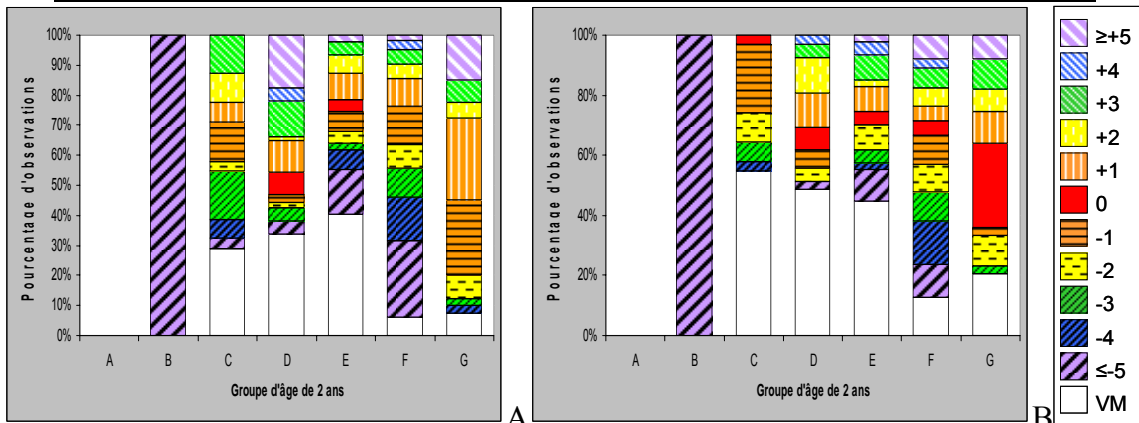
#### Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles iraniennes selon le référentiel des filles iraniennes (A) et celui des filles européennes (B) (planche 13)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel iranien est significativement supérieur à celui obtenu avec le référentiel européen ( $p=0,04$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré avec le référentiel européen qu'avec le référentiel iranien. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -6 à +6 et -7 à +7, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel européen, la différence étant significative ( $p<0,009$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel iranien est plus « pointue » que celle obtenue avec le référentiel européen. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p=0,57$  et  $p=0,55$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,91$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions sont significativement différentes ( $p=0,01$ ). Cette différence est principalement due aux sous représentations des rangs 0 et +2 de la distribution obtenue avec le référentiel iranien par rapport à celle obtenue avec le référentiel européen.

La seule fille iranienne de moins de 6 ans présente un rang  $\leq -5$  avec les deux référentiels. De 6 à 8 ans (C), la distribution obtenue avec le référentiel iranien présente une majorité de rangs négatifs significativement moins importante que la majorité de rangs négatifs présentée par la distribution obtenue avec le référentiel européen ( $p=0,02$ ). De 8 à 16 ans (D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Notons que le déficit de rangs 0 accusé par la distribution obtenue avec le référentiel iranien par rapport à celle obtenue avec le référentiel européen, touche principalement les filles âgées de 6 à 8 ans (C), ainsi que celles âgées de 12 à 16 ans (F, G).



	A	B
Effectif échantillon test	249	249
% réponse	76,8	65,1
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (95,8%)	78 (95,1%)
Performance (% de rangs 0)	3,6	13,6
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,00
Kurtosis	1,49	-1,36
Asymétrie	0,57	0,55
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,91
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,01



( $n_A=0$ ,  $n_B=1$ ,  $n_C=31$ ,  $n_D=68$ ,  $n_E=47$ ,  $n_F=63$ ,  $n_G=39$ )

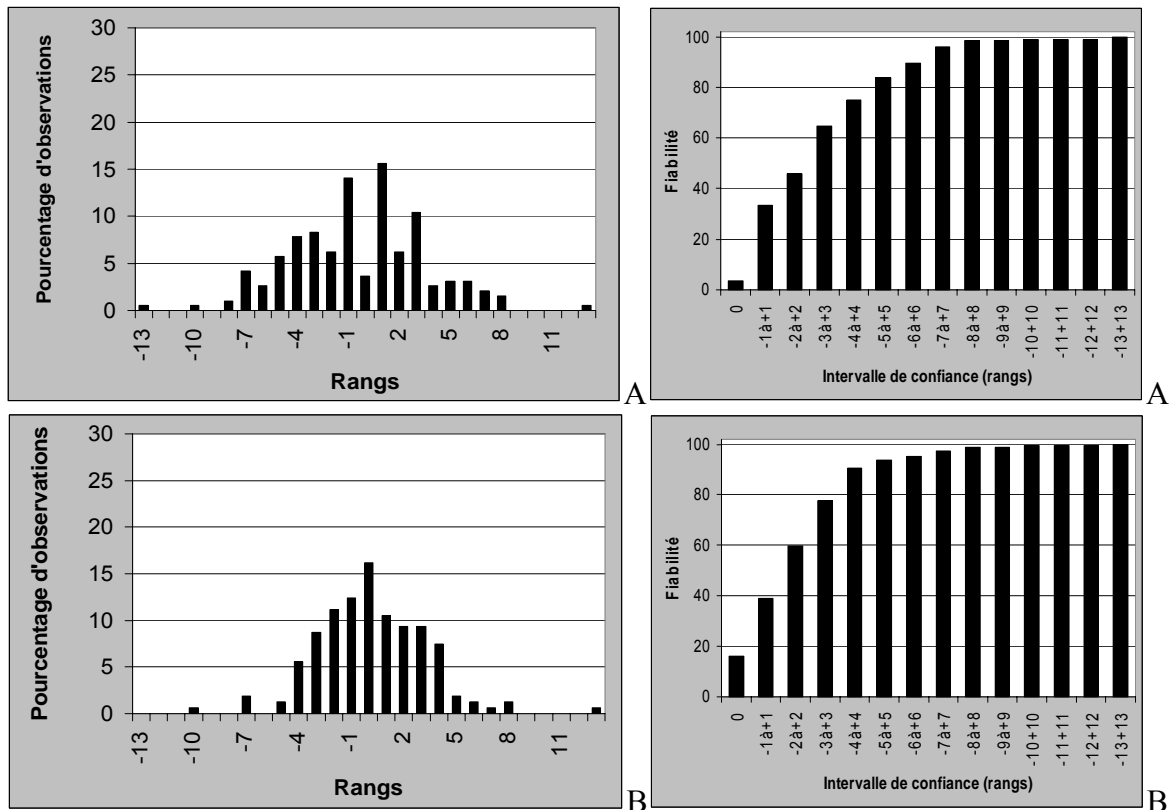
**Planche 13** : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles iraniennes selon le référentiel des filles iraniennes (A) et celui des filles européennes (B)

Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles iraniennes selon le référentiel des filles iraniennes (A) et celui des filles ivoiriennes (B) (planche 14)

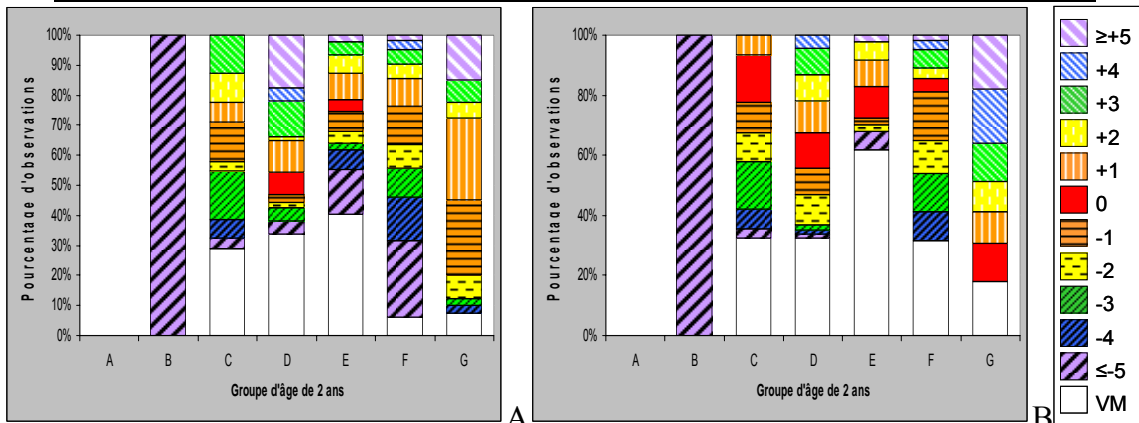
Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel iranien est significativement supérieur à celui obtenu avec le référentiel ivoirien ( $p < 0,009$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré avec le référentiel ivoirien qu'avec le référentiel iranien. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -6 à +6 et -7 à +7, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel ivoirien, la différence étant significative ( $p < 0,009$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel iranien est plus « pointue » que celle obtenue avec le référentiel ivoirien. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p = 0,57$  et  $p = 0,95$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p = 0,55$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions sont significativement différentes ( $p < 0,009$ ). Cette différence est principalement due aux sous représentations des rangs 0 et +2 de la distribution obtenue avec le référentiel iranien par rapport à celle obtenue avec le référentiel ivoirien.

La seule fille iranienne de moins de 6 ans présente un rang  $\leq -5$  avec les deux référentiels. De 6 à 14 ans (C, D, E, F), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. De 14 à 16 ans (G), la distribution obtenue avec le référentiel iranien présente une majorité de rangs positifs significativement moins importante que la majorité de rangs positifs présentée par la distribution obtenue avec le référentiel ivoirien ( $p < 0,009$ ). Notons que le déficit de rangs 0 accusé par la distribution obtenue avec le référentiel iranien par rapport à celle obtenue avec le référentiel ivoirien, touche principalement les filles âgées de 6 à 8 ans (C), ainsi que celles âgées de 12 à 16 ans (F, G).





	A	B
Effectif échantillon test	249	249
% réponse	76,8	64,7
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (95,8%)	78 (95,0%)
Performance (% de rangs 0)	3,6	16,1
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,00
Kurtosis	1,49	-0,06
Asymétrie	0,57	0,95
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,55
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,00



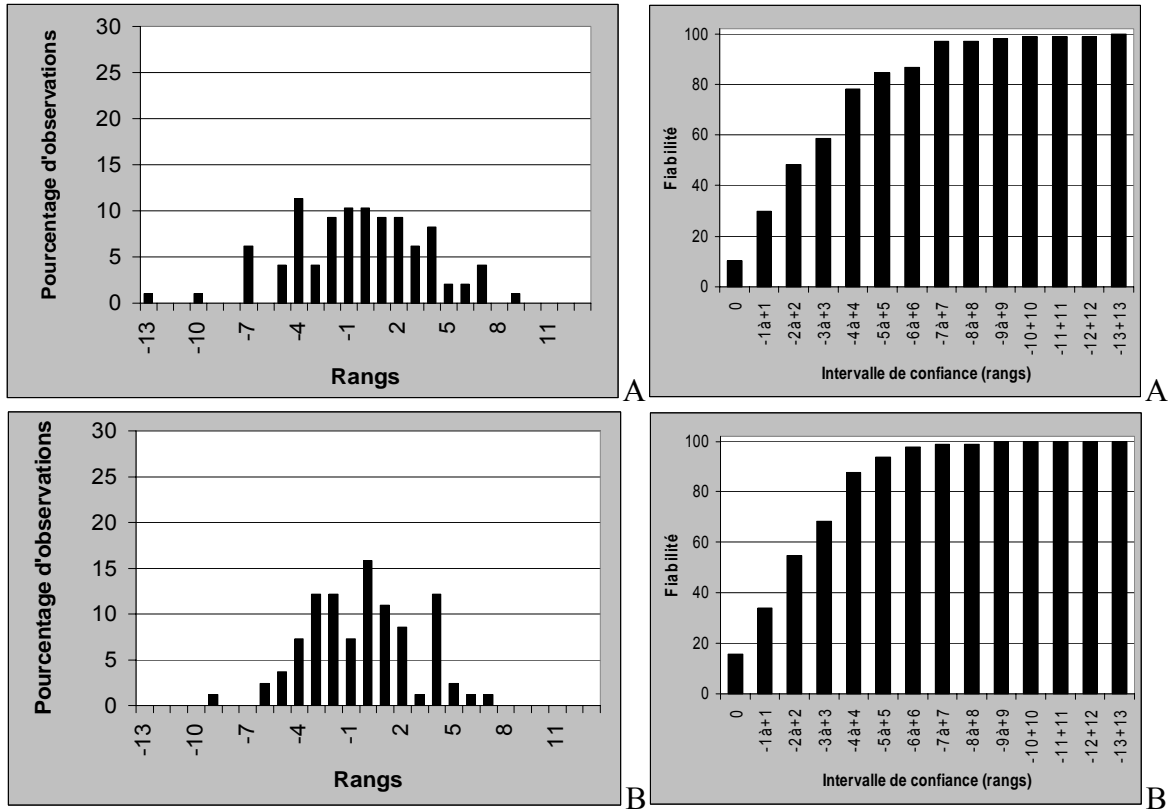
( $n_A=0, n_B=1, n_C=31, n_D=68, n_E=47, n_F=63, n_G=39$ )

Planche 14 : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles iraniennes selon le référentiel des filles iraniennes (A) et celui des filles ivoiriennes (B)

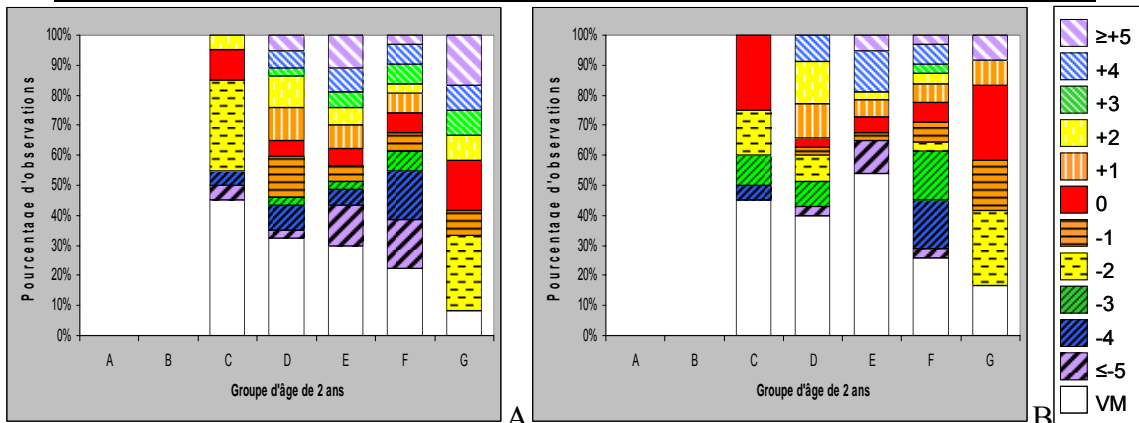
Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons iraniens selon le référentiel des garçons iraniens (A) et celui des garçons européens (B) (planche 15)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel iranien est meilleur que celui obtenu avec le référentiel européen, sans toutefois que la différence soit significative ( $p=0,08$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré avec le référentiel européen qu'avec le référentiel iranien. Cette différence est significative puisque pour l'intervalle de confiance -6 à +6, le référentiel européen permet de regrouper un taux de garçons significativement plus grand que celui du référentiel iranien. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel européen, mais la différence n'est pas significative ( $p=0,27$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel iranien est plus « aplatie » que celle obtenue avec le référentiel européen. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p=0,70$  et  $p=0,55$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,78$ ). Prises dans leur ensemble, les deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,27$ ).

De 6 à 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Quel que soit le référentiel utilisé, les cinq groupes d'âge présentent tous des rangs 0.



	A	B
Effectif échantillon test	135	135
% réponse	70,8	60,7
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (96,9%)	78 (97,6%)
Performance (% de rangs 0)	10,3	15,9
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,27
Kurtosis	-1,20	-1,09
Asymétrie	0,70	0,55
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,78
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,27



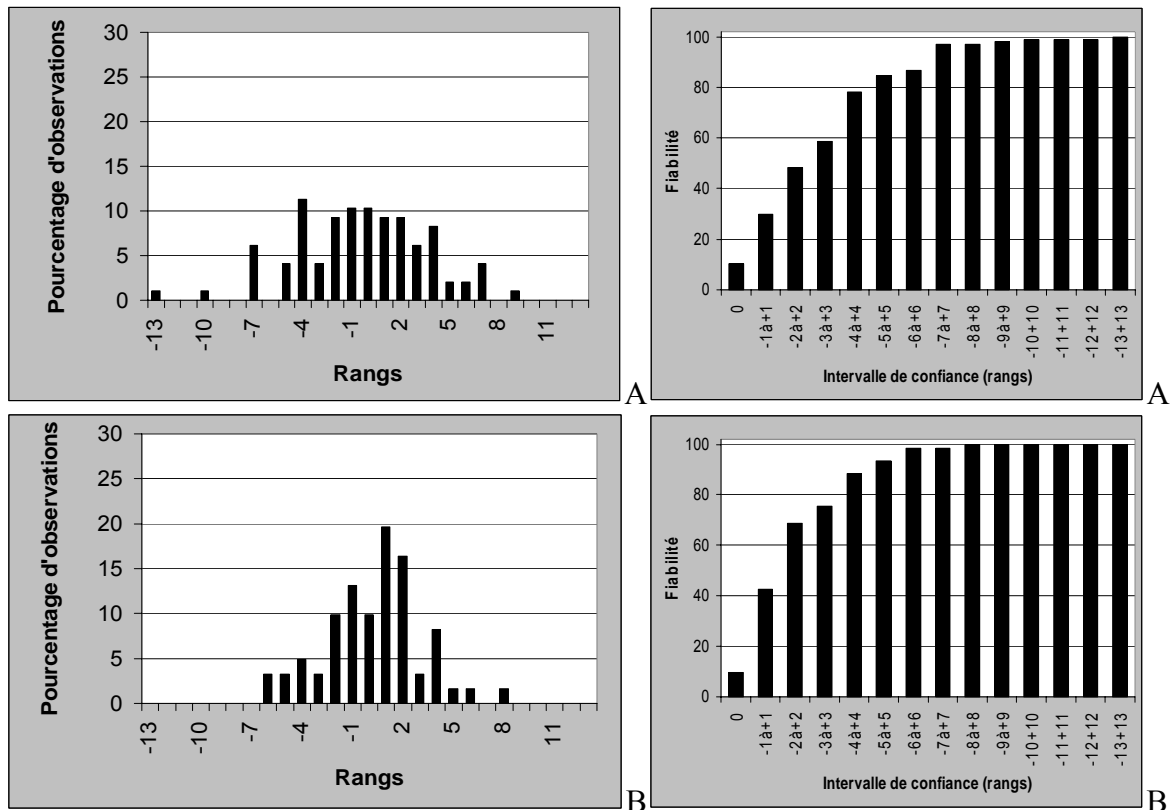
( $n_A=0, n_B=0, n_C=20, n_D=35, n_E=37, n_F=31, n_G=12$ )

**Planche 15** : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons iraniens selon le référentiel des garçons iraniens (A) et celui des garçons européens (B)

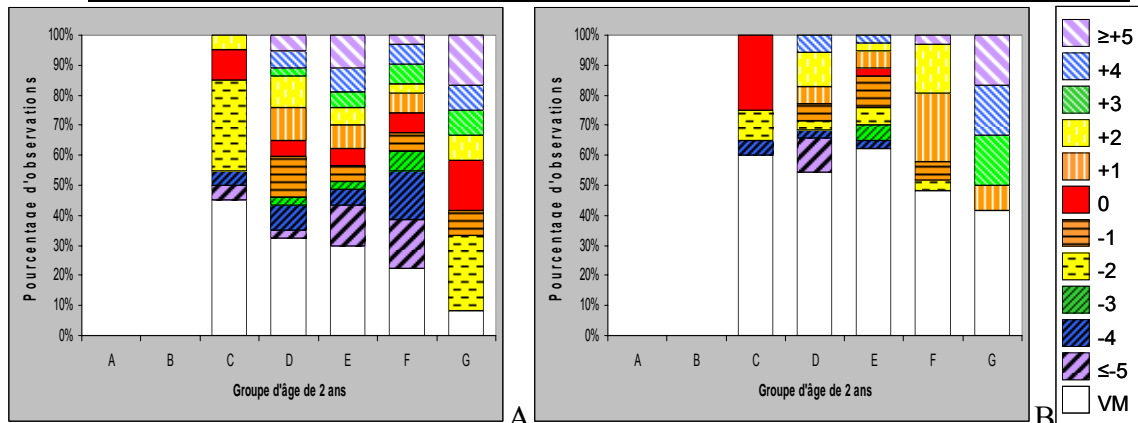
Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons iraniens selon le référentiel des garçons iraniens (A) et celui des garçons ivoiriens (B) (planche 16)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel iranien est significativement supérieur à celui obtenu avec le référentiel ivoirien ( $p < 0,009$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré avec le référentiel ivoirien qu'avec le référentiel iranien. Cette différence est significative puisque pour l'intervalle de confiance -6 à +6, le référentiel ivoirien permet de regrouper un taux de garçons significativement plus grand que celui du référentiel iranien. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel iranien, cette différence n'étant pas significative ( $p = 0,92$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel ivoirien est plus « pointue » que celle obtenue avec le référentiel iranien. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p = 0,70$  et  $p = 0,39$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p = 0,20$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p = 0,48$ ).

De 6 à 12 ans (C, D, E), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. De 12 à 14 ans (F), la distribution obtenue avec le référentiel iranien présente une majorité de rangs négatifs, tandis que celle obtenue avec le référentiel ivoirien présente une majorité de rangs positifs ( $p = 0,02$ ). Notons qu'avec le référentiel ivoirien les groupes d'âge D, F et G ne présentent aucun rang 0, tandis qu'avec le référentiel iranien il y a des rangs 0 entre 6 et 16 ans.



	A	B
Effectif échantillon test	135	135
% réponse	70,8	45,2
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (96,9%)	78 (98,4%)
Performance (% de rangs 0)	10,3	9,8
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,92
Kurtosis	-1,20	0,31
Asymétrie	0,70	0,39
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,20
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,48



( $n_A=0, n_B=0, n_C=20, n_D=35, n_E=37, n_F=31, n_G=12$ )

Planche 16 : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons iraniens selon le référentiel des garçons iraniens (A) et celui des garçons ivoiriens (B)

Bilan

L'estimation de l'âge dentaire des filles iraniennes produite à partir du référentiel des filles iraniennes présente une qualité inférieure à celle produite à partir du référentiel des filles européennes. L'estimation de l'âge dentaire des filles iraniennes produite à partir du référentiel des filles iraniennes présente une qualité nettement inférieure à celle produite à partir du référentiel des filles ivoiriennes. L'estimation de l'âge dentaire des garçons iraniens produite à partir du référentiel des garçons iraniens présente une qualité légèrement inférieure à celle produite à partir du référentiel des garçons européens. Les qualités des estimations de l'âge dentaire des garçons iraniens selon les référentiels des garçons iraniens et ivoiriens sont similaires.

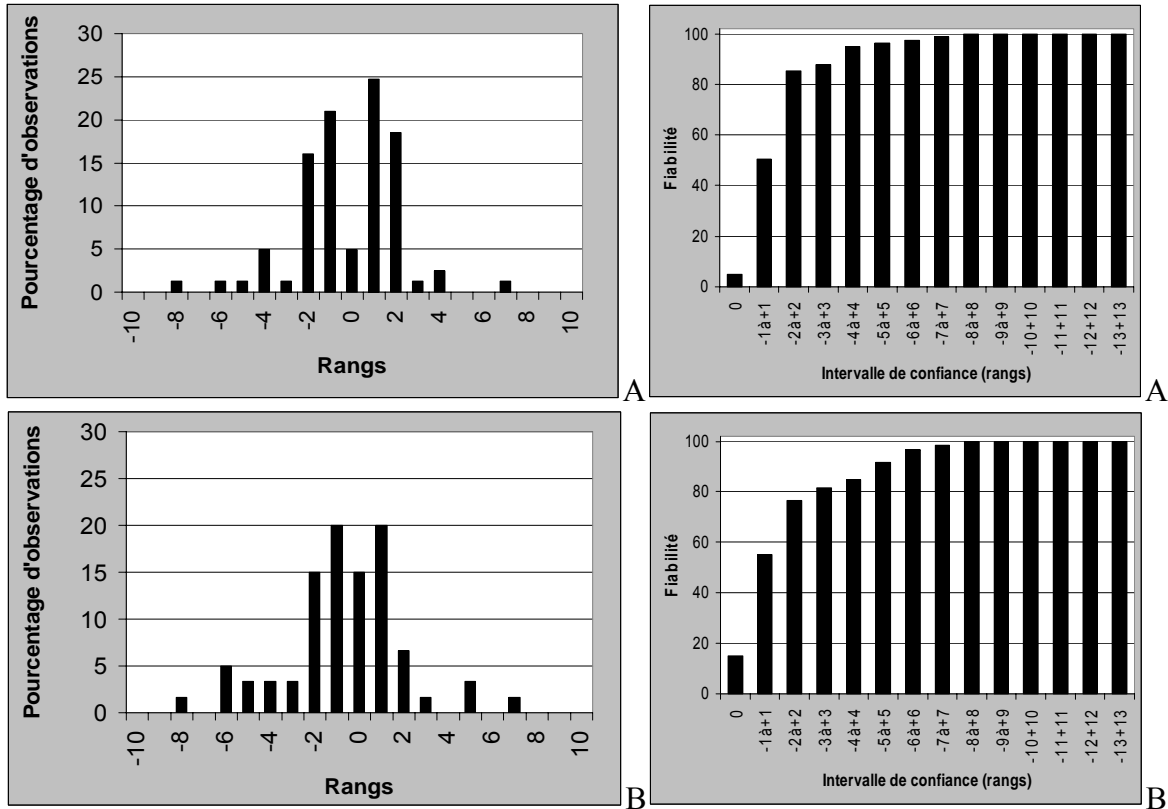
### 5.1.3. Résultats pour les enfants ivoiriens selon les référentiels européen, iranien et ivoirien

L'âge dentaire des enfants ivoiriens est estimé selon le référentiel ivoirien par *Jackknife resampling* avec l'approche Bayes Dépendant. Puis l'âge dentaire des enfants ivoiriens est estimé selon le référentiel des enfants européens. Enfin, l'âge dentaire des enfants ivoiriens est estimé selon le référentiel des enfants iraniens.

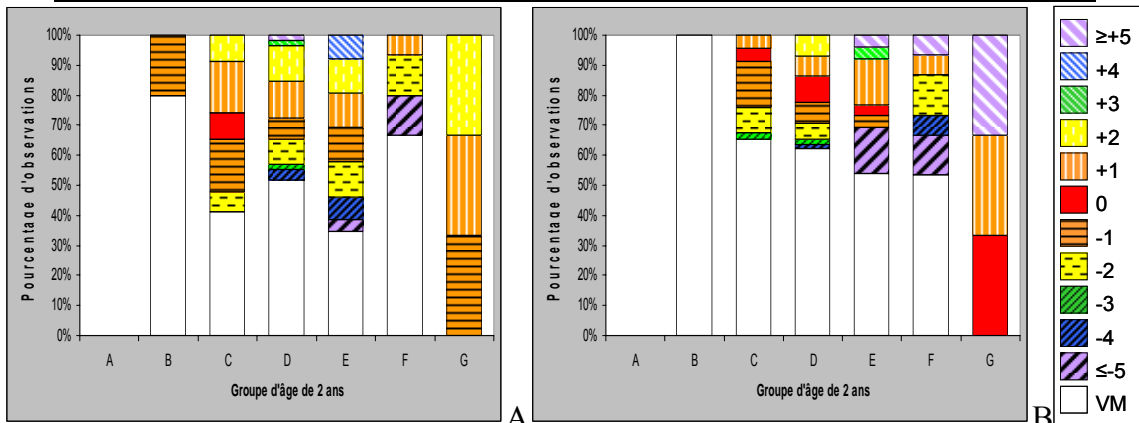
#### Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles ivoiriennes selon le référentiel des filles ivoiriennes (A) et celui des filles européennes (B) (planche 17)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel ivoirien est significativement supérieur à celui obtenu avec le référentiel européen ( $p=0,02$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré avec le référentiel ivoirien qu'avec le référentiel européen. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -4 à +4, -5 à +5 et -6 à +6, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel européen, cette différence n'étant pas significative ( $p=0,08$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel ivoirien est plus « pointue » que celle obtenue avec le référentiel européen. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p=0,41$  et  $p=0,10$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,20$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,17$ ).

Sur les cinq filles âgées de moins de 6 ans (B), seulement une présente une estimation de son âge dentaire et uniquement avec le référentiel ivoirien. De 6 à 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Avec le référentiel ivoirien, le seul groupe d'âge qui présente des rangs 0 est le groupe C. Avec le référentiel européen, les groupes d'âge C, D, E et G présentent des rangs 0.



	A	B
Effectif échantillon test	153	153
% réponse	52,9	39,2
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	54 (95,1%)	78 (96,7%)
Performance (% de rangs 0)	4,9	15,0
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,08
Kurtosis	0,41	0,10
Asymétrie	0,94	0,27
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,20
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,17



( $n_A=0, n_B=5, n_C=46, n_D=58, n_E=26, n_F=15, n_G=3$ )

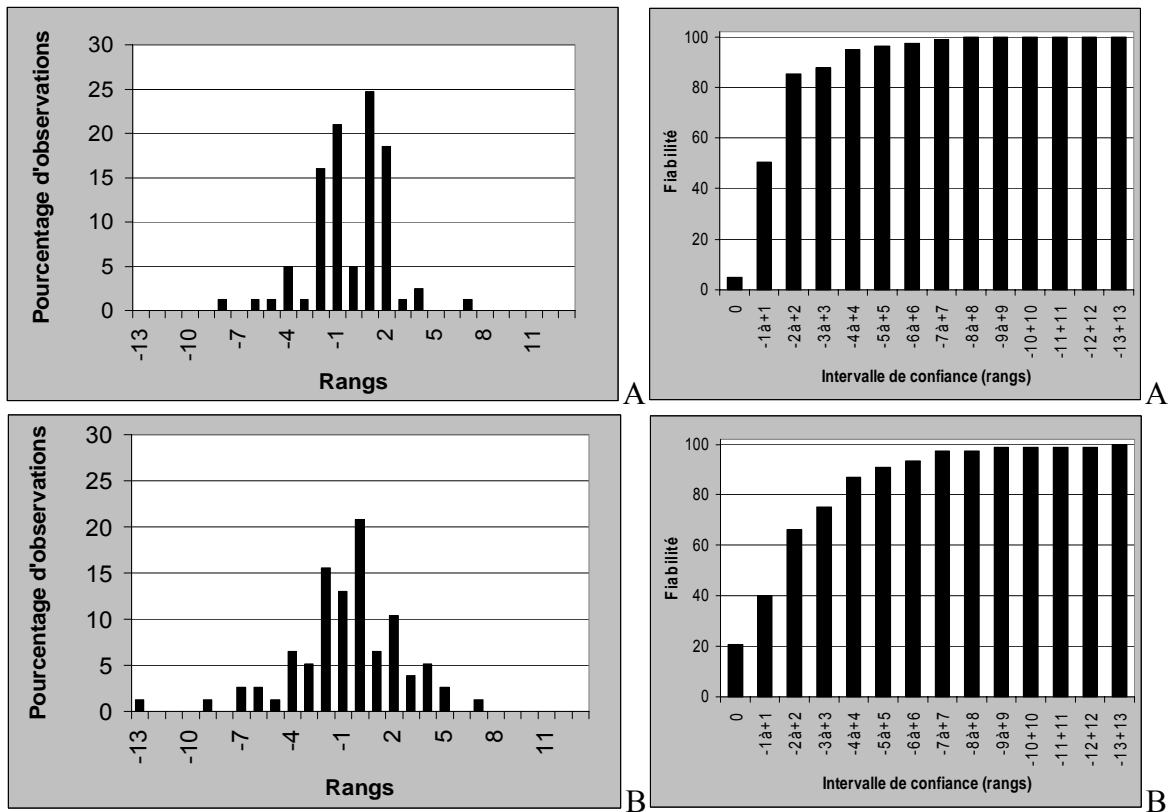
Planche 17 : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles ivoiriennes selon le référentiel des filles ivoiriennes (A) et celui des filles européennes (B)



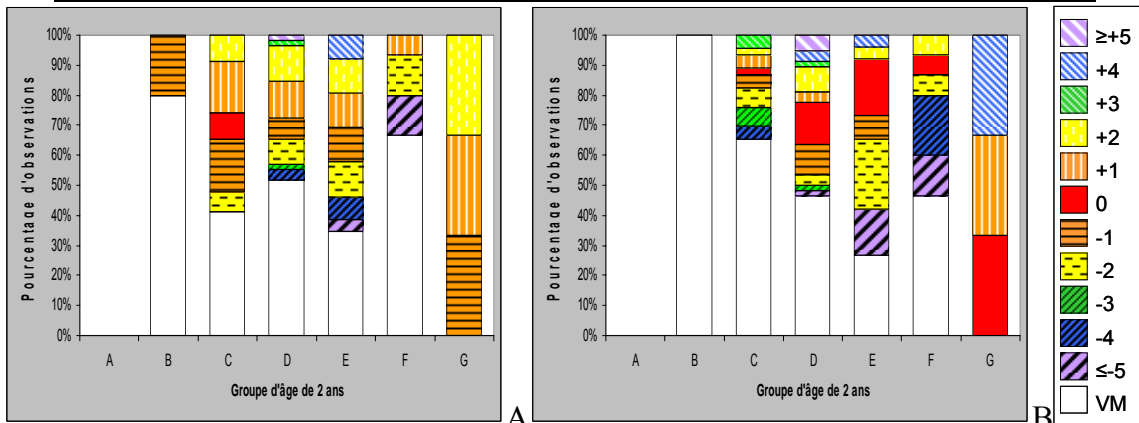
Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles ivoiriennes selon le référentiel des filles ivoiriennes (A) et celui des filles iraniennes (B) (planche 18)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel ivoirien est meilleur que celui obtenu avec le référentiel iranien, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,65$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré avec le référentiel ivoirien qu'avec le référentiel iranien. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -4 à +4, -5 à +5, -6 à +6 et -7 à +7, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel iranien, cette différence est significative ( $p<0,009$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel iranien est plus « pointue » que celle obtenue avec le référentiel ivoirien. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p=0,94$  et  $p=0,17$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,13$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions sont significativement différentes ( $p<0,009$ ). Cette différence est principalement liée aux proportions de rangs 0 et +1.

Sur les cinq filles âgées de moins de 6 ans (B), seulement une présente une estimation de son âge dentaire et uniquement avec le référentiel ivoirien. De 6 à 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Avec le référentiel ivoirien, le seul groupe d'âge qui présente des rangs 0 est le groupe C. Avec le référentiel iranien, tous les groupes d'âge présentent des rangs 0 (excepté en B).



	A	B
Effectif échantillon test	153	153
% réponse	52,9	50,3
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	54 (95,1%)	90 (97,4%)
Performance (% de rangs 0)	4,9	20,8
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,01
Kurtosis	0,41	3,22
Asymétrie	0,94	0,17
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,13
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,00



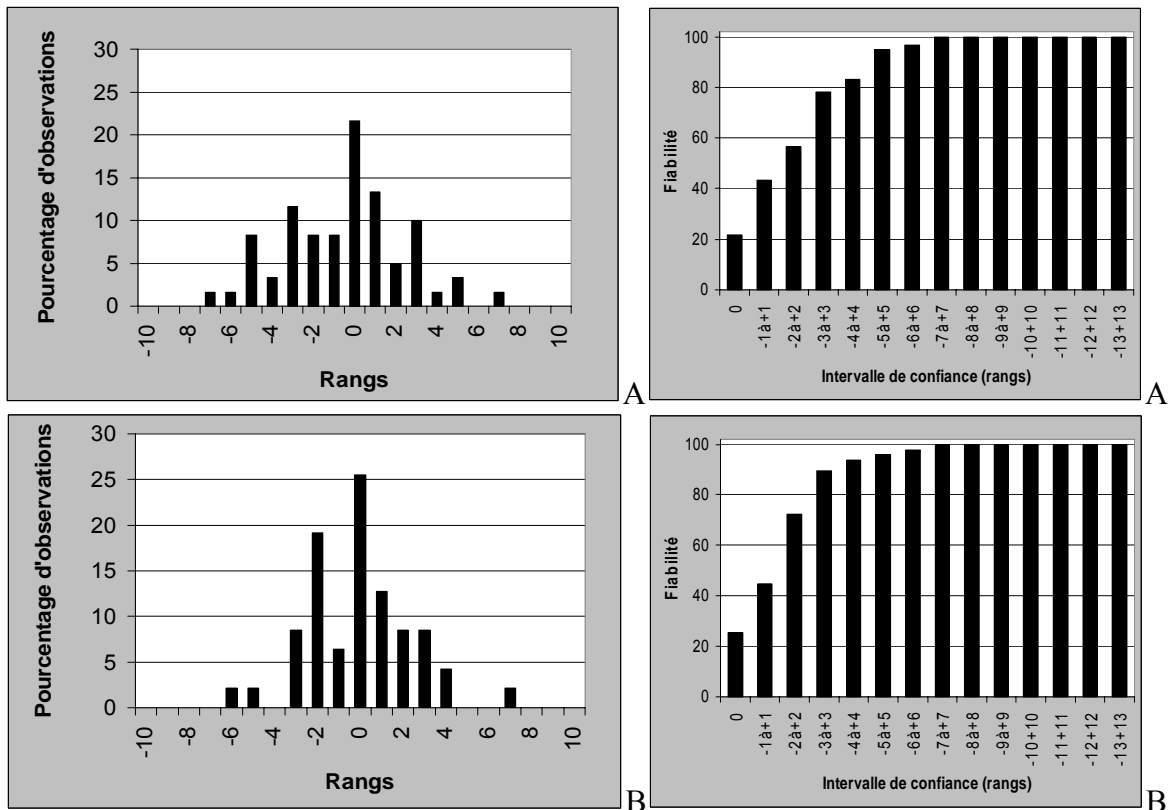
( $n_A=0, n_B=5, n_C=46, n_D=58, n_E=26, n_F=15, n_G=3$ )

Planche 18 : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles ivoiriennes selon le référentiel des filles ivoiriennes (A) et celui des filles iraniennes (B)

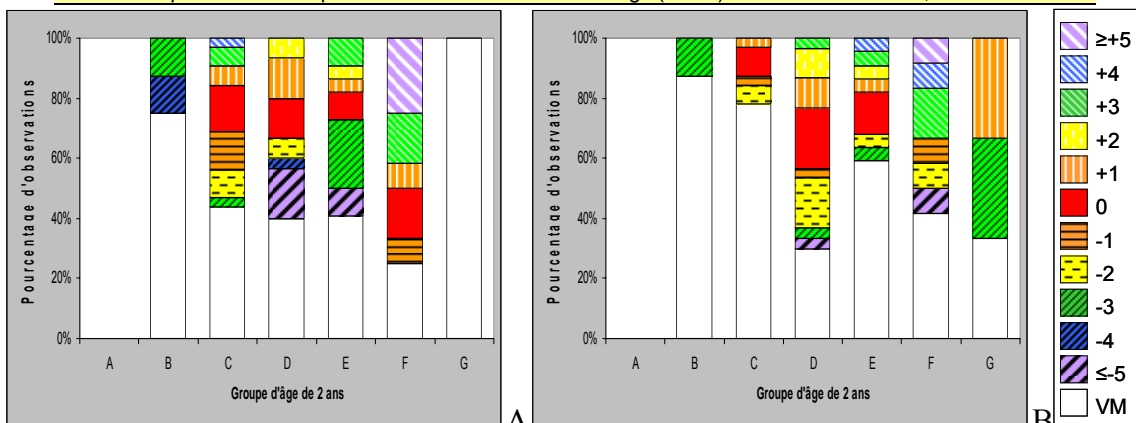
Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons ivoiriens selon le référentiel des garçons ivoiriens (A) et celui des garçons européens (B) (planche 19)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel ivoirien est meilleur que celui obtenu avec le référentiel européen, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,08$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est le même pour les deux référentiels. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel iranien, néanmoins cette différence n'est pas significative ( $p=0,64$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel iranien est aussi « pointue » que celle obtenue avec le référentiel européen. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p=0,61$  et  $p=0,90$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,73$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,98$ ).

Sur les 8 filles âgées de moins de 6 ans (B), seulement deux présentent une estimation de leur âge dentaire selon le référentiel ivoirien, et une selon le référentiel européen. De 6 à 16 ans (C, D, E, F), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. De 14 à 16 ans (G), le référentiel ivoirien ne permet pas d'obtenir d'estimations de l'âge dentaire des trois filles, tandis que le référentiel européen en fournit deux. De 6 à 14 ans, la distribution obtenue avec le référentiel ivoirien présente dans les quatre groupes d'âge des rangs 0, tandis que celle obtenue avec le référentiel européen n'en présente qu'entre 6 et 12 ans.



	A	B
Effectif échantillon test	107	107
% réponse	56,1	43,9
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	66 (95,0%)	66 (95,7%)
Performance (% de rangs 0)	21,7	25,5
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,64
Kurtosis	1,59	1,61
Asymétrie	0,61	0,90
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,73
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,98



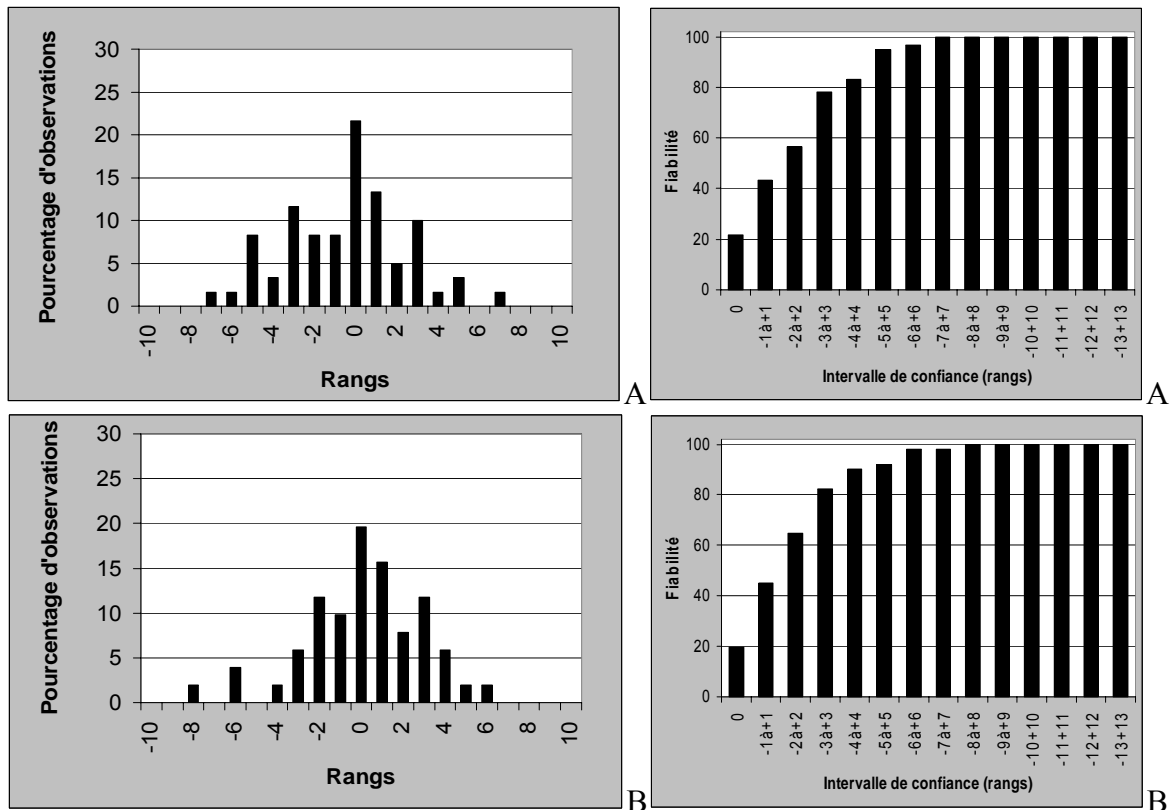
( $n_A=0, n_B=8, n_C=32, n_D=30, n_E=22, n_F=12, n_G=3$ )

Planche 19 : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons ivoiriens selon le référentiel des garçons ivoiriens (A) et celui des garçons européens (B)

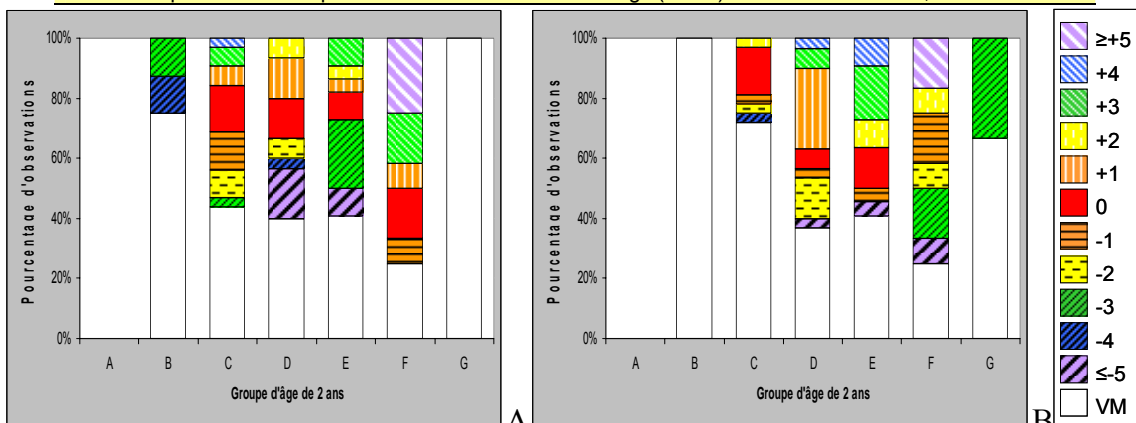
Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons ivoiriens selon le référentiel des garçons ivoiriens (A) et celui des garçons iraniens (B) (planche 20)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel ivoirien est meilleur que celui obtenu avec le référentiel iranien, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,22$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré avec le référentiel ivoirien qu'avec le référentiel iranien. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -5 à +5 et -6 à +6 il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel ivoirien, néanmoins cette différence n'est pas significative ( $p=0,79$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel ivoirien est plus « pointue » que celle obtenue avec le référentiel iranien. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p=0,61$  et  $p=0,58$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,29$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,79$ ).

Sur les 8 filles âgées de moins de 6 ans (B), seulement deux présentent une estimation de leur âge dentaire et uniquement avec le référentiel ivoirien. De 6 à 16 ans (C, D, E, F), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. De 14 à 16 ans (G), le référentiel ivoirien ne permet pas d'obtenir d'estimation de l'âge dentaire des trois filles, tandis que le référentiel iranien en fournit un. De 6 à 14 ans, la distribution obtenue avec le référentiel ivoirien présente dans les 4 groupes d'âge des rangs 0, tandis que celle obtenue avec le référentiel iranien n'en présente qu'entre 6 et 12 ans.



	A	B
Effectif échantillon test	107	107
% réponse	56,1	47,7
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	66 (95,0%)	78 (98,0%)
Performance (% de rangs 0)	21,7	19,6
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)	0,79	
Kurtosis	1,59	0,07
Asymétrie	0,61	0,58
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)	0,29	
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)	0,79	



( $n_A=0, n_B=8, n_C=32, n_D=30, n_E=22, n_F=12, n_G=3$ )

**Planche 20** : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons ivoiriens selon le référentiel des garçons ivoiriens (A) et celui des garçons iraniens (B)

## Bilan

L'estimation de l'âge dentaire des filles ivoiriennes produite à partir du référentiel des filles ivoiriennes présente une qualité légèrement inférieure à celle produite à partir du référentiel des filles européennes. L'estimation de l'âge dentaire des filles ivoiriennes produite à partir du référentiel des filles ivoiriennes présente une qualité nettement inférieure à celle produite à partir du référentiel des filles iraniennes. Les qualités des estimations de l'âge dentaire des garçons ivoiriens selon les référentiels des garçons ivoiriens et européens sont similaires. Les qualités des estimations de l'âge dentaire des garçons ivoiriens selon les référentiels des garçons ivoiriens et iraniens sont similaires.

### *5.1.4. Bilan de la première approche*

Sur les 12 comparaisons réalisées pour les filles et les garçons, on constate à six reprises une estimation d'âge dentaire de meilleure qualité avec le référentiel non spécifique géographiquement. A deux reprises seulement la qualité de l'estimation de l'âge dentaire est meilleure avec un référentiel géographiquement spécifique. Enfin à quatre reprises les estimations d'âge dentaires produites par les deux référentiels sont similaires.

Le référentiel européen donne de meilleurs résultats pour les filles européennes, les filles iraniennes, les filles ivoiriennes, les garçons européens et les garçons iraniens. Le référentiel ivoirien donne de meilleurs résultats pour les filles ivoiriennes. Le référentiel ivoirien donne de meilleurs résultats pour les filles iraniennes et les garçons européens.

**Au vu de ces résultats, la composition de l'échantillon de référence, en termes d'effectif et d'âge, apparaît plus influente sur la qualité des estimations d'âge dentaire produites par l'approche Bayes Dépendant que l'utilisation de référentiels géographiquement spécifiques.**

## **5.2. Deuxième approche**

Il est également possible d'étudier l'éventuel impact de l'origine géographique sur la qualité de l'estimation de l'âge dentaire par l'approche Bayes Dépendant, en comparant les résultats obtenus pour un échantillon dont l'origine géographique est contrôlée selon l'emploi d'un référentiel géographiquement spécifique ou bien d'un référentiel regroupant tous les individus disponibles, sans distinction d'origine géographique (référentiel total).

### 5.2.1. Résultats pour les enfants européens selon les référentiels européen et total

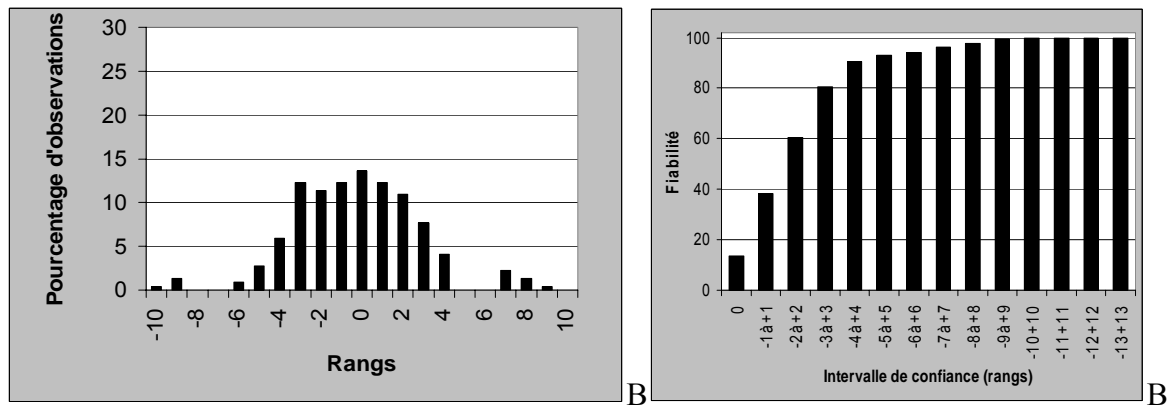
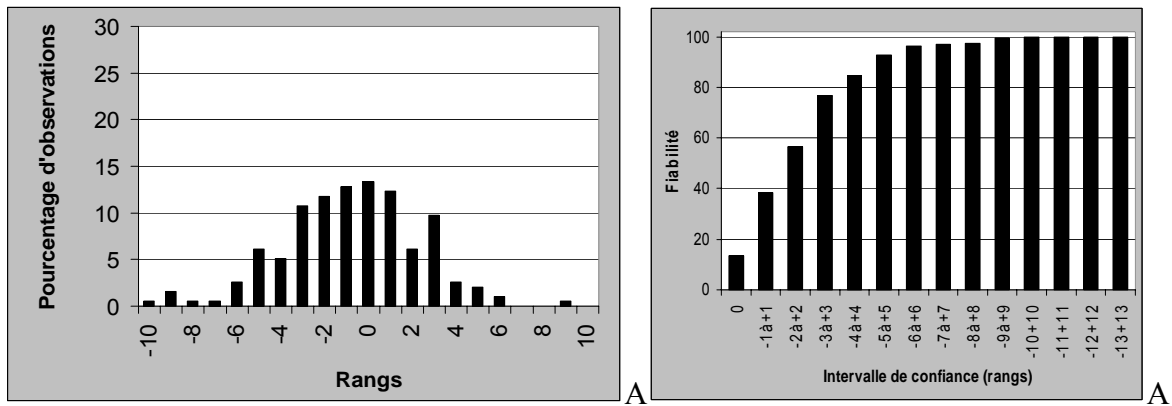
L'âge dentaire des enfants européens est estimé selon le référentiel européen par *Jackknife resampling* avec l'approche Bayes Dépendant. Puis l'âge dentaire des enfants européens est estimé selon le référentiel total par *Jackknife resampling* avec l'approche Bayes Dépendant. Le référentiel total est composé de 1036 filles et de 747 garçons.

#### Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles européennes selon le référentiel des filles européennes (A) et le référentiel féminin total (B) (planche 21)

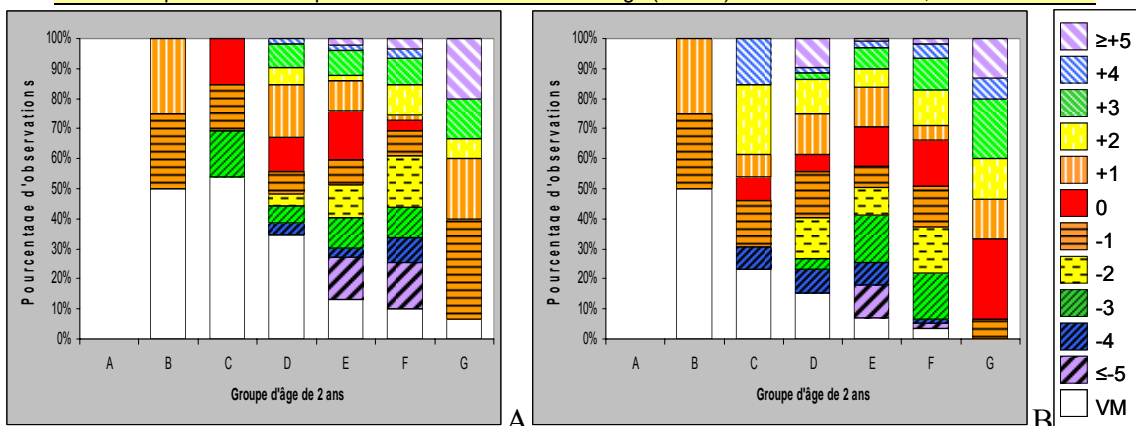
Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel total est meilleur que celui obtenu avec le référentiel européen, cette différence étant significative ( $p=0,01$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré avec le référentiel européen qu'avec le référentiel total. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -6 à +6 et -7 à +7, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel total, néanmoins cette différence n'est pas significative ( $p=0,93$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel européen est moins « aplatie » que celle obtenue avec le référentiel total. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p=0,06$  et  $p=0,36$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,28$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,51$ ).

Sur les quatre filles de moins de 6 ans (B), deux présentent une estimation de leur âge dentaire qui reste la même quel que soit le référentiel utilisé. De 6 à 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Notons qu'entre 14 et 16 ans (G), la distribution obtenue avec le référentiel total présente 27% de rangs 0, tandis que celle obtenue à partir du référentiel européen n'en présente aucun.





	A	B
Effectif échantillon test	242	242
% réponse	80,6	90,9
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	78 (96,4%)	90 (96,4%)
Performance (% de rangs 0)	13,3	13,6
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,93
Kurtosis	-1,22	-1,37
Asymétrie	0,06	0,36
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,28
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,51



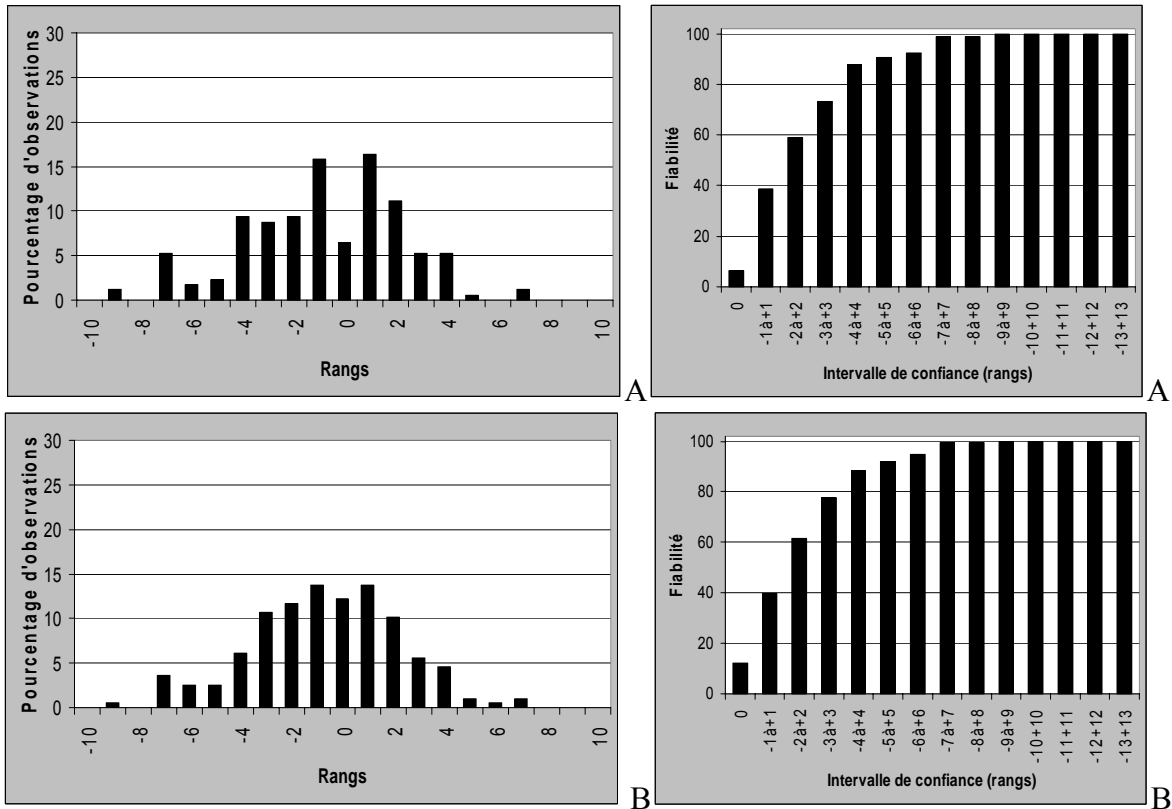
( $n_A=0, n_B=4, n_C=13, n_D=52, n_E=99, n_F=59, n_G=15$ )

Planche 21 : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles européennes selon le référentiel des filles européennes (A) et le référentiel féminin total (B)

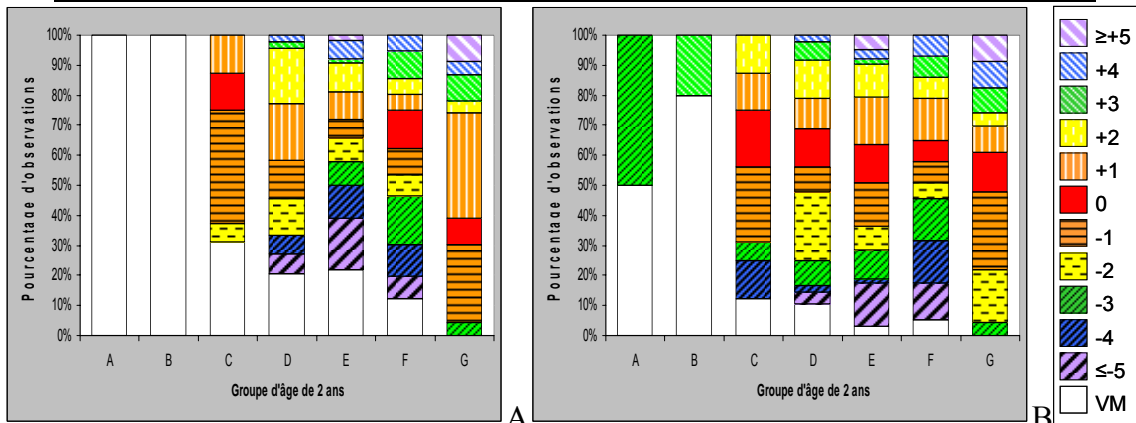
Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons européens selon le référentiel des garçons européens (A) et le référentiel masculin total (B) (planche 22)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel total est meilleur que celui obtenu avec le référentiel européen, cette différence étant significative ( $p < 0,009$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est le même pour les deux référentiels. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel total, néanmoins cette différence n'est pas significative ( $p = 0,06$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel européen est moins « aplatie » que celle obtenue avec le référentiel total. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p = 0,18$  et  $p = 0,12$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p = 0,87$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p = 0,76$ ).

Sur les 7 garçons de moins de 6 ans (A, B), deux présentent une estimation de leur âge dentaire et uniquement avec le référentiel total. De 6 à 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. On constate que de 6 à 16 ans, tous les groupes d'âge présentent des rangs 0 avec le référentiel total, tandis qu'avec le référentiel européen, il n'y a pas de rang 0 entre 8 et 12 ans. Il est intéressant d'observer qu'avec le référentiel total les distributions des rangs selon les groupes d'âge sont homogènes et relativement bien centrées sur le rang 0.



	A	B
Effectif échantillon test	214	214
% réponse	79,9	92,1
Intervalle de confiance $\geq$ 95%	90 (98,8%)	90 (99,5%)
Performance (% de rangs 0)	6,4	12,2
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,06
Kurtosis	-0,22	-1,32
Asymétrie	0,18	0,12
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,87
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,76



( $n_A=2, n_B=5, n_C=16, n_D=48, n_E=64, n_F=56, n_G=23$ )

**Planche 22 :** Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons européens selon le référentiel des garçons européens (A) et le référentiel masculin total (B)

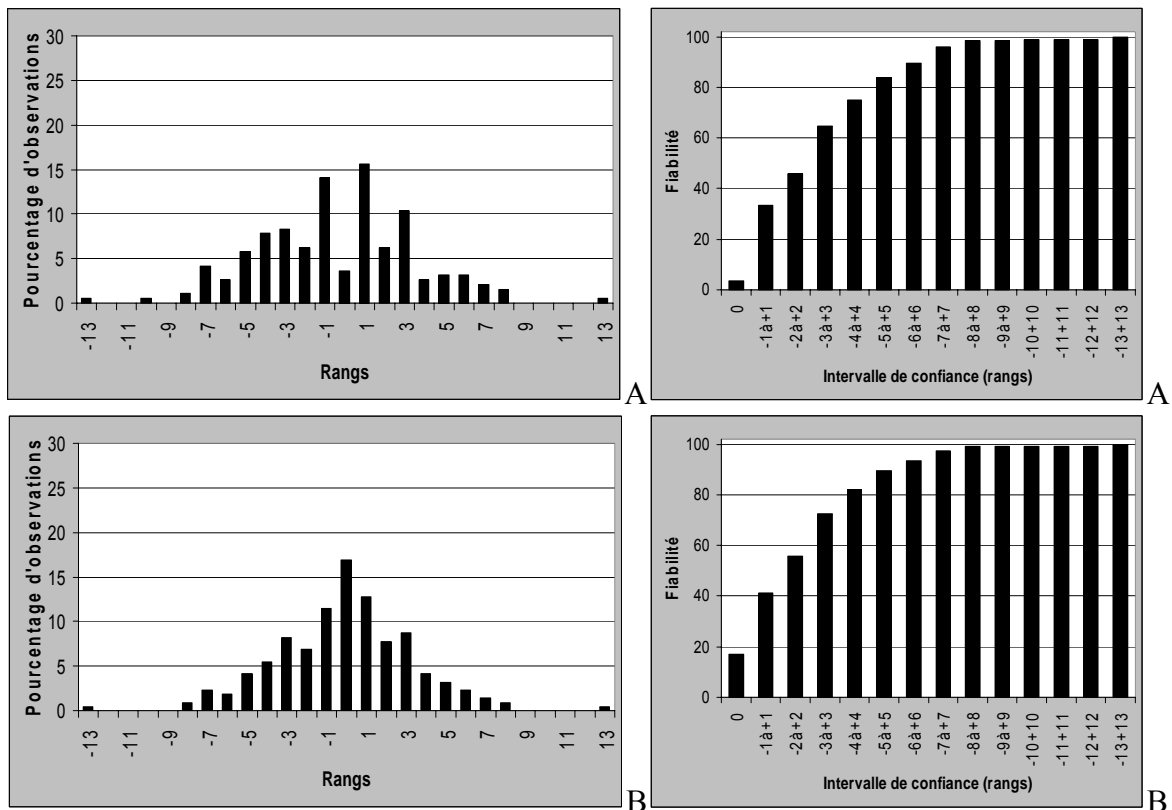
### 5.2.2. Résultats pour les enfants iraniens selon les référentiels iranien et total

L'âge dentaire des enfants iraniens est estimé selon le référentiel iranien par *Jackknife resampling* avec l'approche Bayes Dépendant. Puis l'âge dentaire des enfants iraniens est estimé selon le référentiel total par *Jackknife resampling* avec l'approche Bayes Dépendant. Le référentiel total est composé de 1036 filles et de 747 garçons.

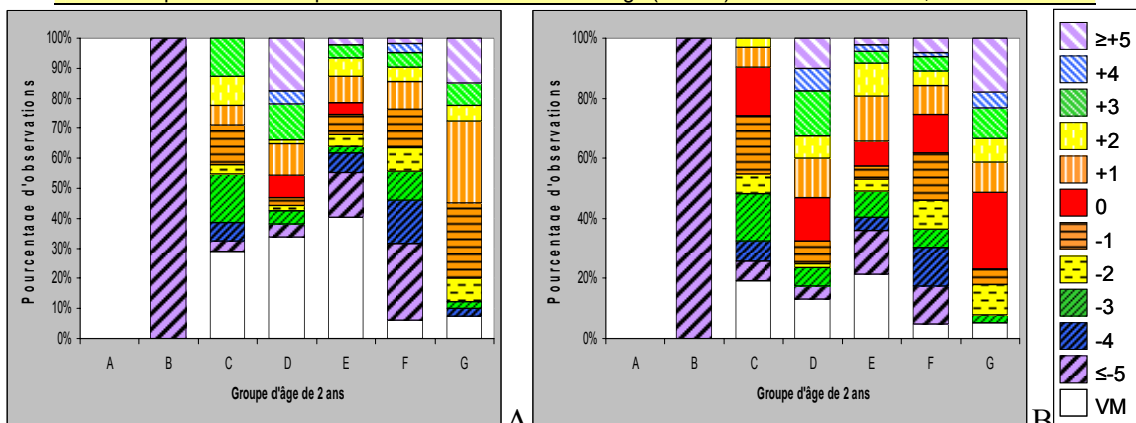
#### Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles iraniennes selon le référentiel des filles iraniennes (A) et le référentiel féminin total (B) (planche 23)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel total est meilleur que celui obtenu avec le référentiel iranien, cette différence étant significative ( $p < 0,009$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est le même pour les deux référentiels. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel total, cette différence étant significative ( $p < 0,009$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel iranien est plus « pointue » que celle obtenue avec le référentiel total. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p = 0,57$  et  $p = 1,00$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p = 0,57$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions sont significativement différentes ( $p = 0,01$ ). Cette différence entre les deux distributions est principalement due au déficit de rangs 0 présenté par la distribution obtenue avec le référentiel iranien.

La seule fille âgée de moins de 6 ans présente un rang  $\leq -5$  quel que soit le référentiel utilisé. De 6 à 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Notons qu'entre 6 et 16 ans, tous les groupes d'âge présentent des rangs 0 avec le référentiel total, tandis que seuls les groupes d'âge D et E en présentent avec le référentiel iranien.



	A	B
Effectif échantillon test	249	249
% réponse	76,8	88,0
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (95,8%)	90 (97,3%)
Performance (% de rangs 0)	3,6	16,9
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,00
Kurtosis	1,49	1,37
Asymétrie	0,57	1,00
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,57
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)		0,01



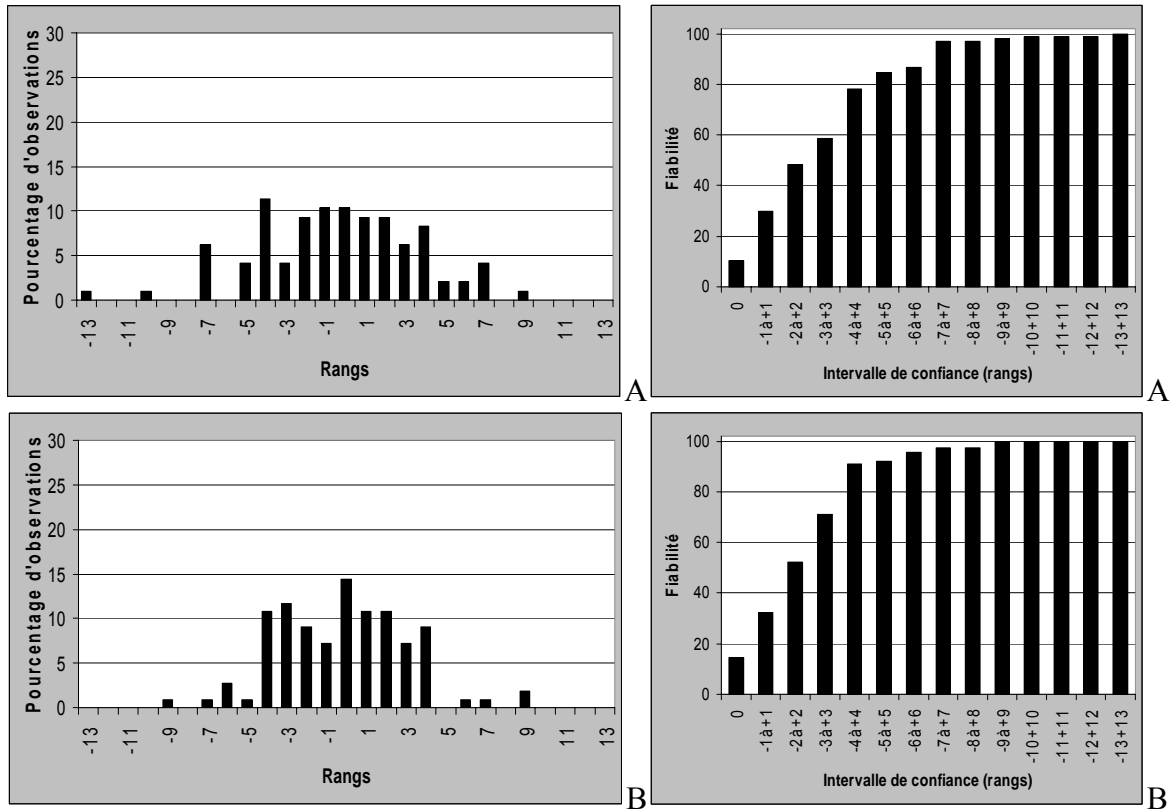
( $n_A=0, n_B=1, n_C=31, n_D=68, n_E=47, n_F=63, n_G=39$ )

**Planche 23** : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles iraniennes selon le référentiel des filles iraniennes (A) et le référentiel féminin total (B)

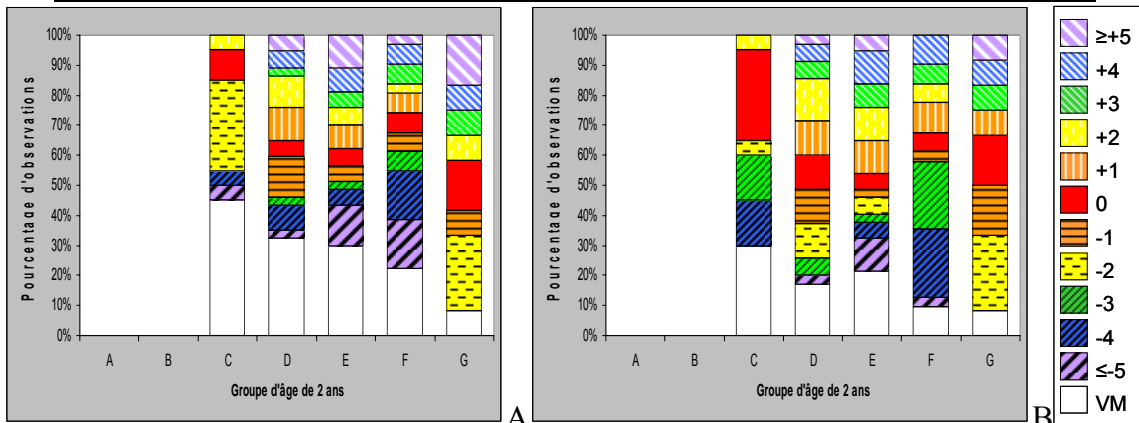
Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons iraniens selon le référentiel des garçons iraniens (A) et le référentiel masculin total (B) (planche 24)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel total est meilleur que celui obtenu avec le référentiel iranien, cette différence étant significative ( $p=0,03$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré avec le référentiel total qu'avec le référentiel iranien. Cette différence est significative puisque pour l'intervalle de confiance -7 à +7, le référentiel total permet de regrouper un taux de garçons significativement plus grand que celui du référentiel iranien. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel total, néanmoins cette différence n'est pas significative ( $p=0,37$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel iranien est moins « aplatie » que celle obtenue avec le référentiel total. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p=0,78$  et  $p=0,83$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,86$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,37$ ).

De 6 à 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Les distributions des rangs selon les groupes d'âge sont très similaires entre les deux référentiels.



	A	B
Effectif échantillon test	135	135
% réponse	70,8	82,2
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (96,9%)	78 (95,5%)
Performance (% de rangs 0)	10,3	14,4
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)	0,37	
Kurtosis	-1,20	-1,55
Asymétrie	0,70	0,83
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)	0,86	
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=10)	0,37	



( $n_A=0, n_B=0, n_C=20, n_D=35, n_E=37, n_F=31, n_G=12$ )

Planche 24 : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons iraniens selon le référentiel des garçons iraniens (A) et le référentiel masculin total (B)

### 5.2.3. Résultats pour les enfants ivoiriens selon les référentiels ivoirien et total

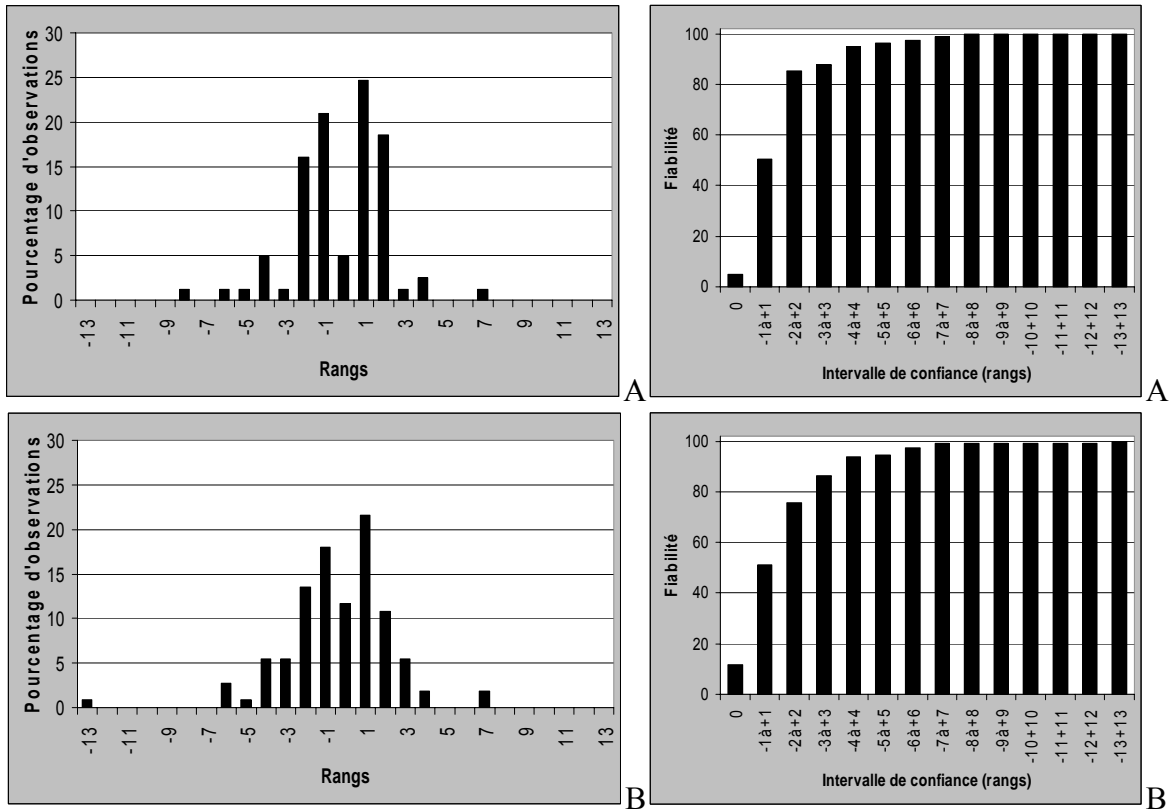
L'âge dentaire des enfants ivoiriens est estimé selon le référentiel ivoirien par *Jackknife resampling* avec l'approche Bayes Dépendant. Puis l'âge dentaire des enfants ivoiriens est estimé selon le référentiel total par *Jackknife resampling* avec l'approche Bayes Dépendant. Le référentiel total est composé de 1036 filles et de 747 garçons.

#### Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles ivoiriennes selon le référentiel des filles ivoiriennes (A) et le référentiel féminin total (B) (planche 25)

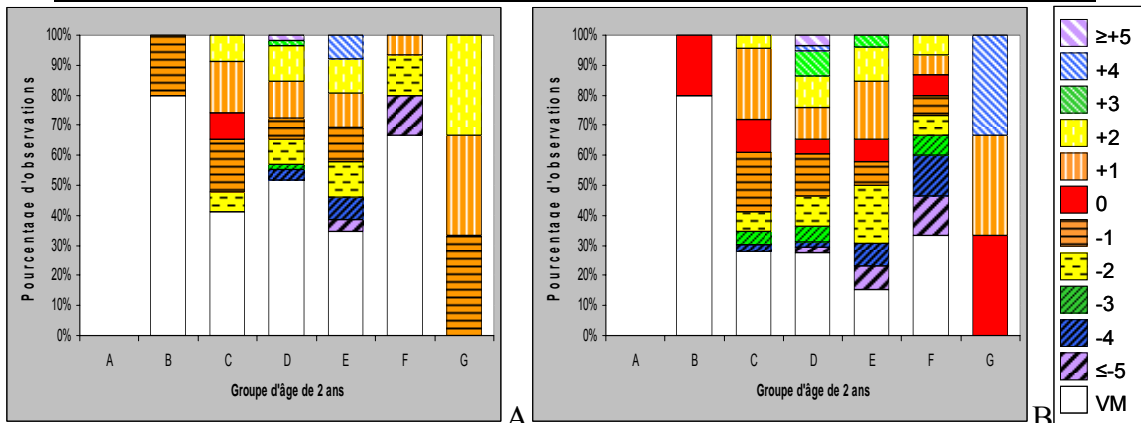
Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel total est meilleur que celui obtenu avec le référentiel ivoirien, cette différence étant significative ( $p < 0,009$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré avec le référentiel ivoirien qu'avec le référentiel total. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -4 à +4, -5 à +5 et -6 à +6, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel total, néanmoins cette différence n'est pas significative ( $p = 0,17$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel total est plus « pointue » que celle obtenue avec le référentiel ivoirien. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p = 0,94$  et  $p = 0,67$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p = 0,63$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p = 0,51$ ).

Sur les cinq filles âgées de moins de 6 ans (B), seulement une possède une estimation de son âge dentaire, et ce avec les deux référentiels. Entre 6 à 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Notons qu'avec le référentiel total, de 4 à 16 ans, tous les groupes d'âge présentent des rangs 0, tandis qu'avec le référentiel ivoirien, seul le groupe d'âge C en présente.





	A	B
Effectif échantillon test	153	153
% réponse	52,9	72,5
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	54 (95,1%)	78 (97,3%)
Performance (% de rangs 0)	4,9	11,7
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,17
Kurtosis	0,41	2,42
Asymétrie	0,94	0,67
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,63
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,51



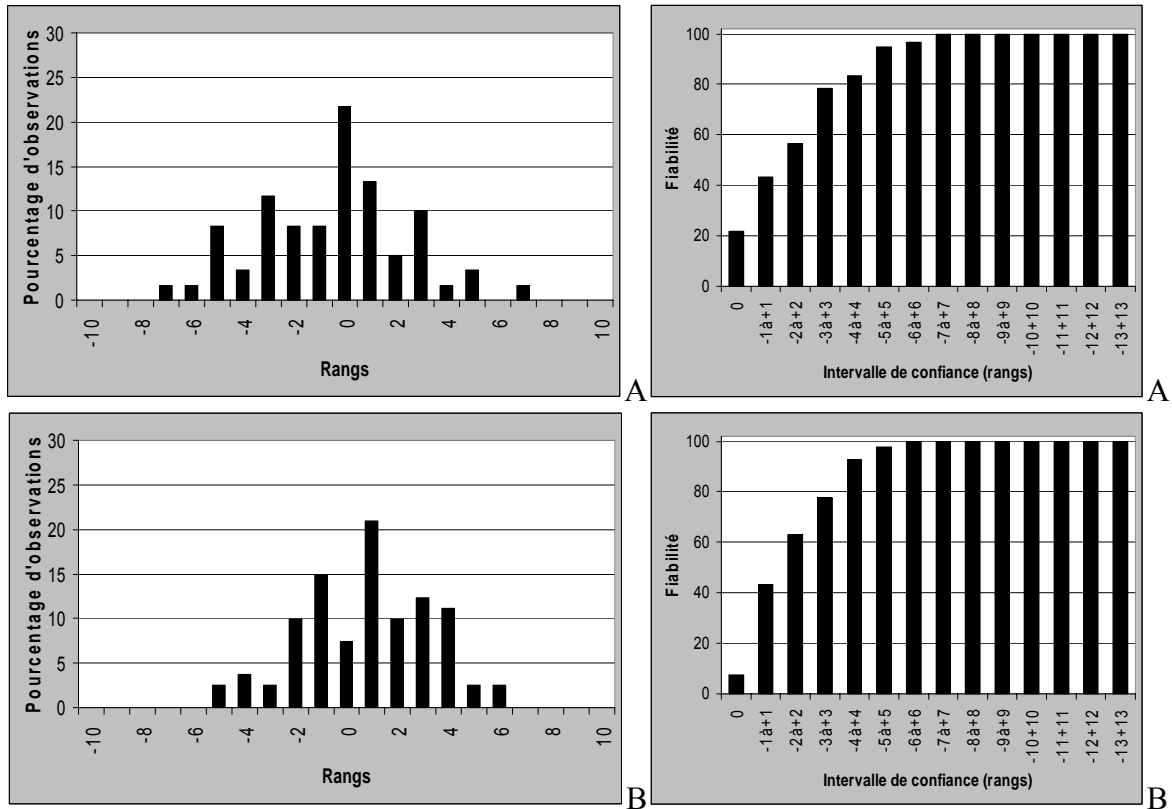
( $n_A=0, n_B=5, n_C=46, n_D=58, n_E=26, n_F=15, n_G=3$ )

Planche 25 : Comparaison des estimations d'âges dentaires des filles ivoiriennes selon le référentiel des filles ivoiriennes (A) et le référentiel féminin total (B)

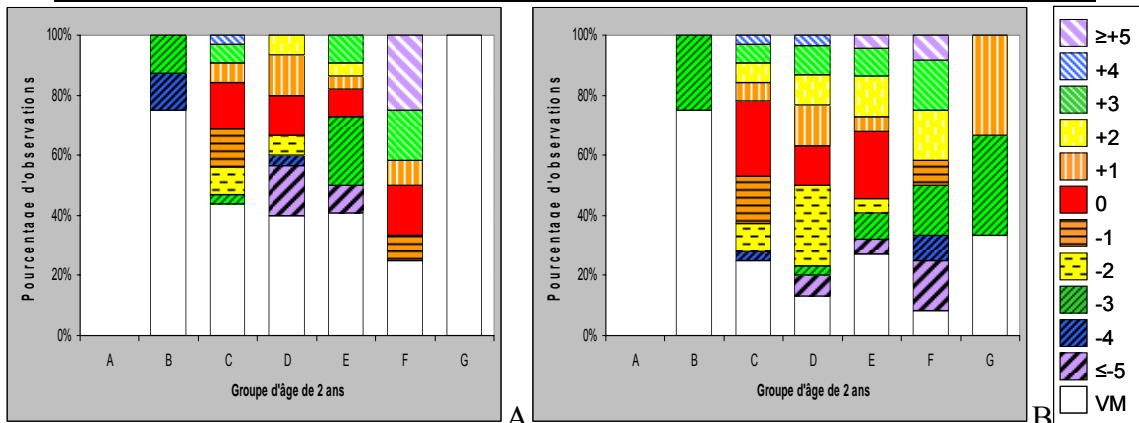
Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons ivoiriens selon le référentiel des garçons ivoiriens (A) et le référentiel masculin total (B) (planche 26)

Le **taux de réponse** obtenu avec le référentiel total est meilleur que celui obtenu avec le référentiel ivoirien, cette différence étant significative ( $p < 0,009$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est le même pour les deux référentiels. On constate une meilleure **performance** avec le référentiel ivoirien, cette différence étant significative ( $p = 0,01$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec le référentiel ivoirien est plus « pointue » que celle obtenue avec le référentiel total. Quel que soit le référentiel utilisé, aucune des deux distributions ne présente significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p = 0,61$  et  $p = 0,08$ ). Néanmoins, ces proportions sont significativement différentes entre les deux référentiels ( $p = 0,04$ ). La distribution obtenue avec le référentiel ivoirien présente une majorité de rangs négatifs, tandis que celle obtenue avec le référentiel total présente une majorité de rangs positifs. Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p = 0,90$ ).

Sur les 8 garçons âgés de moins de 6 ans (B), un possède une estimation de son âge dentaire avec le référentiel ivoirien et deux avec le référentiel total. De 6 à 14 ans (C, D, E, F), les proportions de rangs positifs et négatifs observées selon le référentiel employé ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Entre 14 et 16 ans (G), seul le référentiel total permet de produire une estimation de l'âge dentaire de deux des trois garçons. Notons qu'entre 6 et 14 ans, le référentiel ivoirien permet d'obtenir des rangs 0, tandis que le référentiel total n'en produit qu'entre 6 et 12 ans.



	A	B
Effectif échantillon test	107	107
% réponse	56,1	75,7
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	66 (95,0%)	66 (97,5%)
Performance (% de rangs 0)	21,7	7,4
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,01
Kurtosis	1,59	0,03
Asymétrie	0,61	0,08
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,04
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,90



( $n_A=0, n_B=8, n_C=32, n_D=30, n_E=22, n_F=12, n_G=3$ )

Planche 26 : Comparaison des estimations d'âges dentaires des garçons ivoiriens selon le référentiel des garçons ivoiriens (A) et le référentiel masculin total (B)

#### 5.2.4. Bilan de la deuxième approche

A l'exception des garçons ivoiriens, les résultats obtenus avec le référentiel total sont de meilleure qualité que ceux obtenus avec les référentiels géographiquement spécifiques. Cette différence qualitative se matérialise principalement par trois aspects :

- **le taux de réponse est systématiquement meilleur avec le référentiel total**, le gain allant de 10,3% pour les filles européennes à 19,6% pour les filles ivoiriennes et pour les garçons ivoiriens. Cette amélioration du taux de réponse est directement liée à la taille de l'effectif du référentiel total. Rappelons que les individus pour lesquels l'approche Bayes Dépendant n'est pas en mesure de produire une estimation de l'âge dentaire, sont des individus possédant une séquence de minéralisation dentaire non représentée dans le référentiel. Plus l'effectif du référentiel est important, plus la variabilité existant au sein des séquences de minéralisation dentaire sera prise en compte, moins il y a de chance de se trouver dans un tel cas de figure.

- **dans la majorité des cas, la performance** (*i.e.* la proportion de rangs 0) **est meilleure avec le référentiel total, et, chose peut-être plus importante encore, la distribution de ces rangs 0 selon l'âge est beaucoup plus homogène** (*cf.* planches 21, 22, 23 et 25).

- la combinaison des deux critères qualitatifs précédents, associés au critère de symétrie par rapport au rang 0, donne aux **distributions obtenues avec le référentiel total une allure plus proche de ce que l'on attend d'une méthode d'estimation d'âge efficace**, à savoir : une distribution dont le mode est le rang 0 et qui est relativement symétrique par rapport au rang 0. L'exemple illustrant le mieux ce constat étant la distribution obtenue pour les filles iraniennes (*cf.* planche 23).

**L'ensemble des résultats fournis par la deuxième approche confirme ceux de la première, à savoir que la composition du référentiel en termes d'effectif et d'âge exerce une plus grande influence sur la qualité des résultats que la prise en compte de l'origine géographique.**

## 6. Durée de vie intra utérine, poids et taille à la naissance

La durée de la vie intra utérine, le poids à la naissance ou encore la taille à la naissance ont-ils une influence sur l'estimation de l'âge dentaire grâce à l'approche Bayes Dépendant ?

### 6.1. Analyse descriptive des données

Le tableau 4 présente les statistiques descriptives des variables poids, taille, BMI, à la naissance, et durée de gestation pour l'ensemble des enfants de l'échantillon du sud de la France avec questionnaire.

**Tableau 4** : Statistiques descriptives des variables poids, taille, BMI, à la naissance, et durée de gestation

	Moyenne	Minimum	Maximum	1° quartile	3° quartile	Ecart type	Effectifs
Poids naissance (kg)	3,29	1,10	4,68	2,98	3,63	0,54	833
Taille naissance (cm)	49,91	40,00	59,00	49,00	51,00	2,41	753
BMI naissance (kg/m <sup>2</sup> )	13,19	5,28	22,75	12,16	14,12	1,69	752
Durée gestation (jours)	275,63	205,00	289,00	280,00	280,00	290,62	835

Les variables constituées par la durée de vie intra utérine, le poids et la taille à la naissance, ou encore le BMI (*Body Mass Index*) à la naissance sont fortement liées les unes aux autres. La figure 20 représente une analyse des correspondances multiples (ACM) réalisée à partir de trois de ces variables sur l'ensemble des enfants de l'échantillon du sud de la France et illustre parfaitement ce phénomène.

Nous avons établi trois modalités pour la durée de gestation (tableau 5) :

- Grand Prématuro (GP) : durée de gestation < 33 semaines d'aménorrhée
- Prématuro (P) : 33 semaines ≤ durée de gestation < 37 semaines
- Durée de gestation normale (Tok) : durée de gestation ≥ 37 semaines

Nous avons établi quatre modalités pour le poids à la naissance :

- Very Low Birth Weight (VLBW) : poids < 2 kg
- Low Birth Weight (LBW) : 2 kg ≤ poids < 2,5 kg
- Normal Birth Weight (NBW) : 2,5 kg ≤ poids < 4,1 kg
- High Birth Weight (HBW) : poids ≥ 4,1 kg

Pour le BMI à la naissance trois modalités ont été établies :

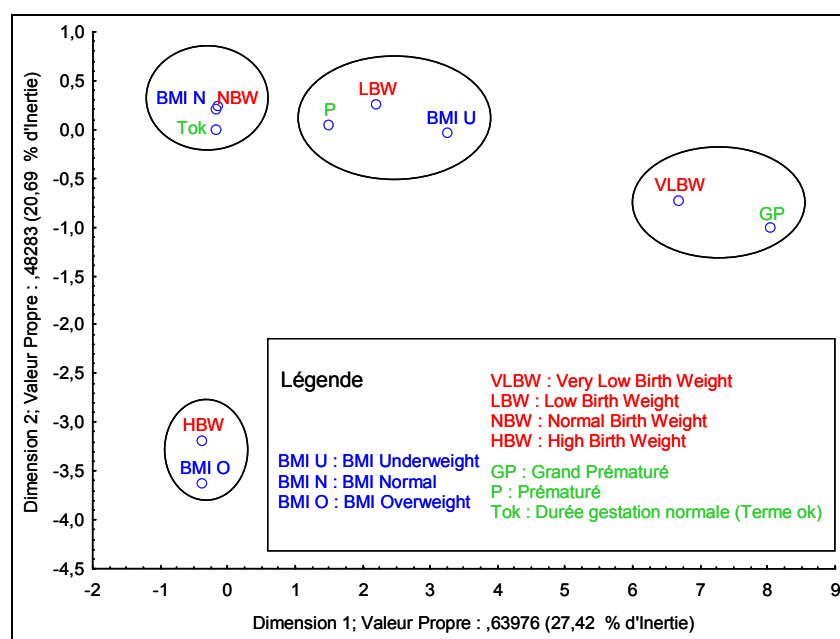
- BMI Underweight (BMI U) : BMI < 10,7 kg/m<sup>2</sup>
- BMI Normal (BMI N) : 10,7 kg/m<sup>2</sup> ≤ BMI < 15,7 kg/m<sup>2</sup>
- BMI Overweight (BMI O) : BMI ≥ 15,7 kg

**Tableau 5 :** Effectifs par modalités pour les variables : durée de gestation, poids à la naissance et BMI à la naissance <sup>1</sup>

Modalités	Durée de gestation			Poids à la naissance				BMI		
	GP	P	Tok	VLBW	LBW	NBW	HBW	BMI U	BMI N	BMI O
Filles	3	25	434	9	22	411	30	18	384	24
Garçons	3	31	339	8	15	316	22	20	293	13

<sup>1</sup>GP : grand prématuré, P : prématuré, Tok : naissance à terme, VLBW : très faible poids à la naissance, LBW : faible poids à la naissance, NBW : poids normal à la naissance, HBW : poids élevé à la naissance, BMI U : sous-poids, BMI N : indice de masse corporelle normal, BMI O : surpoids

**Figure 20 :** ACM à partir des variables : durée de gestation, poids et BMI à la naissance



Nous constatons que l'ACP répartit les différentes modalités de ces trois variables d'une manière non aléatoire. En effet, les six modalités correspondant au poids à la naissance et à la durée de vie intra utérine se distribuent sur un vecteur principalement lié à la première dimension de l'ACP. Ainsi, la modalité « poids à la naissance normal » (NBW) et la modalité « durée de gestation normale » (Tok) sont très proches de l'origine de l'ACP et forment un premier ensemble. Un deuxième ensemble se détache avec la modalité « prématurés » (P) et la modalité « faible poids à la naissance » (LBW) qui conservent toutes les deux des coordonnées proches de 0 sur la deuxième dimension et de l'ordre de 1,5 à 3,5 sur la première. La modalité « très faible poids à la naissance » (VLBW) et la modalité « grand prématuré » (GP) forment un troisième ensemble entre 6,5 et 8 sur la première dimension et entre 0,5 et 1 sur la deuxième. La variable BMI se répartit logiquement entre le premier et le deuxième ensemble, respectivement pour BMI N et BMI U. Un quatrième et

dernier ensemble se détache, regroupant les modalités « poids élevé à la naissance » (HBW) et « surpoids à la naissance » (BMI O). Ce dernier ensemble est caractérisé par des coordonnées proches de 0 sur la première dimension et comprises entre -3,1 et -3,6 sur la deuxième dimension.

## 6.2. Poids à la naissance

**Nous avons choisi d'illustrer les éventuels impacts de la durée de vie intra utérine, de la taille à la naissance et du poids à la naissance sur l'estimation de l'âge dentaire, par l'intermédiaire du poids à la naissance.** Ce choix est notamment motivé par la fiabilité des réponses fournies par les parents à l'ensemble de ces items. Si les fiabilités des réponses produites pour la durée de gestation et pour la taille à la naissance ne semblent pas optimales (notamment en raison de la manière dont sont posées les questions), **la fiabilité concernant le poids à la naissance est élevée.** En effet, 57% des réponses à cet item (472/833) sont fournies à la dizaine de gramme près (*i.e.* deux chiffres après la virgule pour une réponse en kg).

Afin d'étudier l'éventuel impact du poids à la naissance sur l'estimation de l'âge dentaire, deux échantillons de référence sont constitués avec les enfants dont le poids à la naissance est normal (411 filles et 316 garçons). Seulement 17 enfants de l'échantillon du sud de la France présentaient des VLBW. Les enfants VLBW sont donc regroupés avec les LBW, formant ainsi deux échantillons de 31 filles et 23 garçons.

L'âge dentaire des enfants des deux échantillons de référence est estimé grâce à la technique du *Jackknife resampling* selon l'approche Bayes Dépendant. L'âge dentaire des enfants en sous poids à la naissance est estimé en fonction du sexe, selon les deux échantillons de référence avec l'approche Bayes Dépendant. **Les âges dentaires estimés sont ici comparés non pas à l'âge chronologique des enfants, mais à leur « âge biologique ».** « L'âge biologique » d'un enfant est égal à la durée de sa vie intra utérine ajoutée à son âge chronologique.

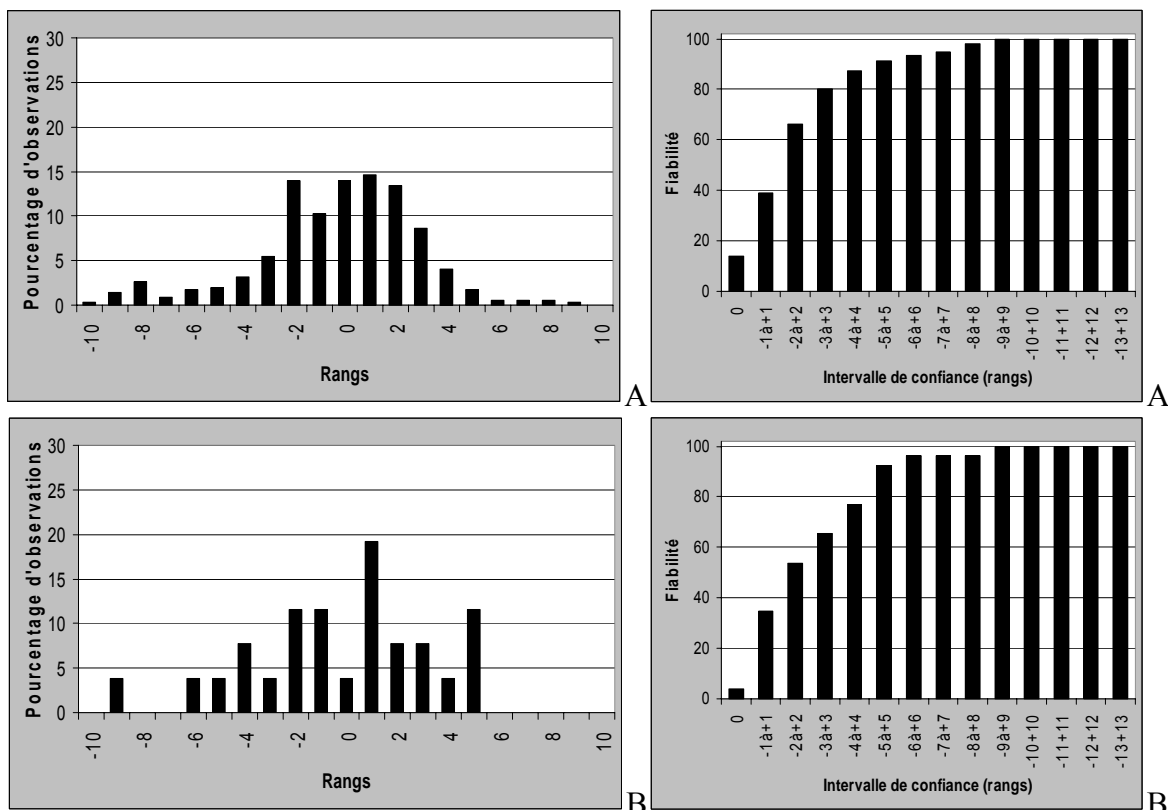
Les distributions de rangs obtenues sont comparées pour les filles NBW et VLBW+LBW, d'une part (planche 27), et pour les garçons NBW et VLBW+LBW, d'autre part (planche 28).

**6.2.1. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles pesant un poids normal à la naissance (A) à celles des filles pesant moins de 2,5 kg à la naissance (B) (planche 27)**

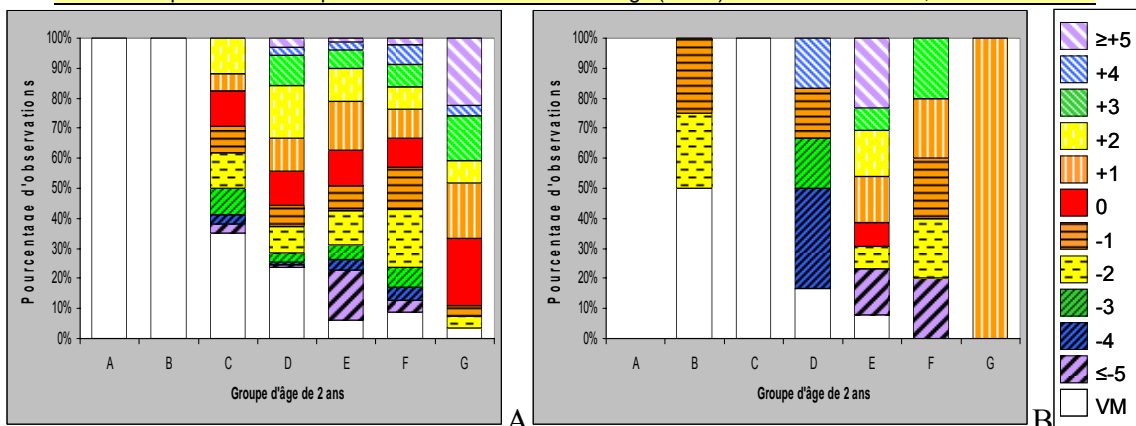
On constate un meilleur **taux de réponse** pour les filles NBW par rapport aux filles VLBW+LBW, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,85$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré pour les filles VLBW+LBW. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -6 à +6, -7 à +7 et -8 à +8, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec les filles NBW, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,23$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les filles VLBW+LBW est plus « pointue » que celle obtenue avec les filles NBW. Pour les deux échantillons, on n'observe pas de différence significative dans la proportion des rangs positifs et des rangs négatifs ( $p=0,71$  et  $p=0,89$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,96$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,67$ ).

De 2 à 8 ans (A, B, C), il n'est pas possible de réaliser de comparaisons entre les deux échantillons par manque d'effectif. De 8 à 16 ans (D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Notons qu'entre 8 et 16 ans les filles NBW présentent des rangs 0, tandis que les filles VLBW+LBW n'en présentent qu'entre 10 et 12 ans.





	A	B
Effectif échantillon test	411	31
% réponse	85,2	83,9
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	102 (98,0%)	78 (96,2%)
Performance (% de rangs 0)	14,0	3,8
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,23
Kurtosis	-0,66	1,03
Asymétrie	0,71	0,89
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,96
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,67



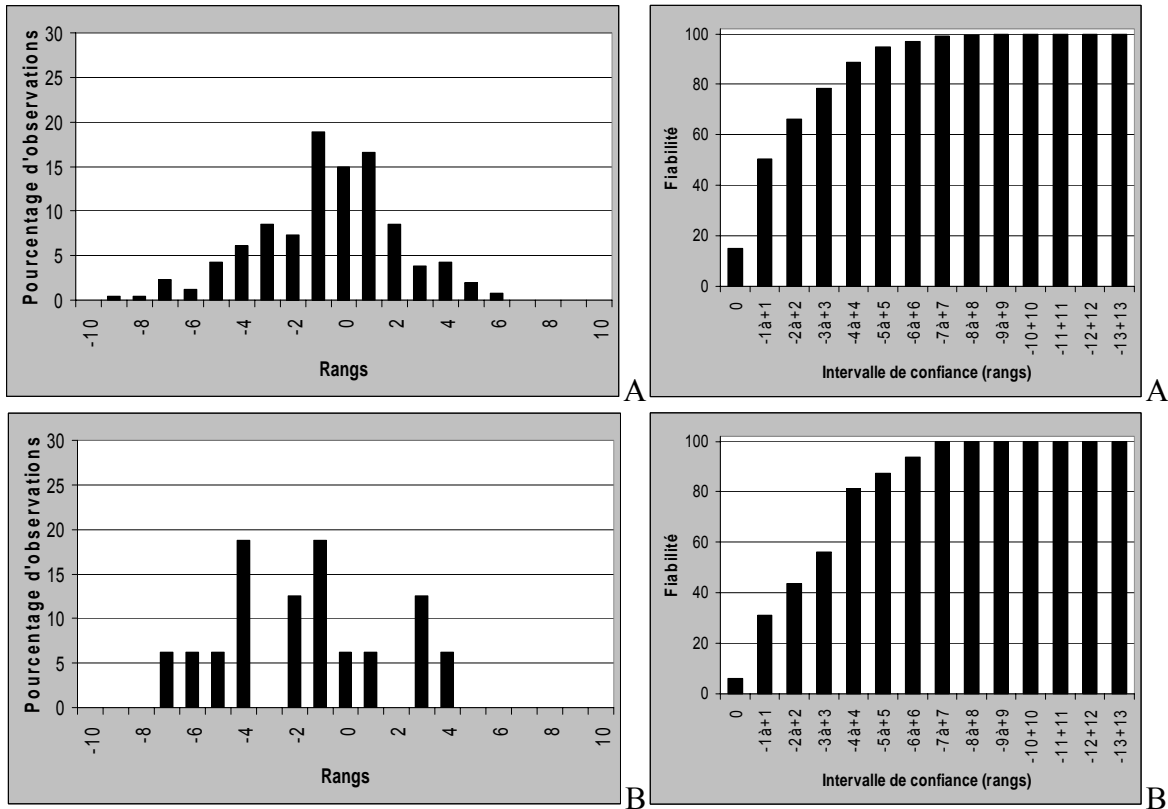
( $n_A=1, n_B=6, n_C=34, n_D=102, n_E=148, n_F=93, n_G=27$ ) ( $n_A=0, n_B=4, n_C=1, n_D=6, n_E=13, n_F=5, n_G=2$ )

**Planche 27** : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles pesant un poids normal à la naissance (A) à celles des filles pesant moins de 2,5 kg à la naissance (B)

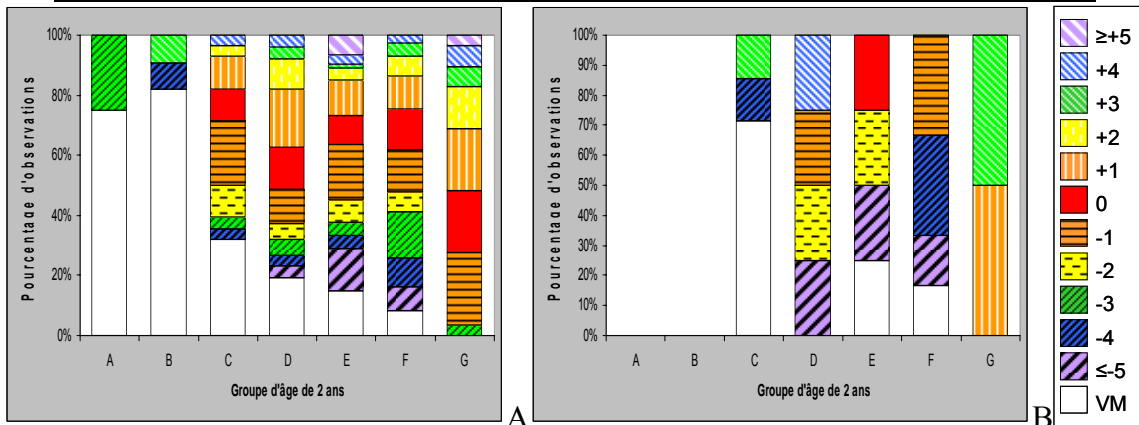
**6.2.2. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons pesant un poids normal à la naissance (A) à celles des garçons pesant moins de 2,5 kg à la naissance (B) (planche 28)**

On constate un meilleur **taux de réponse** pour les garçons NBW par rapport aux garçons VLBW+LBW, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,13$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré pour les garçons NBW. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -5 à +5, -6 à +6 et -7 à +7, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec les garçons NBW, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,13$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les garçons VLBW+LBW est moins « aplatie » que celle obtenue avec les garçons NBW. Pour les deux échantillons, on n'observe pas de différence significative dans la proportion des rangs positifs et des rangs négatifs ( $p=0,09$  et  $p=0,34$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,37$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,46$ ).

De 2 à 8 ans (A, B, C), il n'est pas possible de réaliser de comparaisons entre les deux échantillons par manque d'effectif. Pour les autres groupes d'âges, les effectifs des garçons VLBW+LBW sont également faibles. Nous pouvons néanmoins constater que de 8 à 16 ans (D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs ne sont pas significativement différentes entre les deux échantillons.



	A	B
Effectif échantillon test	316	23
% réponse	82,3	69,6
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	66 (95,0%)	90 (100,0%)
Performance (% de rangs 0)	15,0	6,3
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,55
Kurtosis	0,55	-0,30
Asymétrie	0,09	0,34
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,37
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,46



( $n_A=4, n_B=11, n_C=28, n_D=78, n_E=93, n_F=73, n_G=29$ ) ( $n_A=0, n_B=0, n_C=7, n_D=4, n_E=4, n_F=6, n_G=2$ )

**Planche 28** : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons pesant un poids normal à la naissance (A) à celles des garçons pesant moins de 2,5 kg à la naissance (B)

### 6.3. Bilan

En travaillant avec l'âge biologique (au sens défini ci-dessus), nous constatons que les résultats obtenus pour les enfants pesant moins de 2,5 kg à la naissance (VLBW+LBW) ne diffèrent pas significativement de ceux obtenus avec les enfants d'un poids normal à la naissance. Au vu des résultats produits, le poids à la naissance n'a pas d'influence sur l'estimation de l'âge dentaire avec l'approche Bayes Dépendant. Néanmoins, étant donnés les faibles effectifs d'enfants pesant moins de 2,5 kg à la naissance (31 filles et 23 garçons), ces résultats restent à confirmer par des études portant sur des échantillons plus importants.

## 7. Age de la mère à la naissance de l'enfant

L'âge de la mère à la naissance de l'enfant a-t-il une influence sur l'estimation de l'âge dentaire par l'approche Bayes Dépendant ?

Nous avons créé trois modalités pour l'âge des mères à la naissance de leurs enfants :

- les mères de moins de 20 à la naissance de l'enfant (N=29)
- les mères ayant accouché entre les âges de 20 et 35 ans (N=716)
- les mères ayant accouché après 35 ans (N=97)

En raison du faible nombre de mères ayant accouché avant l'âge de 20 ans (17 ayant eu des filles et 13 des garçons), nous nous pencherons uniquement sur les mères ayant accouché au-delà de 35 ans. Deux échantillons de référence, selon le sexe, sont constitués à partir des enfants dont les mères ont accouché entre les âges de 20 et 35 ans (398 filles et 318 garçons).

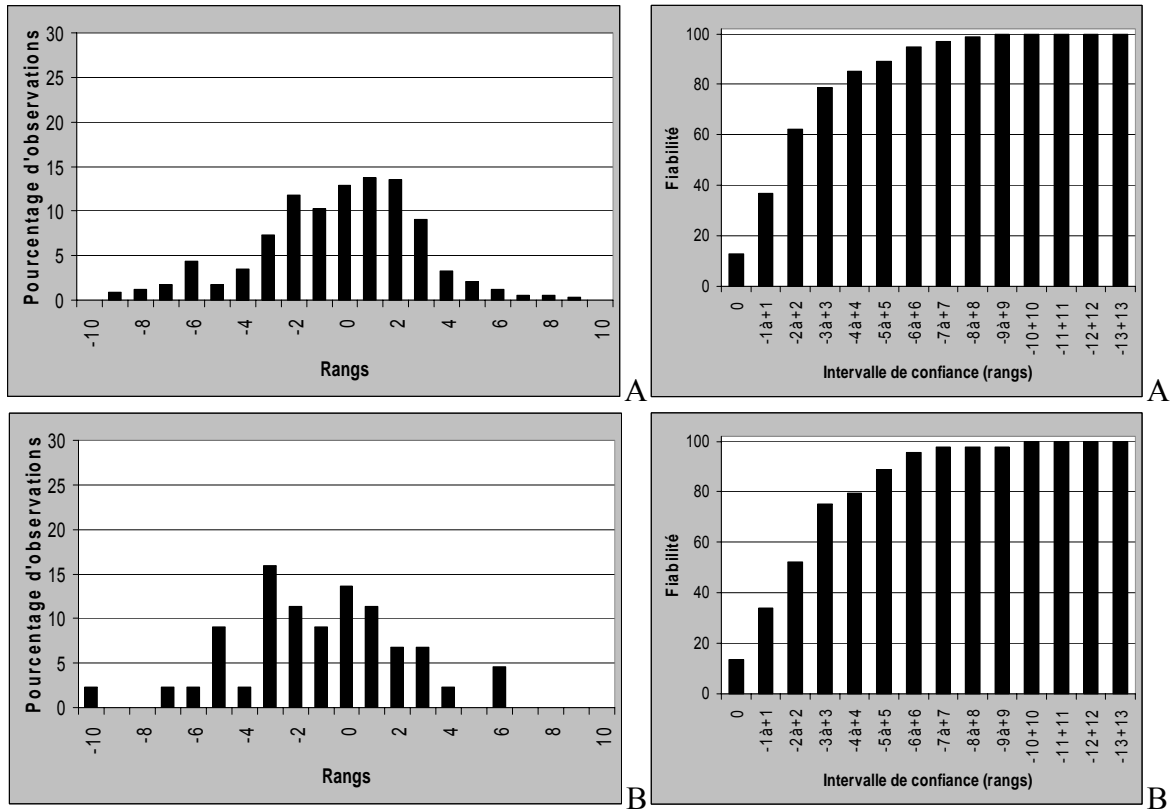
L'âge dentaire des enfants des deux échantillons de référence est estimé grâce à la technique du *Jackknife resampling* selon l'approche Bayes Dépendant. L'âge dentaire des enfants dont les mères ont accouché au-delà de 35 ans (55 filles et 42 garçons) est estimé selon les deux échantillons de référence avec l'approche Bayes Dépendant.

Les distributions de rangs sont comparées pour les filles dont les mères ont accouché entre 20 et 35 ans à celles dont les mères ont accouché au-delà de 35 ans (planche 29). Les distributions de rangs sont comparées pour les garçons dont les mères ont accouché entre 20 et 35 ans à celles dont les mères ont accouché au-delà de 35 ans (planche 30).

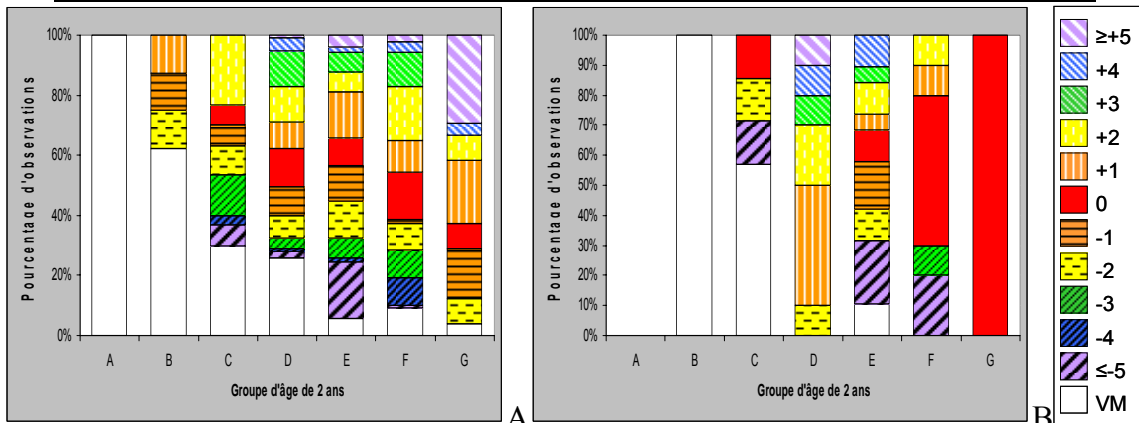
### 7.1. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles dont les mères ont accouché entre 20 et 35 ans (A) à celles des filles dont les mères ont accouché après 35 ans (B) (planche 29)

On constate un meilleur **taux de réponse** pour les filles dont les mères avaient entre 20 et 35 ans lors de l'accouchement, mais la différence entre les deux échantillons n'est pas significative ( $p=0,27$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré pour les filles dont les mères étaient âgées de plus de 35 ans lors de l'accouchement. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -6 à +6 et -7 à +7, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec les filles dont les mères étaient âgées de plus de 35 ans lors de l'accouchement, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,89$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les filles dont les mères avaient entre 20 et 35 ans lors de l'accouchement est plus « aplatie » que celle obtenue avec les filles dont les mères étaient âgées de plus de 35 ans lors de l'accouchement. Pour les deux échantillons, on n'observe pas de différence significative dans la proportion des rangs positifs et des rangs négatifs ( $p=0,84$  et  $p=0,25$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,10$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,97$ ).

Entre 2 et 6 ans (A, B), il n'est pas possible de réaliser de comparaisons entre les deux échantillons par manque d'effectif. De 6 à 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Notons que les filles dont les mères ont accouché entre 20 et 35 ans présentent des rangs 0 de 6 à 16 ans (C, D, E, F, G), tandis que celles dont les mères ont accouché après 35 ans n'en présentent qu'en C, E et F.



	A	B
Effectif échantillon test	398	55
% réponse	85,7	80,0
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (97,1%)	78 (95,5%)
Performance (% de rangs 0)	12,9	13,6
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,89
Kurtosis	-1,22	-0,58
Asymétrie	0,84	0,25
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,10
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,97



( $n_A=1, n_B=8, n_C=30, n_D=93, n_E=154, n_F=88, n_G=24$ ) ( $n_A=0, n_B=5, n_C=7, n_D=10, n_E=19, n_F=10, n_G=4$ )

**Planche 29** : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles dont les mères ont accouché entre 20 et 35 ans (A) à celles des filles dont les mères ont accouché après 35 ans (B)

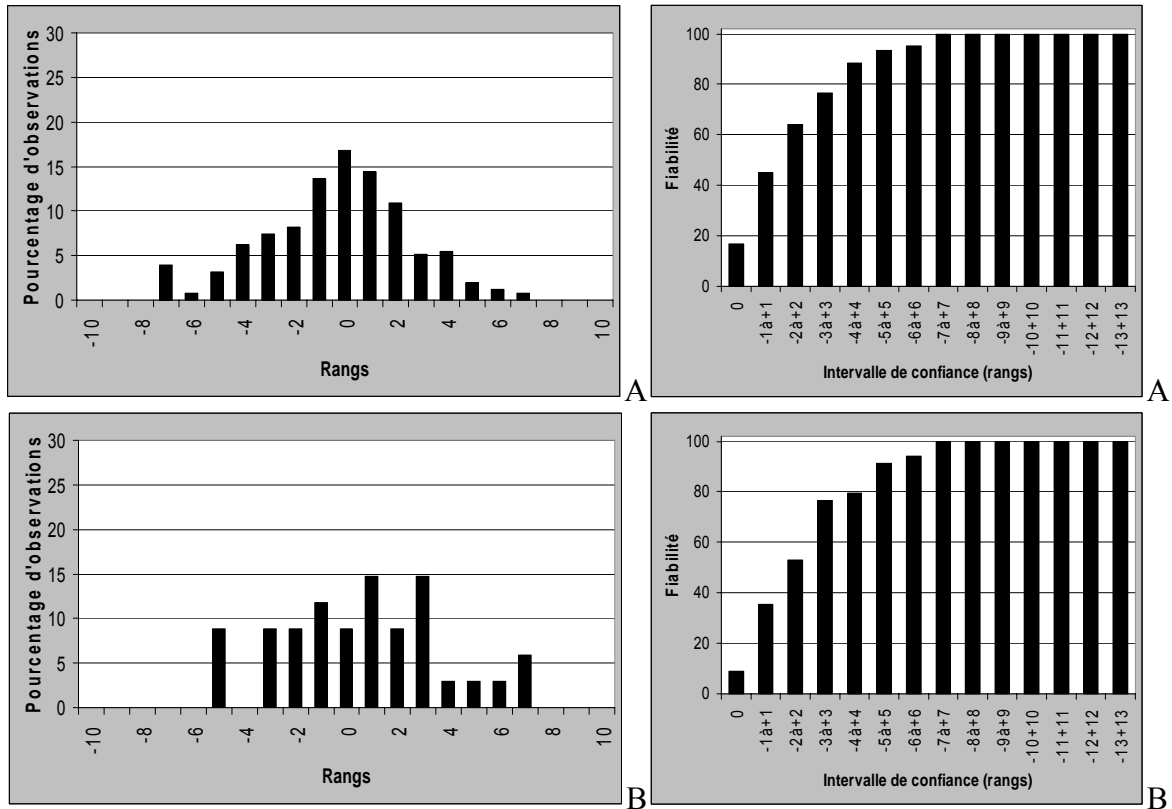
## 7.2. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons dont les mères ont accouché entre 20 et 35 ans (A) à celles des garçons dont les mères ont accouché après 35 ans (B) (planche 30)

On constate un meilleur **taux de réponse** pour les garçons dont les mères avaient plus de 35 ans lors de l'accouchement, mais la différence entre les deux échantillons n'est pas significative ( $p=0,95$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré pour les garçons dont les mères avaient entre 20 et 35 ans lors de l'accouchement. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -6 à +6 et -7 à +7, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec les garçons dont les mères avaient entre 20 et 35 ans lors de l'accouchement, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,34$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les garçons dont les mères avaient plus de 35 ans lors de l'accouchement est plus « aplatie » que celle obtenue avec les garçons dont les mères avaient entre 20 et 35 ans lors de l'accouchement. Pour les deux échantillons, on n'observe pas de différence significative dans la proportion des rangs positifs et des rangs négatifs ( $p=0,66$  et  $p=0,52$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,29$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,52$ ).

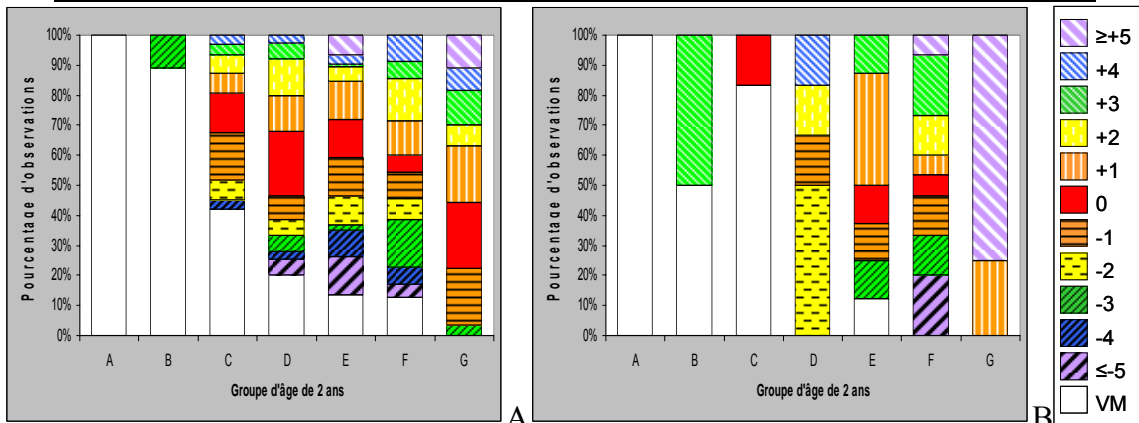
Entre 2 et 8 ans (A, B, C), il n'est pas possible de réaliser de comparaisons entre les deux échantillons par manque d'effectif. De 8 à 16 ans (D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Notons que les garçons dont la mère a accouché entre 20 et 35 ans présentent des rangs 0 de 6 à 16 ans (C, D, E, F, G), tandis que ceux dont la mère a accouché après 35 ans n'en présentent qu'en C, E et F.

## 7.3. Bilan

Comme nous pouvons le voir, lors de l'estimation de l'âge dentaire avec l'approche Bayes Dépendant, aucun des différents critères qualitatifs ne varie de manière significative selon l'âge des mères à la naissance de leurs enfants.



	A	B
Effectif échantillon test	318	42
% réponse	80,5	81,0
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	78 (95,3%)	90 (100,0%)
Performance (% de rangs 0)	16,8	8,8
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,34
Kurtosis	-0,63	-1,08
Asymétrie	0,66	0,52
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,29
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,52



( $n_A=3, n_B=9, n_C=31, n_D=75, n_E=103, n_F=70, n_G=27$ ) ( $n_A=1, n_B=2, n_C=6, n_D=6, n_E=8, n_F=15, n_G=4$ )

**Planche 30** : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons dont les mères ont accouché entre 20 et 35 ans (A) à celles des garçons dont les mères ont accouché après 35 ans (B)



## 8. Allaitement maternel

La nature de l'allaitement reçu par l'enfant durant les premiers mois de sa vie a-t-elle une influence sur l'estimation de son âge dentaire par l'approche Bayes Dépendant ?

Pour tenter de répondre à cette question deux seuils différents ont été fixés quant à l'arrêt de l'allaitement au sein exclusif : 4 mois et 6 mois.

Avec un seuil à 4 mois, l'échantillon est composé de :

- 207 filles et 162 garçons allaités exclusivement au biberon durant leurs quatre premiers mois de vie extra utérine
- 68 filles et 52 garçons allaités exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 4 mois

Avec un seuil à 6 mois, l'échantillon est composé de :

- 207 filles et 162 garçons allaités exclusivement au biberon durant leur six premiers mois de vie extra utérine
- 49 filles et 43 garçons allaités exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 6 mois.

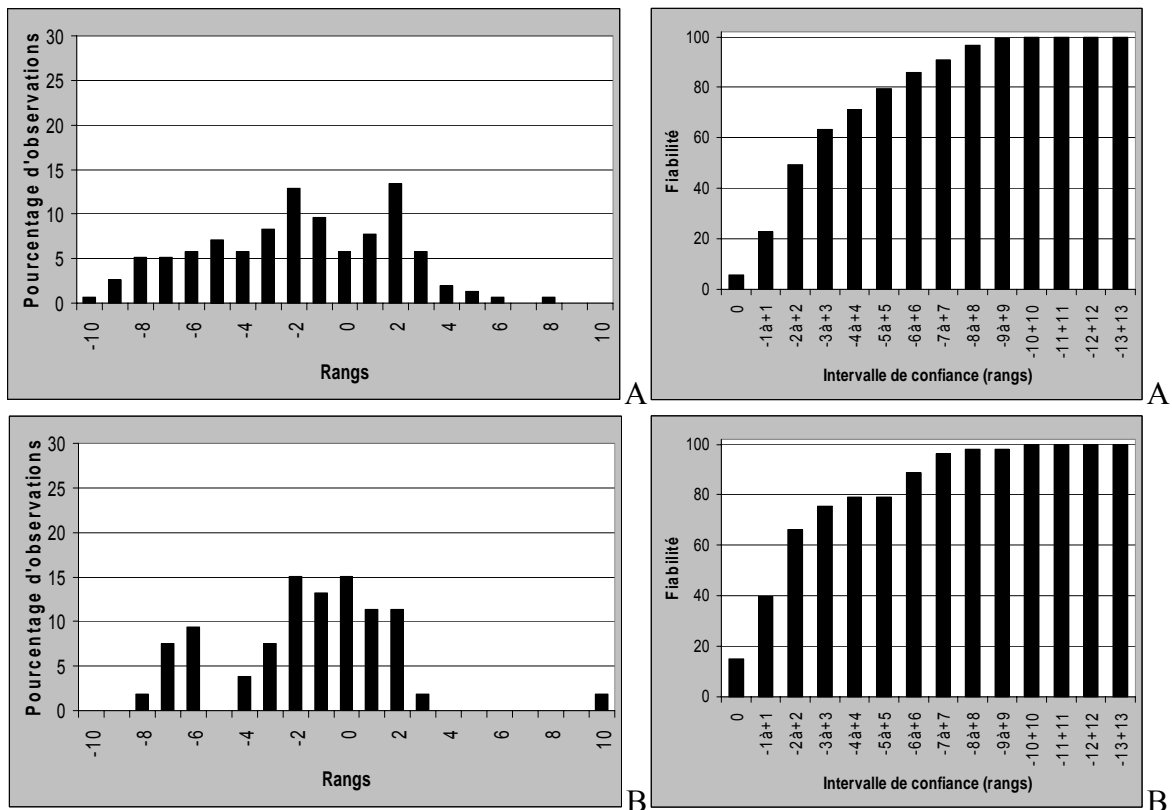
Pour ces deux seuils, un référentiel est constitué à partir des enfants exclusivement allaités au biberon. L'âge dentaire des enfants exclusivement allaités au biberon est estimé, en fonction du sexe, selon ce référentiel par *Jackknife resampling* avec l'approche Bayes Dépendant. L'âge dentaire des enfants exclusivement allaités au sein est estimé, en fonction du sexe, selon ce même référentiel avec l'approche Bayes Dépendant. Les résultats obtenus pour les filles d'une part, et pour les garçons d'autre part, sont comparés (planches 31, 32, 33 et 34).

## 8.1. Allaitement au sein maternel exclusif jusqu'à l'âge de 4 mois

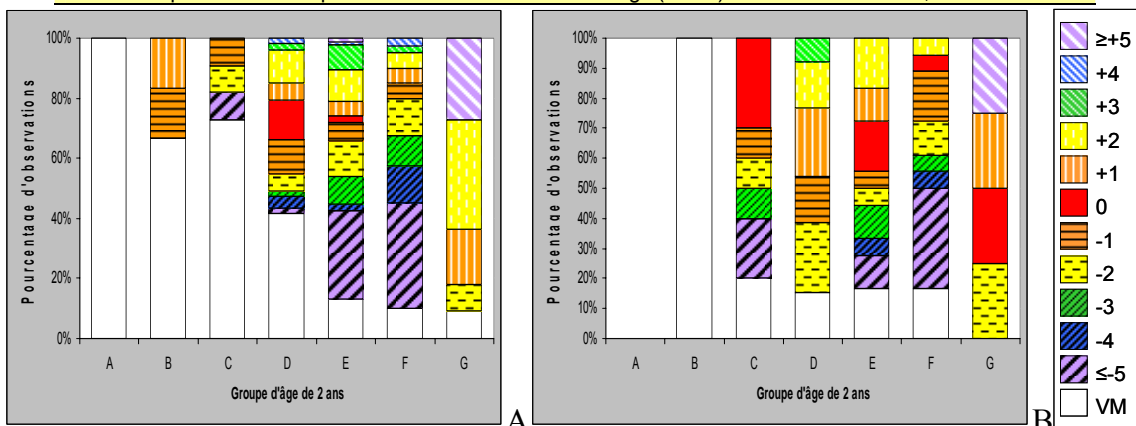
*8.1.1. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles allaitées exclusivement au biberon (A) à celles des filles exclusivement allaitées au sein jusqu'à l'âge de 4 mois (B) (planche 31)*

On constate un meilleur **taux de réponse** pour les filles allaitées exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 4 mois, mais la différence entre les deux échantillons n'est pas significative ( $p=0,67$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré pour les filles allaitées exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 4 mois. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -7 à +7 et -8 à +8, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec les filles allaitées exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 4 mois, cette différence étant significative ( $p=0,03$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les filles allaitées exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 4 mois est moins « aplatie » que celle obtenue avec les filles allaitées exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 4 mois. La distribution obtenue pour les filles allaitées exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 4 mois présente significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p<0,009$ ), tandis que l'on n'observe pas de différence significative dans la proportion des rangs positifs et des rangs négatifs obtenue avec les filles allaitées exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 4 mois ( $p=0,07$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est toutefois pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,78$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,13$ ).

Sur les 7 filles âgées de moins de 6 ans (A, B) allaitées exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 4 mois, seulement deux présentent une estimation de leur âge. Sur les cinq filles âgées de moins de 6 ans (B) allaitées exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 4 mois, aucune ne présente d'estimation de leur âge dentaire. De 6 à 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Notons que les filles allaitées exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 4 mois présentent des rangs 0 uniquement entre 8 et 12 ans (D, E), tandis que celles allaitées exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 4 mois présentent des rangs 0 pour les groupes d'âge C, E, F et G.



	A	B
Effectif échantillon test	207	68
% réponse	75,4	77,9
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	102 (96,8%)	90 (96,2%)
Performance (% de rangs 0)	5,8	15,1
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,03
Kurtosis	-0,36	-1,05
Asymétrie	0,00	0,07
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,78
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,13



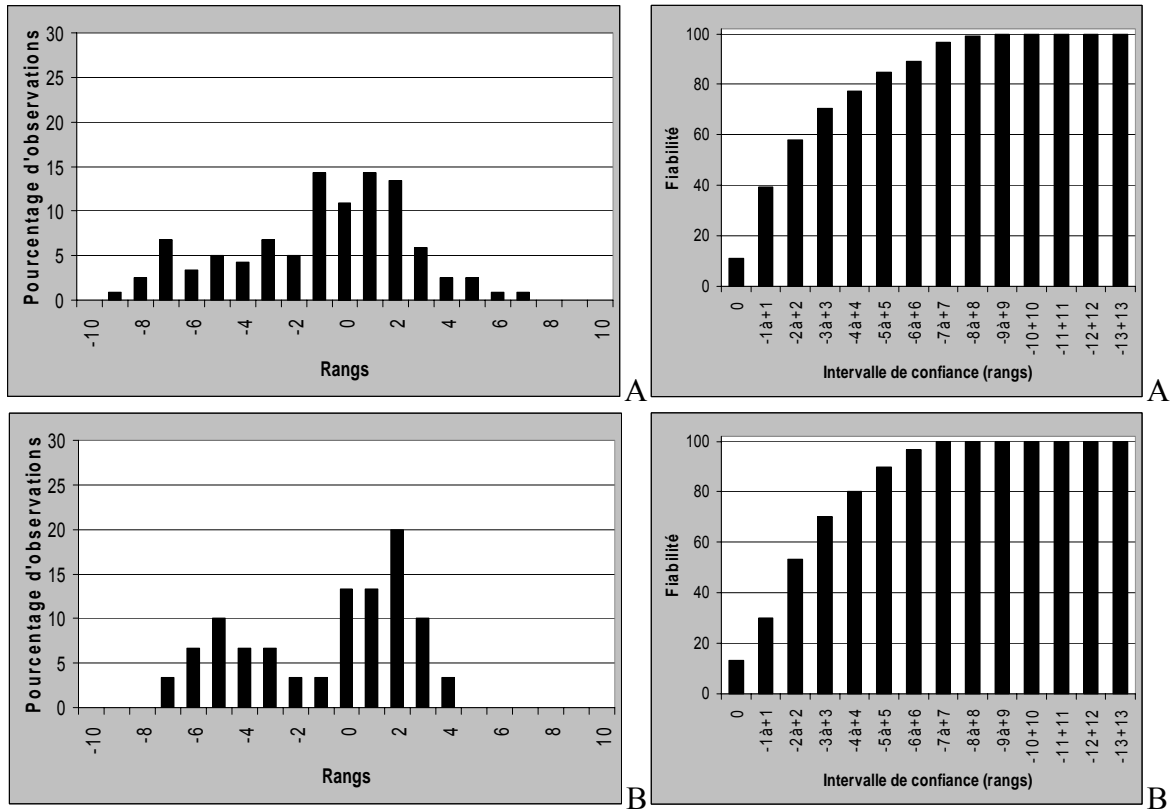
( $n_A=1, n_B=6, n_C=11, n_D=53, n_E=85, n_F=40, n_G=11$ ) ( $n_A=0, n_B=5, n_C=10, n_D=13, n_E=18, n_F=18, n_G=4$ )

**Planche 31** : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles allaitées exclusivement au biberon (A) à celles des filles exclusivement allaitées au sein jusqu'à l'âge de 4 mois (B)

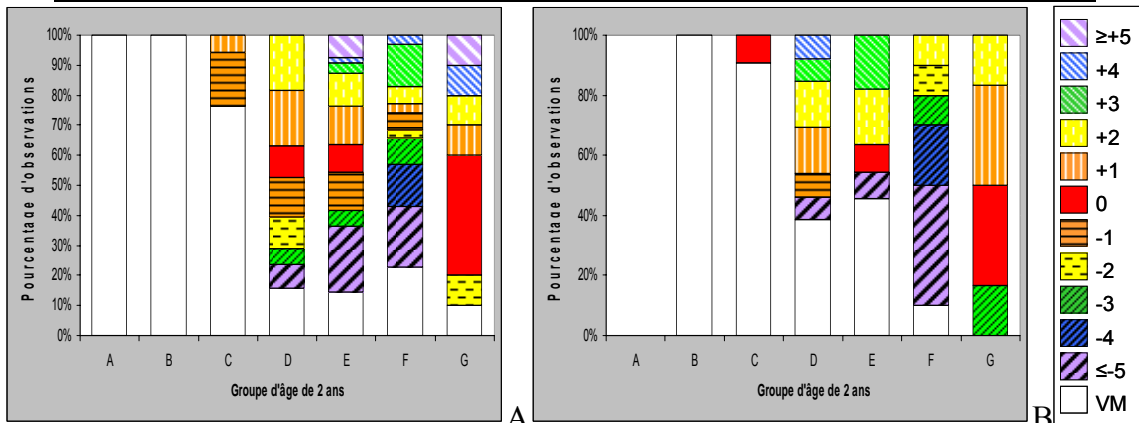
**8.1.2. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons allaités exclusivement au biberon (A) à celles des garçons exclusivement allaités au sein jusqu'à l'âge de 4 mois (B) (planche 32)**

On constate un meilleur **taux de réponse** pour les garçons allaités exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 4 mois, cette différence entre les deux échantillons étant significative ( $p=0,03$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré pour les garçons allaités exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 4 mois. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -6 à +6 et -7 à +7, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec les garçons allaités exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 4 mois, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,96$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les garçons allaités exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 4 mois est plus « pointue » que celle obtenue avec les garçons allaités exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 4 mois. Pour les deux échantillons, on n'observe pas de différence significative dans la proportion des rangs positifs et des rangs négatifs ( $p=0,49$  et  $p=0,78$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,43$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,56$ ).

Pour les garçons de moins de 6 ans (A, B), aucun ne possède d'estimation de leur âge dentaire. Entre 6 et 8 ans (C), quatre garçons allaités exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 4 mois sur 17 présentent une estimation de leur âge dentaire contre un sur 11 pour les garçons exclusivement allaités au sein. De 8 à 16 ans (D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans.



	A	B
Effectif échantillon test	162	52
% réponse	73,5	57,7
Intervalle de confiance $\geq$ 95%	90 (96,6%)	78 (96,7%)
Performance (% de rangs 0)	10,9	13,3
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)	0,96	
Kurtosis	-0,30	0,41
Asymétrie	0,49	0,78
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)	0,43	
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)	0,56	



( $n_A=2, n_B=5, n_C=17, n_D=38, n_E=55, n_F=35, n_G=10$ ) ( $n_A=0, n_B=1, n_C=11, n_D=13, n_E=11, n_F=10, n_G=6$ )

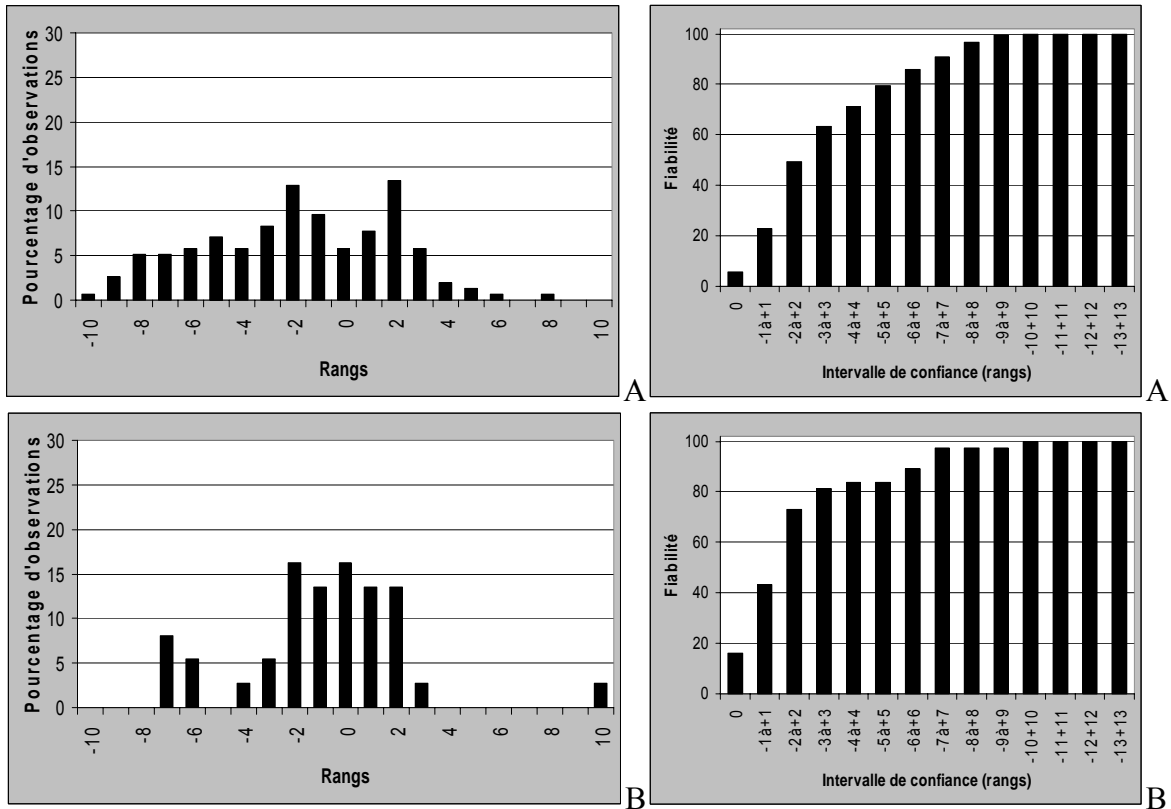
**Planche 32** : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons allaités exclusivement au biberon (A) à celles des garçons exclusivement allaités au sein jusqu'à l'âge de 4 mois (B)

## 8.2. Allaitement au sein maternel exclusif jusqu'à l'âge de 6 mois

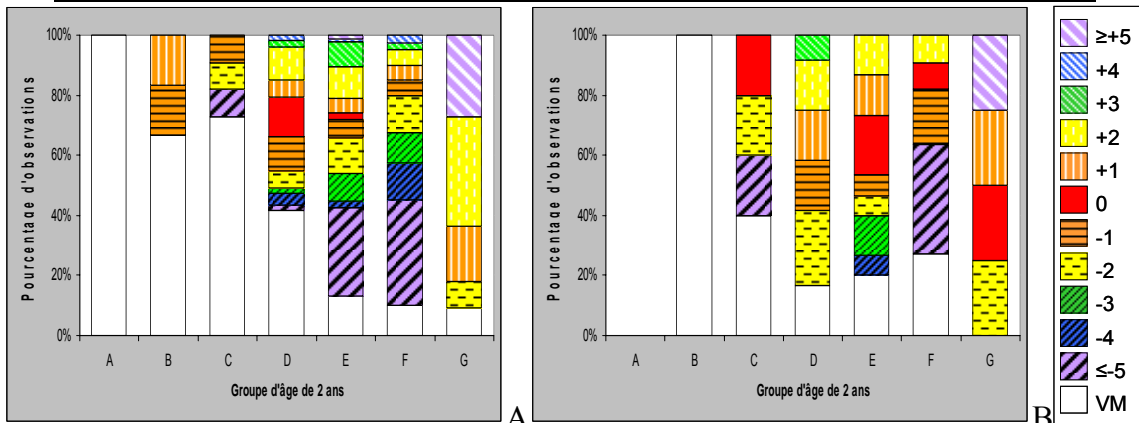
### 8.2.1. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles allaitées exclusivement au biberon (A) à celles des filles exclusivement allaitées au sein jusqu'à l'âge de 6 mois (B) (planche 33)

On constate un meilleur **taux de réponse** pour les filles allaitées exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 6 mois, mais la différence entre les deux échantillons n'est pas significative ( $p=0,98$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré pour les filles allaitées exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 6 mois. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -7 à +7 et -8 à +8, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec les filles allaitées exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 6 mois, cette différence étant significative ( $p=0,03$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les filles allaitées exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 6 mois est moins « aplatie » que celle obtenue avec les filles allaitées exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 6 mois. La distribution obtenue pour les filles allaitées exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 6 mois présente significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p<0,009$ ), tandis que l'on n'observe pas de différence significative dans la proportion des rangs positifs et des rangs négatifs obtenue avec les filles allaitées exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 6 mois ( $p=0,37$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est toutefois pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,57$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,11$ ).

Sur les 7 filles âgées de moins de 6 ans (A, B) allaitées exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 6 mois, seulement deux présentent une estimation de leur âge dentaire. Sur les deux filles âgées de moins de 6 ans (B) allaitées exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 6 mois, aucune ne présente d'estimation de leur âge dentaire. De 6 à 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Notons que les filles allaitées exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 6 mois présentent des rangs 0 uniquement entre 8 et 12 ans (D, E), tandis que celles allaitées exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 6 mois présentent des rangs 0 pour les groupes d'âge C, E, F et G.



	A	B
Effectif échantillon test	207	49
% réponse	75,4	75,5
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	102 (96,8%)	90 (97,3%)
Performance (% de rangs 0)	5,8	16,2
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,03
Kurtosis	-0,36	-0,71
Asymétrie	0,00	0,37
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,57
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,11



( $n_A=1, n_B=6, n_C=11, n_D=53, n_E=85, n_F=40, n_G=11$ ) ( $n_A=0, n_B=2, n_C=5, n_D=12, n_E=15, n_F=11, n_G=4$ )

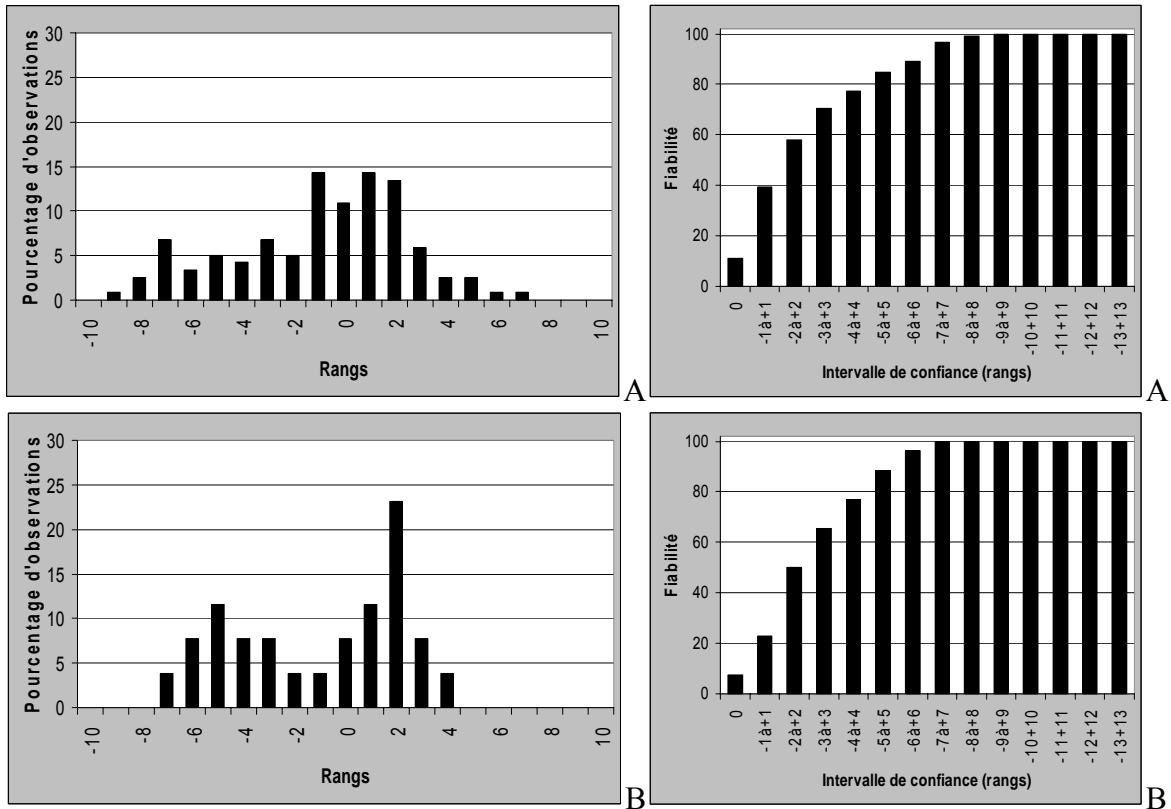
**Planche 33** : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles allaitées exclusivement au biberon (A) à celles des filles exclusivement allaitées au sein jusqu'à l'âge de 6 mois (B)

**8.2.2. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons allaités exclusivement au biberon (A) à celles des garçons exclusivement allaités au sein jusqu'à l'âge de 6 mois (B) (planche 34)**

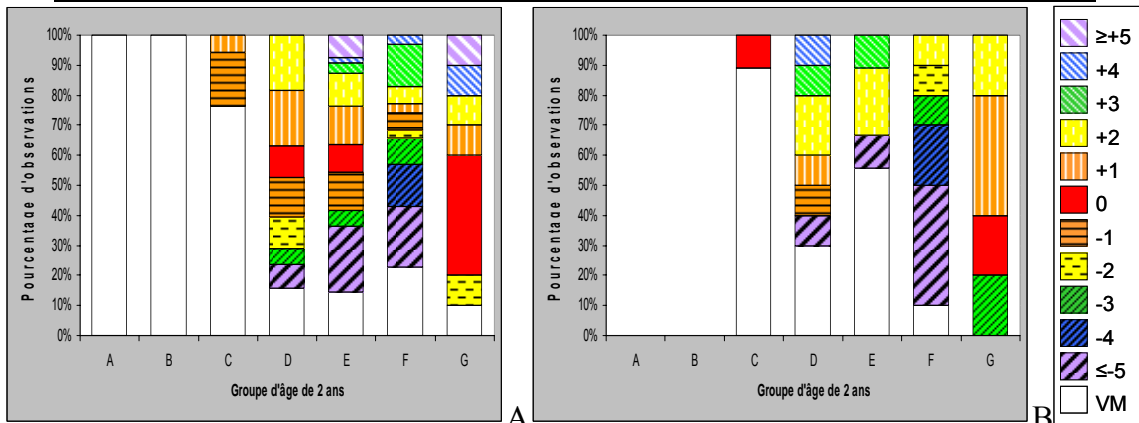
On constate un meilleur **taux de réponse** pour les garçons allaités exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 6 mois, mais cette différence entre les deux échantillons n'est pas significative ( $p=0,10$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré pour les garçons allaités exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 6 mois. Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -6 à +6 et -7 à +7, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec les garçons allaités exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 6 mois, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,89$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les garçons allaités exclusivement au sein jusqu'à l'âge de 6 mois est plus « pointue » que celle obtenue avec les garçons allaités exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 6 mois. Pour les deux échantillons, on n'observe pas de différence significative dans la proportion des rangs positifs et des rangs négatifs ( $p=0,49$  et  $p=1,00$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,68$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,53$ ).

Pour les garçons de moins de 6 ans (A, B), aucun ne possède d'estimation de leur âge dentaire. Entre 6 et 8 ans (C), quatre garçons allaités exclusivement au biberon jusqu'à l'âge de 6 mois sur 17 présentent une estimation de leur âge dentaire contre un sur 9 pour les garçons exclusivement allaités au sein. De 8 à 16 ans (D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans.





	A	B
Effectif échantillon test	162	43
% réponse	73,5	60,5
Intervalle de confiance $\geq$ 95%	90 (96,6%)	78 (96,2%)
Performance (% de rangs 0)	10,9	7,7
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,89
Kurtosis	-0,30	3,48
Asymétrie	0,49	1,00
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,68
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,53



( $n_A=2, n_B=5, n_C=17, n_D=38, n_E=55, n_F=35, n_G=10$ ) ( $n_A=0, n_B=0, n_C=9, n_D=10, n_E=9, n_F=10, n_G=5$ )

**Planche 34** : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons allaités exclusivement au biberon (A) à celles des garçons exclusivement allaités au sein jusqu'à l'âge de 6 mois (B)

### **8.3. Bilan**

Que ce soit avec un seuil à 4 mois, ou bien à 6 mois, aucune tendance nette ne se dégage de la comparaison entre les enfants allaités au sein et ceux allaités au biberon. Pour les garçons, les résultats ne changent pas significativement selon le type d'allaitement et ce, quel que soit le seuil choisi. La seule exception à ce constat concerne le taux de réponse des garçons allaités au biberon qui est significativement meilleur que celui des garçons allaités exclusivement au sein durant leurs 4 premiers mois de vie. Pour les filles, que le seuil soit fixé à 4 ou à 6 mois, la seule différence significative dans les distributions concerne la proportion de rangs négatifs et positifs qui est en faveur des rangs négatifs pour les filles allaités au biberon, tandis que pour celles allaités au sein, il n'y a pas de différence significative entre la proportion de rangs positifs et négatifs. Néanmoins, avec ces deux seuils, les proportions de rangs positifs et négatifs ne sont jamais différentes entre les deux distributions. Au vu des autres critères qualitatifs, ce constat ne nous semble pas suffisant pour avancer l'hypothèse d'une avance d'âge dentaire chez les filles allaitées au sein par rapport à celles allaitées au biberon.

Un phénomène quelque peu paradoxal se déroule avec les enfants allaités exclusivement au biberon, plus particulièrement chez les filles que chez les garçons, avec des distributions de rangs bimodales. On retrouve également ce type de distribution pour les garçons allaités au sein.

**Néanmoins, il semble que la nature de l'allaitement reçu par un enfant durant ces premiers mois n'ait pas d'influence sur l'estimation de l'âge dentaire avec l'approche Bayes Dépendant.**

## 9. Tabagisme maternel durant la grossesse

Le fait, pour une mère, de fumer régulièrement durant la grossesse a-t-il une influence sur l'estimation de l'âge dentaire de son enfant par l'approche Bayes Dépendant ?

Afin de répondre à cette interrogation, nous avons créé à partir des différentes réponses obtenues par le questionnaire deux modalités :

- sans tabac (393 filles et 315 garçons)
- tabac (79 filles et 56 garçons)

La modalité « tabac » regroupe les enfants dont les mères ont fumé pendant la grossesse moins de 10 cigarettes par jour ( $n=97$ ), entre 10 et 20 cigarettes par jour ( $n=33$ ) et plus de 20 cigarettes par jour ( $n=5$ ).

Deux échantillons de référence sont créés, en fonction du sexe, à partir des enfants dont les mères n'ont pas fumé durant la grossesse. L'âge dentaire des enfants dont les mères n'ont pas fumé pendant la grossesse est estimé selon ce référentiel par *Jackknife resampling* avec l'approche Bayes Dépendant. L'âge dentaire des enfants dont les mères ont fumé pendant la grossesse est estimé selon ce référentiel par l'approche Bayes Dépendant.

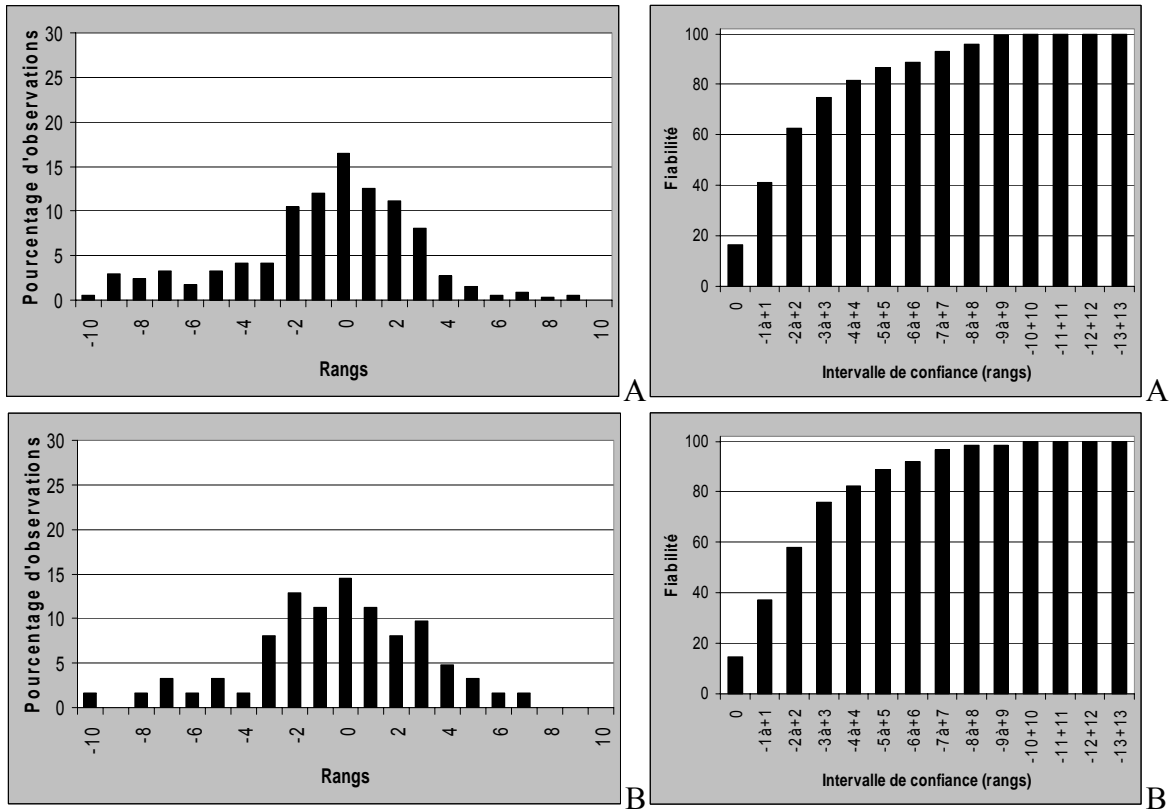
Les distributions de rangs obtenues sont comparées pour les filles dont les mères ne fumaient pas durant la grossesse à celles dont les mères ont fumé durant la grossesse (planche 35). Les distributions de rangs obtenues sont comparées pour les garçons dont les mères ne fumaient pas durant la grossesse à ceux dont les mères ont fumé durant la grossesse (planche 36).

### **9.1. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles dont les mères n'ont pas fumé pendant la grossesse (A) à celles des filles dont les mères ont fumé pendant la grossesse (B) (planche 35)**

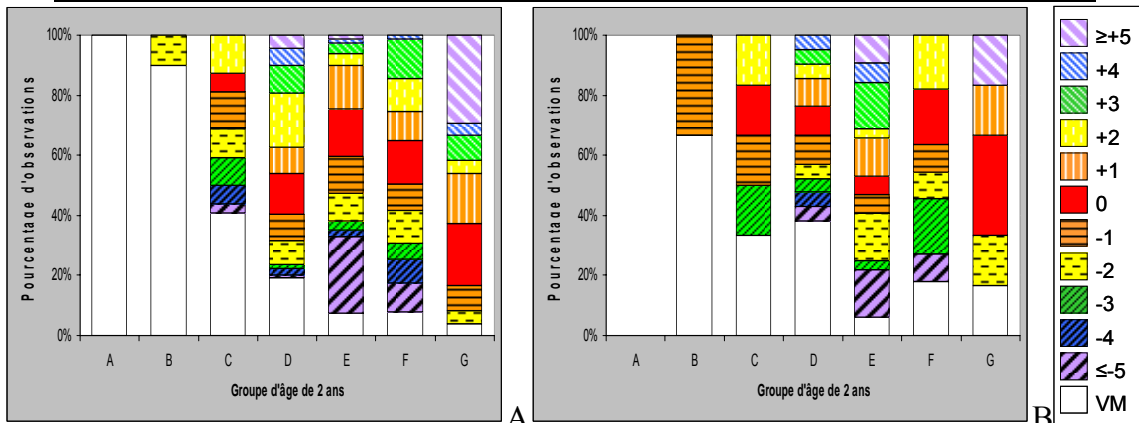
On constate un meilleur **taux de réponse** pour les filles dont les mères ne fumaient pas durant la grossesse, mais la différence entre les deux échantillons n'est pas significative ( $p=0,15$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré pour les filles dont les mères ont fumé durant la grossesse. Néanmoins, si l'on compare les pourcentages des deux échantillons pour les intervalles de confiance -7 à +7 et -8 à +8, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** avec les filles dont les mères ne fumaient pas durant la grossesse, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,70$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les filles dont les mères ne fumaient pas durant la grossesse est plus

« pointue » que celle obtenue avec les filles dont les mères ont fumé durant la grossesse. Pour les deux échantillons, les distributions obtenues ne présentent pas plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p=0,33$  et  $p=0,77$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,86$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,98$ ).

Sur les 11 filles dont les mères ne fumaient pas durant la grossesse de moins de 6 ans (A, B), seulement deux présente une estimation de son âge dentaire. Sur les trois filles de moins de 6 ans (B) dont les mères ont fumé durant la grossesse, une présente une estimation de son âge dentaire. Entre 6 et 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans.



	A	B
Effectif échantillon test	393	79
% réponse	85,0	78,5
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	102 (95,8%)	90 (96,8%)
Performance (% de rangs 0)	16,5	14,5
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,70
Kurtosis	0,03	-0,76
Asymétrie	0,33	0,77
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,86
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,98



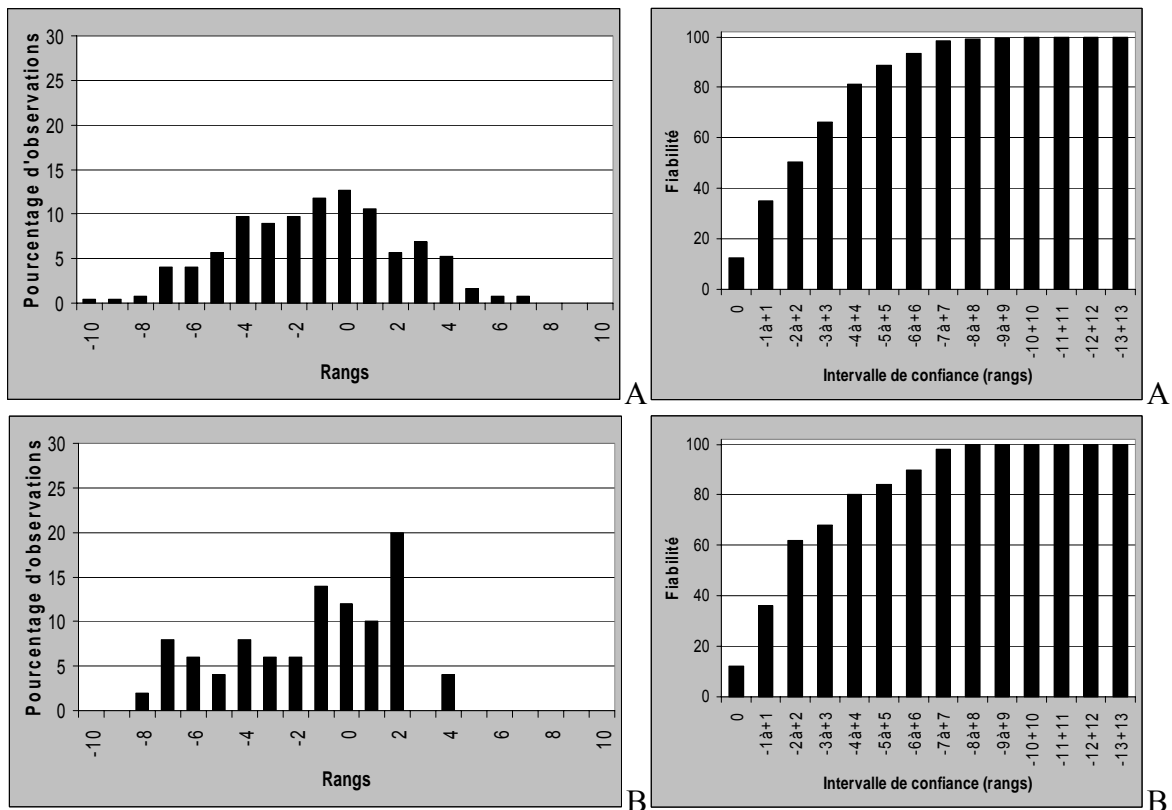
( $n_A=1, n_B=10, n_C=32, n_D=89, n_E=146, n_F=91, n_G=24$ ) ( $n_A=0, n_B=3, n_C=6, n_D=21, n_E=32, n_F=11, n_G=6$ )

**Planche 35 :** Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles dont les mères n'ont pas fumé pendant la grossesse (A) à celles des filles dont les mères ont fumé pendant la grossesse (B)

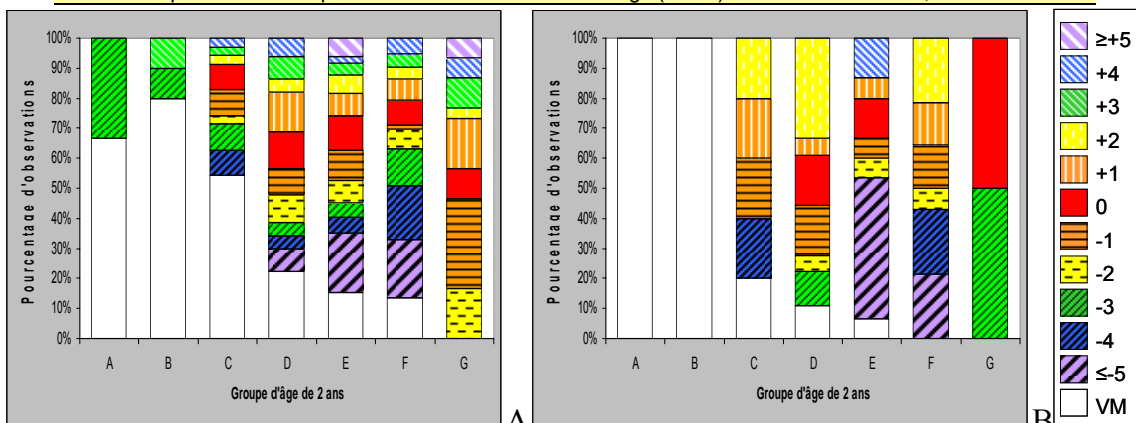
## 9.2. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons dont les mères n'ont pas fumé pendant la grossesse (A) à celles des garçons dont les mères ont fumé pendant la grossesse (B) (planche 36)

On constate un meilleur **taux de réponse** pour les garçons dont les mères ont fumé durant la grossesse, mais la différence entre les deux échantillons n'est pas significative ( $p=0,06$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est le même pour les deux échantillons. On constate une meilleure **performance** avec les garçons dont les mères ne fumaient pas durant la grossesse, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,90$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les garçons dont les mères ont fumé durant la grossesse est plus « pointue » que celle obtenue avec les garçons dont les mères ne fumaient pas durant la grossesse. La distribution obtenue avec les garçons dont les mères ne fumaient pas durant la grossesse présente significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p<0,009$ ), tandis que celle obtenue avec les garçons dont les mères ont fumé durant la grossesse ne présente pas plus, ou moins, de rangs positifs que négatifs ( $p=0,28$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est toutefois pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,77$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,97$ ).

Sur les 13 garçons de moins de 6 ans (A, B) dont les mères ne fumaient pas durant la grossesse, seulement trois présentent une estimation de leur âge dentaire. Sur les deux garçons de moins de 6 ans (A, B) dont les mères ont fumé durant la grossesse, aucun ne présente d'estimation de leur âge dentaire. Entre 6 et 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Notons que pour les garçons dont les mères ont fumé durant la grossesse, les distributions de rangs selon l'âge ne présentent des rangs 0 que pour les groupes D, E et G, tandis que l'on en observe pour les groupes C, D, E, F et G avec les garçons dont les mères ne fumaient pas durant la grossesse.



	A	B
Effectif échantillon test	315	56
% réponse	78,1	89,3
Intervalle de confiance $\geq$ 95%	90 (98,4%)	90 (96,8%)
Performance (% de rangs 0)	12,6	12,0
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,90
Kurtosis	-1,29	0,76
Asymétrie	0,00	0,28
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,77
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,97



( $n_A=3, n_B=10, n_C=35, n_D=67, n_E=97, n_F=73, n_G=30$ ) ( $n_A=1, n_B=1, n_C=5, n_D=18, n_E=15, n_F=14, n_G=2$ )

**Planche 36** : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons dont les mères n'ont pas fumé pendant la grossesse (A) à celles des garçons dont les mères ont fumé pendant la grossesse (B)

### 9.3. Bilan

Que ce soit pour les filles ou pour les garçons, on constate que les différents critères qualitatifs ne varient pas significativement en fonction du tabagisme maternel durant la grossesse. La seule différence observée concerne les garçons dont les mères n'ont pas fumé durant la grossesse. Ces derniers présentent significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs, au contraire des garçons dont les mères ont fumé pendant la grossesse. Néanmoins, cette différence de proportion n'est pas significative entre les deux échantillons.

**Au vu des résultats produits, le fait pour une mère d'avoir fumé pendant la grossesse n'a pas d'influence sur la qualité de l'estimation de l'âge dentaire de son enfant avec l'approche Bayes Dépendant, qu'il s'agisse d'une fille ou d'un garçon.**

## 10. Age des premiers pas debout

L'âge auquel un enfant fait ses premiers pas debout a-t-il une influence sur l'estimation de son âge dentaire par l'approche Bayes Dépendant ?

Afin de répondre à cette interrogation, nous avons créé trois modalités concernant l'âge des premiers pas. Les deux seuils délimitant ces trois modalités sont déterminés par l'âge moyen des premiers pas calculé sur l'échantillon du sud de la France + ou - un écart type<sup>16</sup>. Ainsi, les enfants ayant effectué leurs premiers pas entre 10 et 15 mois sont considérés comme « normaux » (375 filles et 289 garçons) et ceux les ayant réalisés au-delà de 15 mois sont considérés comme « en retard » (45 filles et 34 garçons). Les enfants « en avance » (27 filles et 37 garçons) ne seront pas traités car la fiabilité des estimations ne semble pas satisfaisante.

Deux échantillons de référence sont créés, en fonction du sexe, à partir des enfants ayant fait leurs premiers pas debout à un âge « normal ». L'âge dentaire de ces enfants « normaux » est

<sup>16</sup> Age moyen des premiers pas : 12,5 mois. Ecart type : 2,5 mois.

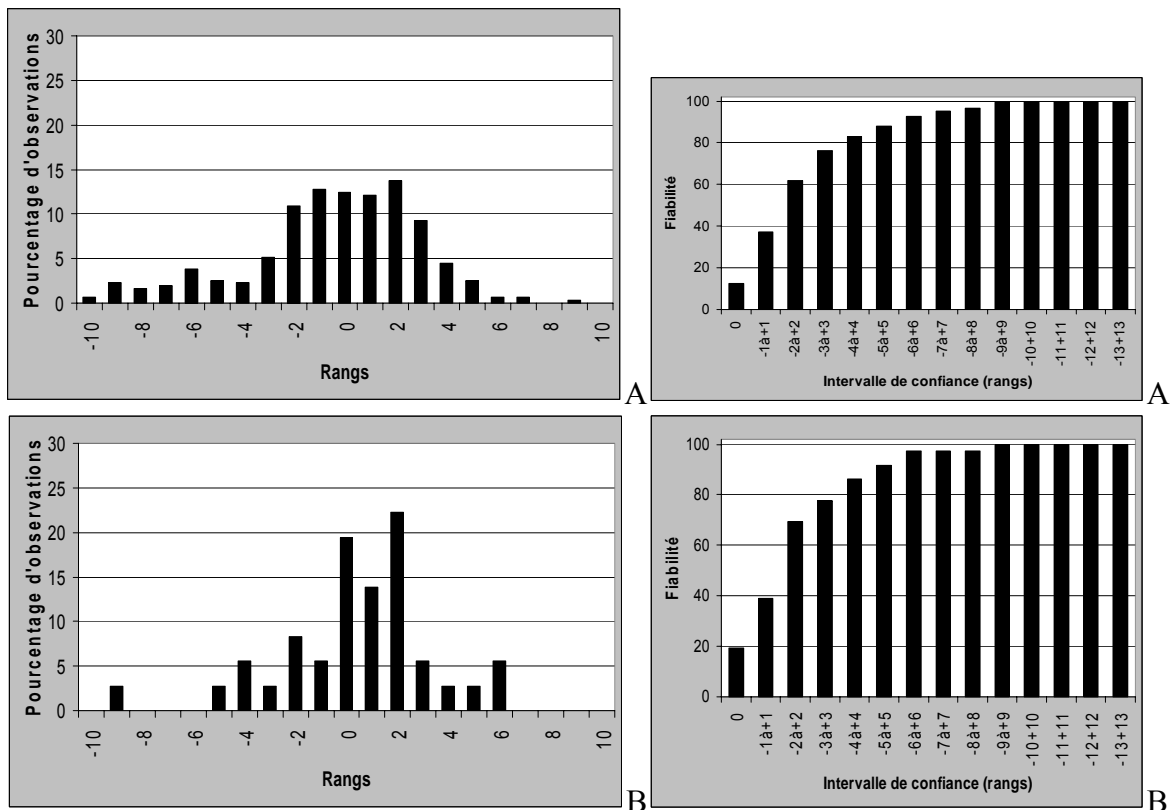


estimé par *Jackknife resampling* avec l'approche Bayes Dépendant. L'âge dentaire des enfants ayant effectué leurs premiers pas après 15 mois est estimé selon le référentiel « normal » avec l'approche Bayes Dépendant. Les distributions obtenues sont comparées pour les filles d'une part (planche 37), et pour les garçons d'autre part (planche 38).

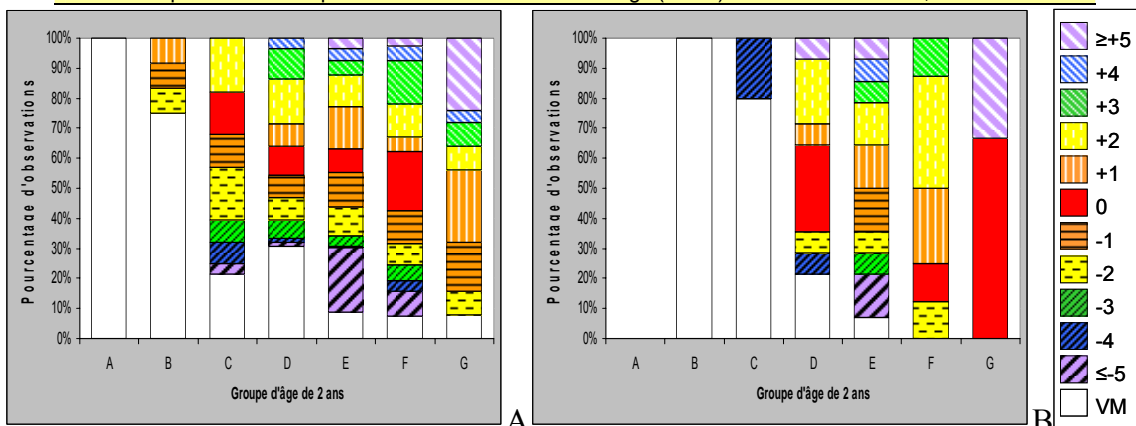
**10.1. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles ayant fait leurs premiers pas debout entre 10 et 15 mois (A) à celles des filles ayant fait leurs premiers pas debout après 15 mois (B) (planche 37)**

On constate un meilleur **taux de réponse** pour les filles ayant fait leurs premiers pas debout à un âge « normal », mais la différence entre les deux échantillons n'est pas significative ( $p=0,53$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95%** est plus resserré pour les filles ayant effectué leurs premiers pas debout après 15 mois. Néanmoins, si l'on compare les pourcentages des deux échantillons pour les intervalles de confiance -6 à +6 et -7 à +7, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure **performance** pour les filles ayant effectué leurs premiers pas debout après 15 mois, mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,24$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les filles ayant effectué leurs premiers pas debout après 15 mois est plus « pointue » que celle obtenue avec les filles ayant fait leurs premiers pas debout à un âge « normal ». Quel que soit l'échantillon, aucune des deux distributions ne présentent significativement plus, ou moins, de rangs positifs que de rangs négatifs ( $p=1,00$  et  $p=0,23$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,11$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,40$ ).

Sur les 12 filles ayant fait leurs premiers pas debout à un âge « normal » de moins de 6 ans (B), seules trois présentent une estimation de leur âge dentaire. Sur les six filles ayant effectué leurs premiers pas debout après 15 mois de moins de 8 ans (C), une seule présente une estimation de son âge dentaire. Entre 8 et 16 ans (D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans.



	A	B
Effectif échantillon test	375	45
% réponse	83,5	80,0
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (95,2%)	78 (97,2%)
Performance (% de rangs 0)	12,5	19,4
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,24
Kurtosis	-0,92	2,09
Asymétrie	1,00	0,23
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,11
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,40



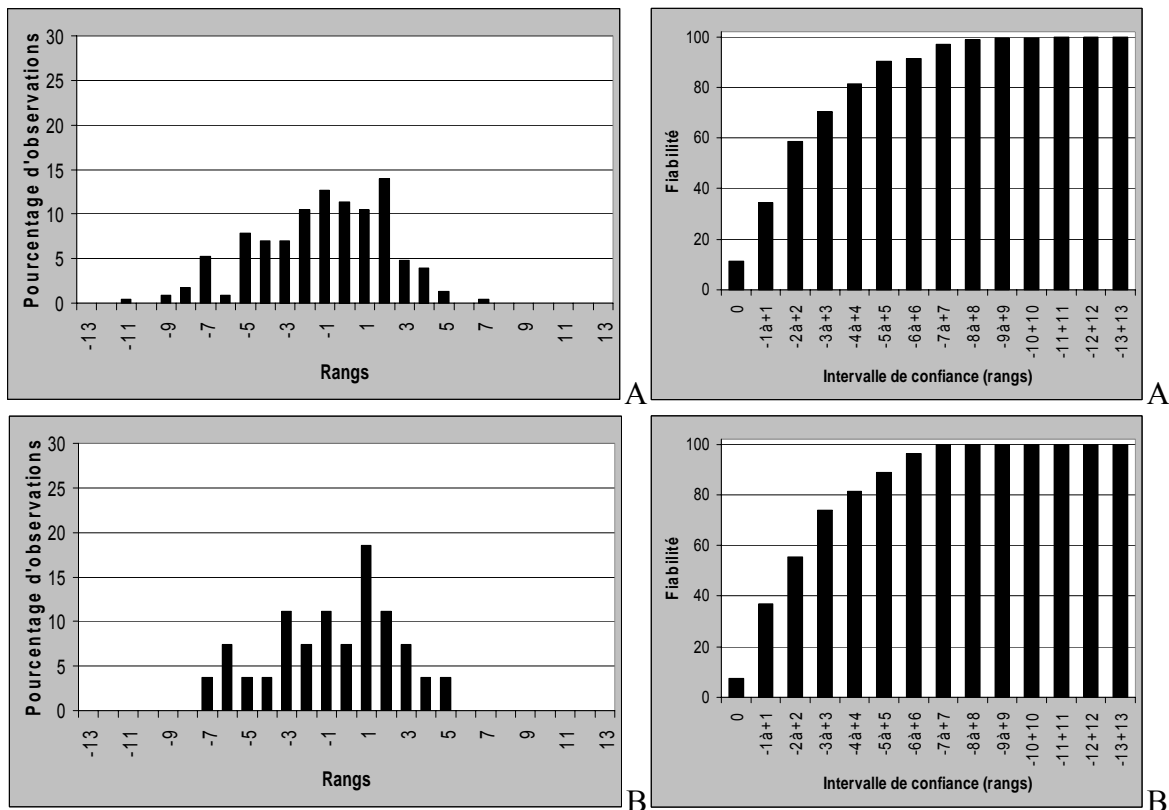
( $n_A=0, n_B=12, n_C=28, n_D=81, n_E=146, n_F=82, n_G=25$ ) ( $n_A=0, n_B=1, n_C=5, n_D=14, n_E=14, n_F=8, n_G=3$ )

**Planche 37** : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles ayant fait leurs premiers pas debout entre 10 et 15 mois (A) à celles des filles ayant fait leurs premiers pas debout après 15 mois (B)

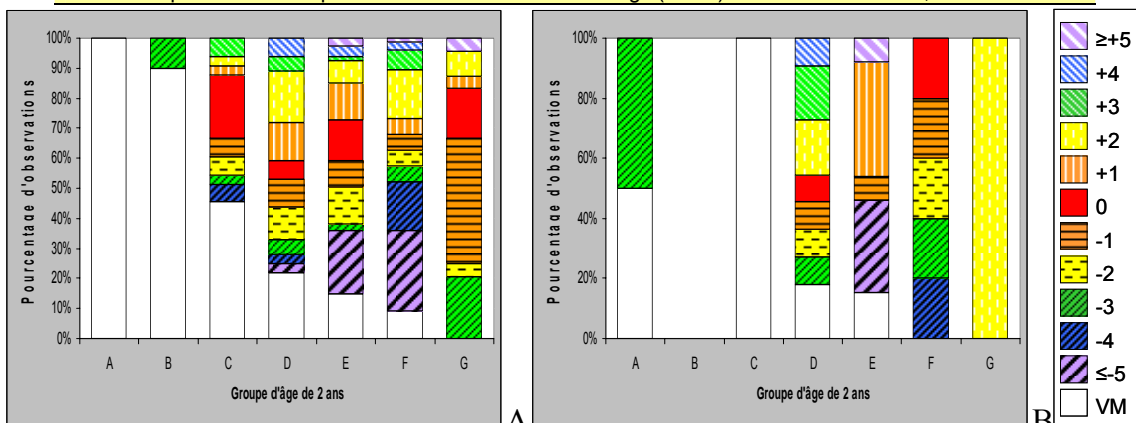
## 10.2. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons ayant fait leurs premiers pas debout entre 10 et 15 mois (A) à celles des garçons ayant fait leurs premiers pas debout après 15 mois (B) (planche 38)

Le taux de réponse est équivalent entre les deux échantillons ( $p=1,00$ ). L'intervalle de confiance associé à une fiabilité au moins égale à 95% est plus resserré pour les garçons ayant effectué leurs premiers pas debout à un âge « normal ». Néanmoins, si l'on compare les pourcentages des deux échantillons pour les intervalles de confiance -6 à +6 et -7 à +7, il n'y a pas de différence significative. On constate une meilleure performance pour les garçons ayant effectué leurs premiers pas debout à un âge « normal », mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,75$ ). La comparaison des valeurs des kurtosis indique que la distribution des rangs obtenue avec les garçons ayant effectué leurs premiers pas debout après 15 mois est plus « pointue » que celle obtenue avec les garçons ayant fait leurs premiers pas debout à un âge « normal ». La distribution obtenue avec les garçons ayant effectué leurs premiers pas debout à un âge « normal » présente significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p=0,03$ ), au contraire de celle obtenue avec les garçons ayant effectué leurs premiers pas debout après 15 mois qui ne présente pas significativement plus, ou moins, de rangs positifs que négatifs ( $p=0,89$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est toutefois pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,40$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,75$ ).

Sur les 12 garçons ayant fait leurs premiers pas debout à un âge « normal » de moins de 6 ans (B), un seul présente une estimation de son âge dentaire. Sur les quatre garçons ayant effectué leurs premiers pas debout après 15 mois de moins de 8 ans (A, C), un seul présente une estimation de son âge dentaire. Entre 8 et 16 ans (D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans. Notons que la distribution obtenue avec les garçons ayant fait leurs premiers pas debout à un âge « normal » présentent des rangs 0 de 6 à 16 ans, tandis que celle obtenue avec les garçons ayant fait leurs premiers pas après 15 mois n'en présente qu'en D et F.



	A	B
Effectif échantillon test	289	34
% réponse	79,6	79,4
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (97,0%)	78 (96,3%)
Performance (% de rangs 0)	11,3	7,4
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,75
Kurtosis	-0,92	1,08
Asymétrie	0,03	0,89
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,40
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,75



( $n_A=2, n_B=10, n_C=33, n_D=64, n_E=81, n_F=75, n_G=24$ ) ( $n_A=2, n_B=0, n_C=2, n_D=11, n_E=13, n_F=5, n_G=1$ )

**Planche 38** : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons ayant fait leurs premiers pas debout entre 10 et 15 mois (A) à celles des garçons ayant fait leurs premiers pas debout après 15 mois (B)

### 10.3. Bilan

Les différents critères qualitatifs ne varient jamais significativement selon l'âge des premiers pas debout des enfants. La seule différence significative concerne les garçons ayant effectué leurs premiers pas à un âge « normal » dont la distribution présente significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs. Néanmoins, la différence de proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significative entre les garçons ayant effectué leurs premiers pas à un âge « normal » et ceux ayant fait leur premiers pas après 15 mois.

**D'après les résultats produits, l'âge auquel un enfant effectue ses premiers pas debout n'a pas d'influence sur l'estimation de son âge dentaire avec l'approche Bayes Dépendant.**

## 11. Niveau socioéconomique

Le niveau socioéconomique a-t-il une influence sur la qualité de l'estimation de l'âge dentaire avec l'approche Bayes Dépendant ?

Il est possible de répondre à cette question par deux approches différentes.

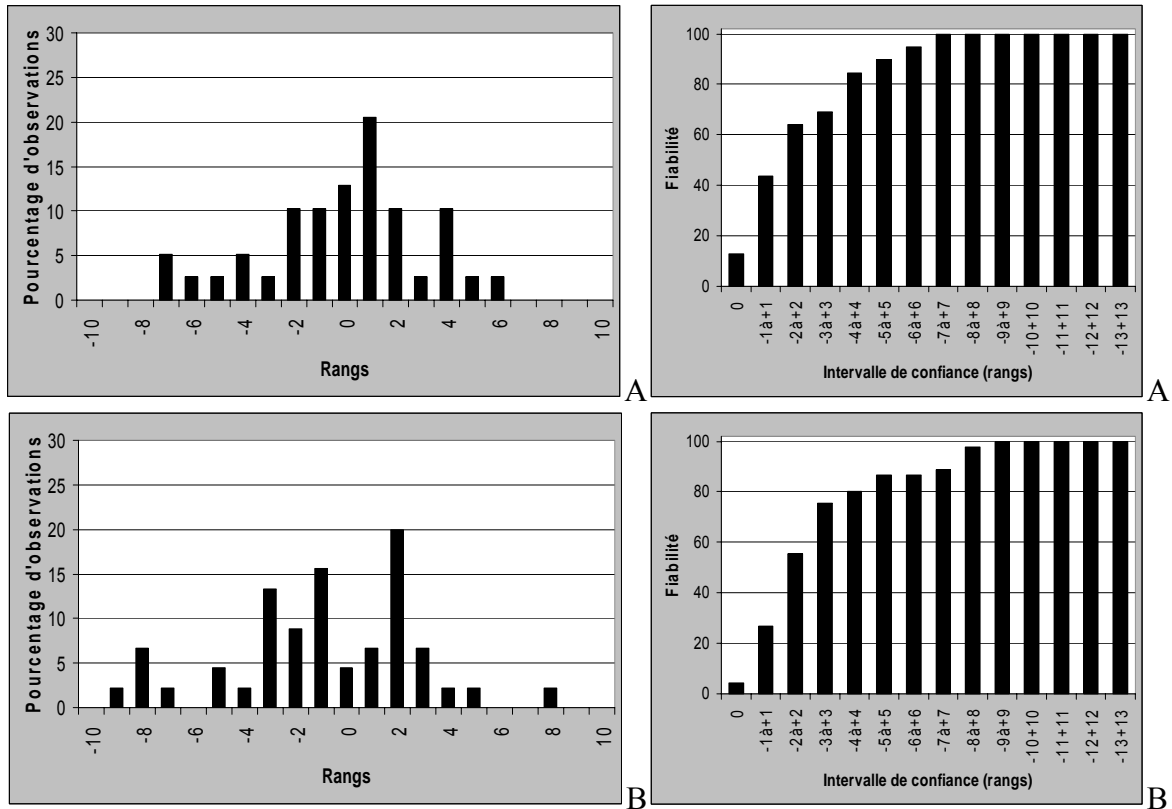
### 11.1. Première approche : indice du niveau de vie du ménage

L'indice du niveau de vie du ménage se calcule en divisant les revenus disponibles du ménage par le nombre d'unités de consommation du ménage (*cf.* Méthodes p 102-103). Deux échantillons de référence sont constitués, en fonction du sexe, avec les enfants de niveau de vie « moyen », c'est-à-dire dont l'indice du niveau de vie du ménage est supérieur ou égal à 450 euros/mois et inférieur ou égal à 2000 euros/mois (252 filles et 218 garçons). L'âge dentaire des enfants « pauvres » (59 filles et 52 garçons) et des enfants « aisés » (50 filles et 31 garçons) est estimé grâce à ce référentiel selon l'approche Bayes Dépendant. Les distributions de rangs obtenues sont comparées pour les filles « pauvres » et « aisées », d'une part (planche 39), et pour les garçons « pauvres » et « aisés », d'autre part (planche 40).

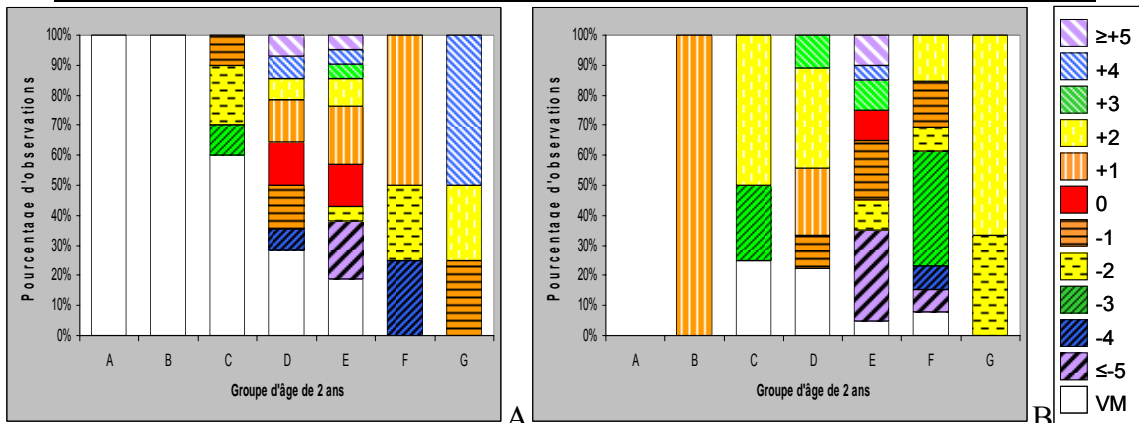
*11.1.1. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles « pauvres » (A) à celles des filles « aisées » (B) (planche 39)*

On observe un meilleur **taux de réponse** avec les filles « aisées » par rapport aux filles « pauvres », cette différence étant significative ( $p < 0,009$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité d'au moins 95%** est plus resserré pour les filles « pauvres ». Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -7 à +7 et -8 à +8, il n'y a pas de différence significative. Les filles « pauvres » présentent une meilleure **performance** que les filles « aisées », mais cette différence n'est pas significative ( $p = 0,24$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les filles « aisées » est plus « pointue » que celle obtenue avec les filles « pauvres ». Pour les deux échantillons, il n'y a pas significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p = 0,63$  et  $p = 0,45$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p = 0,22$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p = 0,18$ ).

La méthode n'est pas en mesure de fournir une estimation de l'âge dentaire des six filles « pauvres » de moins de 6 ans (A, B). La seule fille « aisée » de moins de 6 ans (A, B) présente une estimation de son âge dentaire. Entre 6 et 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans.



	A	B
Effectif échantillon	59	50
% réponse	66,1	90,0
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (100,0%)	102 (97,8%)
Performance (% de rangs 0)	12,8	4,4
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)	0,24	
Kurtosis	1,16	1,48
Asymétrie	0,63	0,45
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)	0,22	
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)	0,18	



( $n_A=1, n_B=5, n_C=10, n_D=14, n_E=21, n_F=4, n_G=4$ )

( $n_A=0, n_B=1, n_C=4, n_D=9, n_E=20, n_F=13, n_G=3$ )

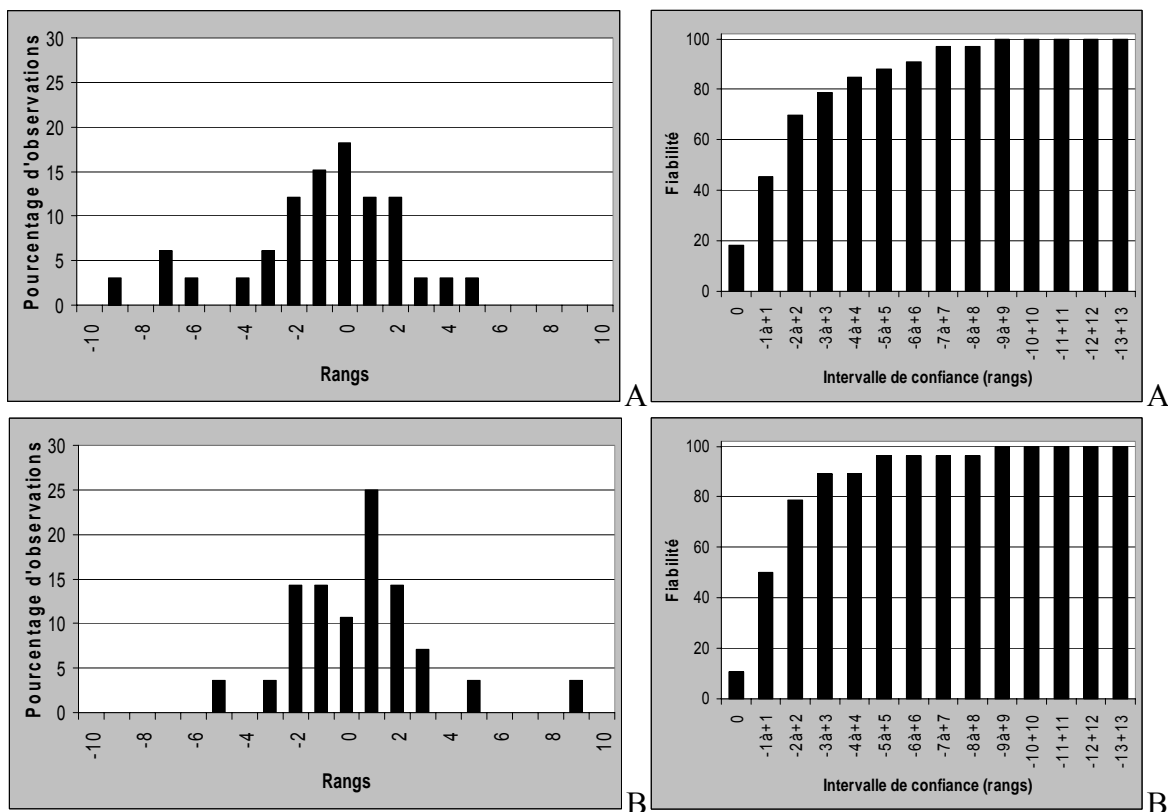
Planche 39 : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles « pauvres » (A) à celles des filles « aisées » (B)

**11.1.2. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons « pauvres » (A) à celles des garçons « aisés » (B) (planche 40)**

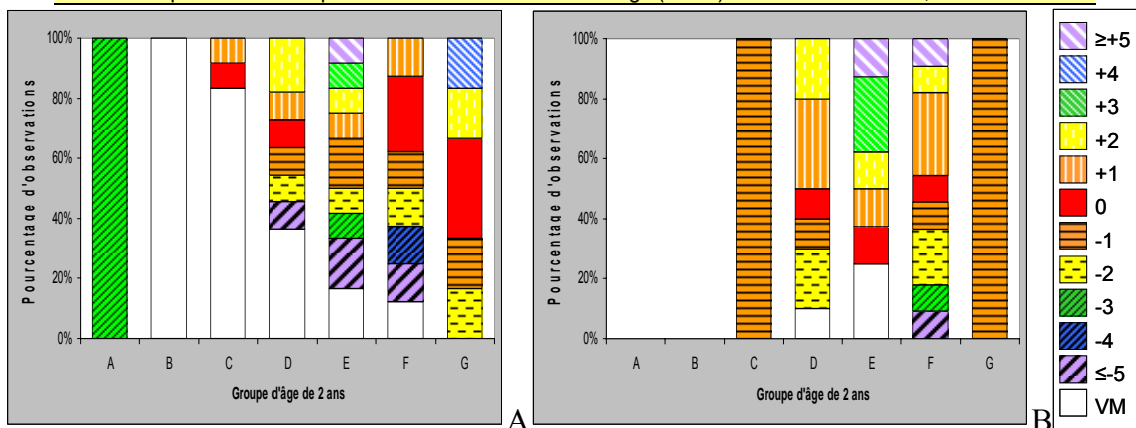
On observe un meilleur **taux de réponse** avec les garçons « aisés » par rapport aux garçons « pauvres », cette différence étant significative ( $p < 0,009$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité d'au moins 95%** est plus resserré pour les garçons « aisés ». Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -5 à +5, -6 à +6 et -7 à +7, il n'y a pas de différence significative. Les garçons « pauvres » présentent une meilleure **performance** que les garçons « aisés », mais cette différence n'est pas significative ( $p = 0,49$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les garçons « aisés » est plus « pointue » que celle obtenue avec les garçons « pauvres ». Pour les deux échantillons, il n'y a pas significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p = 0,49$  et  $p = 0,48$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p = 0,17$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p = 0,54$ ).

La méthode est en mesure de fournir une estimation de l'âge dentaire pour seulement trois des 15 garçons « pauvres » de moins de 8 ans (A, B, C). Le seul garçon « aisé » de moins de 8 ans (A, B, C) possède une estimation de son âge dentaire. Entre 8 et 16 ans (C, D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs observées pour les deux échantillons ne sont pas significativement différentes, groupe d'âge de 2 ans par groupe d'âge de 2 ans.





	A	B
Effectif échantillon test	52	31
% réponse	63,5	90,3
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (97,0%)	66 (96,4%)
Performance (% de rangs 0)	18,2	10,7
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)	0,49	
Kurtosis	-0,20	1,67
Asymétrie	0,49	0,48
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)	0,17	
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)	0,54	



( $n_A=1, n_B=2, n_C=12, n_D=11, n_E=12, n_F=8, n_G=6$ )

( $n_A=0, n_B=0, n_C=1, n_D=10, n_E=8, n_F=11, n_G=1$ )

**Planche 40** : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons « pauvres » (A) à celles des garçons « aisés » (B)

## 11.2. Deuxième approche : le taux d'emploi du ménage

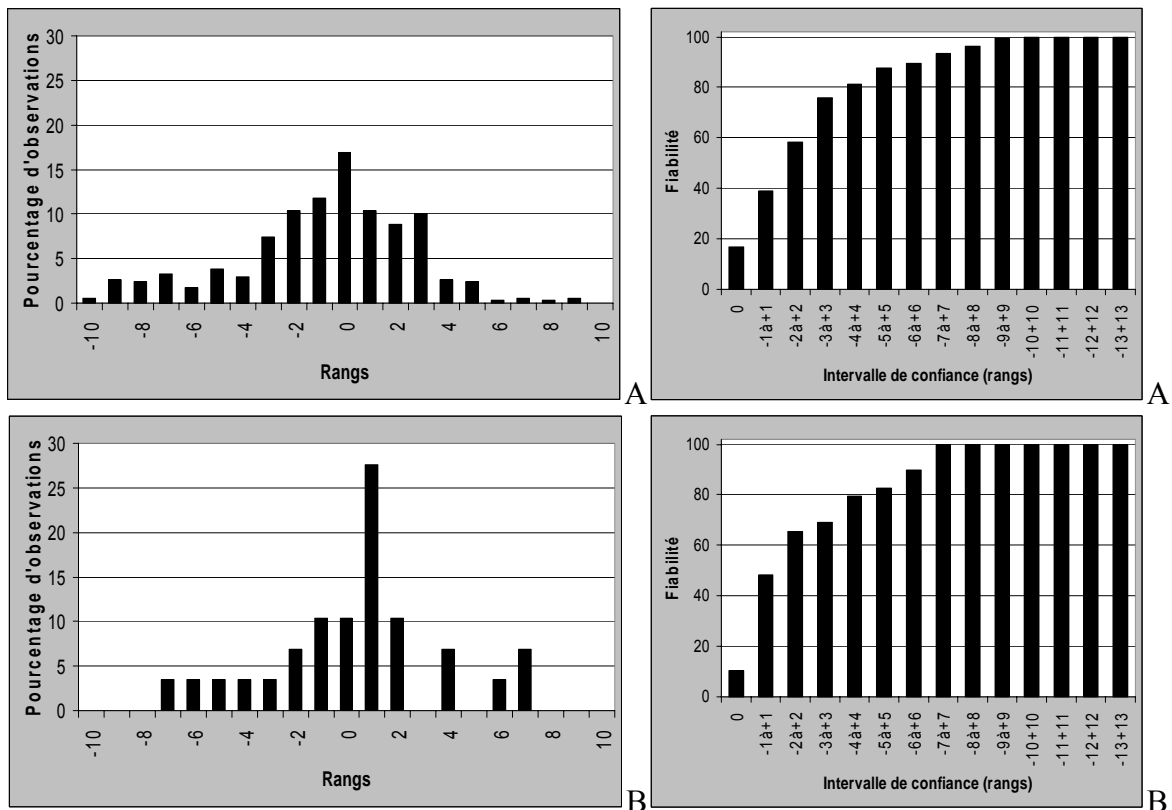
Les enfants vivant dans des foyers biparentaux dont le taux d'emploi du ménage est de 0/2 et ceux vivant dans des foyers monoparentaux dont le taux d'emploi du ménage est de 0/1 sont considérés comme « pauvres ». Il y a ainsi 40 filles et 37 garçons « pauvres ». Sur les 111 enfants considérés comme « pauvres » selon l'indice du niveau de vie du ménage, on retrouve les 77 enfants considérés comme « pauvres » selon le taux d'emploi du ménage. **Dans le cadre de cette étude, et en fonction des données relevées, le taux d'emploi du ménage apparaît donc comme un indicateur de pauvreté plus rigoureux que l'indice du niveau de vie du ménage.** Les distributions de rangs obtenues sont comparées pour les filles « pauvres » et « non pauvres », d'une part (planche 41), et pour les garçons « pauvres » et « non pauvres », d'autre part (planche 42).

### 11.2.1. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles « non pauvres » (A) à celles des filles « pauvres » (B) (planche 41)

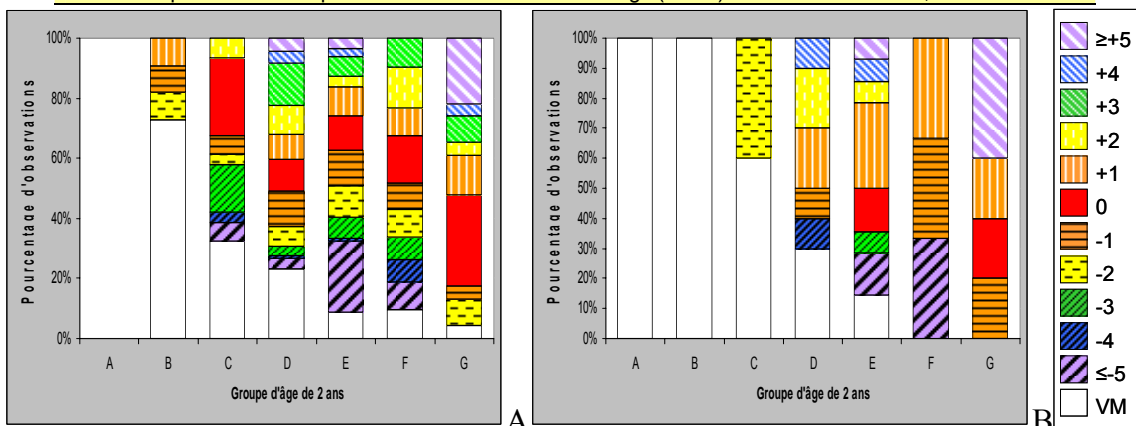
On observe un meilleur **taux de réponse** avec les filles « non pauvres » par rapport aux filles « pauvres », mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,06$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité d'au moins 95%** est plus resserré pour les filles « pauvres ». Néanmoins, si l'on compare les effectifs des deux échantillons pour les intervalles de confiance -7 à +7 et -8 à +8, il n'y a pas de différence significative. Les filles « non pauvres » présentent une meilleure **performance** que les filles « pauvres », mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,44$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les filles « pauvres » est plus « pointue » que celle obtenue avec les filles « non pauvres ». Pour les deux échantillons, il n'y a pas significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p=0,12$  et  $p=0,40$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,08$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,11$ ).

De 2 à 6 ans (A, B), le faible effectif des filles « pauvres » ne permet pas de réaliser de comparaison avec les filles « non pauvres ». De 6 à 8 ans (C), les deux échantillons présentent une majorité de rangs négatifs. De 8 à 10 ans (E), les deux échantillons ne présentent pas

significativement plus de rangs positifs que de rangs négatifs. De 10 à 12 ans, les filles « pauvres » présentent une proportion de rangs positifs significativement plus élevée que celle des filles « non pauvres ». De 12 à 16 ans, les deux échantillons ne présentent pas significativement plus de rangs positifs que de rangs négatifs. Notons que les filles « non pauvres » présentent des rangs 0 de 6 à 16 ans, tandis que les filles « pauvres » n'en présentent qu'en E et G.



	A	B
Effectif échantillon test	401	40
% réponse	84,3	72,5
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	102 (96,2%)	90 (100,0%)
Performance (% de rangs 0)	16,9	10,3
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,44
Kurtosis	0,23	6,92
Asymétrie	0,12	0,40
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,08
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,11



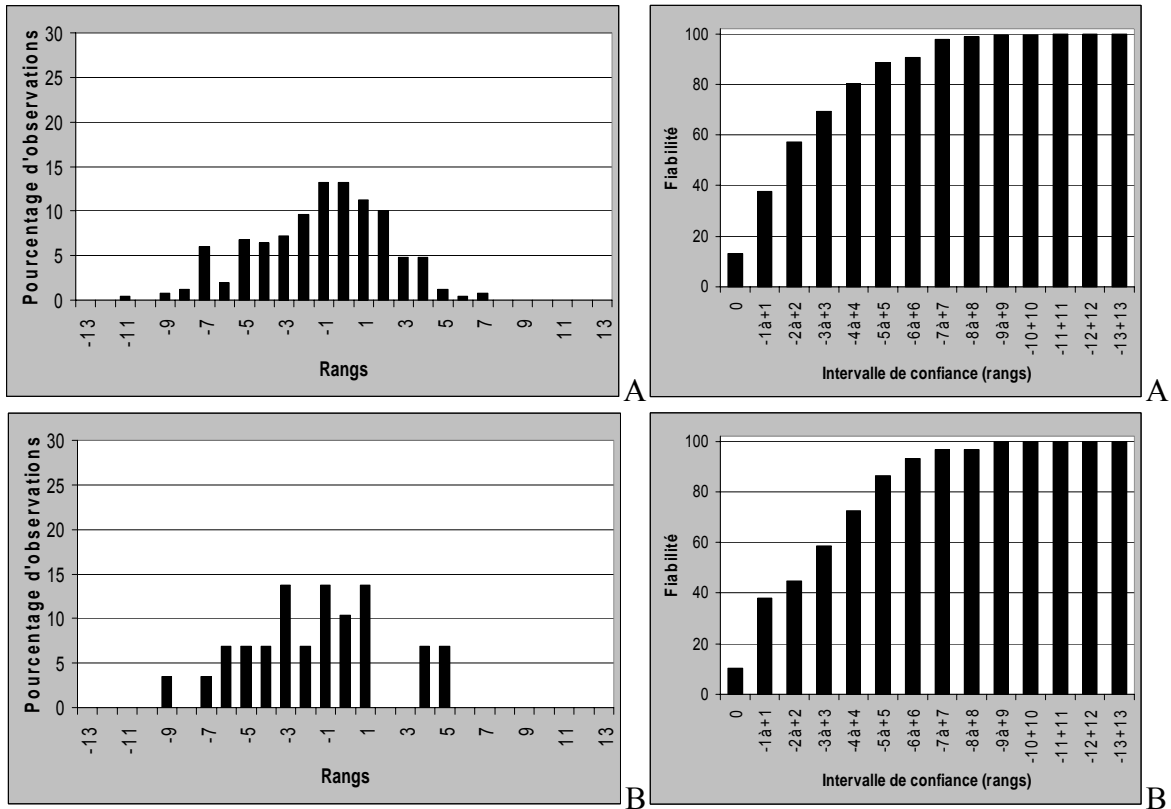
( $n_A=0, n_B=11, n_C=31, n_D=94, n_E=147, n_F=95, n_G=23$ ) ( $n_A=1, n_B=2, n_C=5, n_D=10, n_E=14, n_F=3, n_G=5$ )

Planche 41 : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des filles « non pauvres » (A) à celles des filles « pauvres » (B)

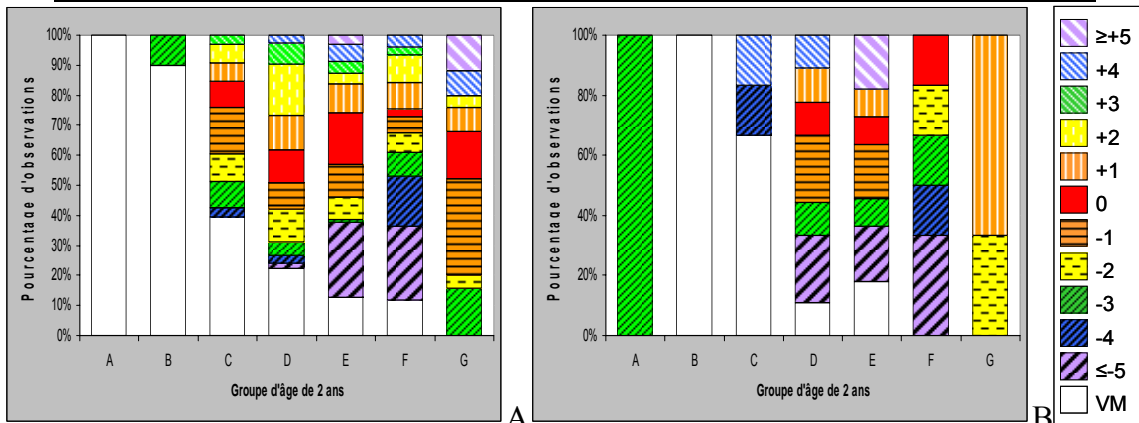
**11.2.2. Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons « non pauvres » (A) à celles des garçons « pauvres » (B) (planche 42)**

On observe un meilleur **taux de réponse** avec les garçons « non pauvres » par rapport aux garçons « pauvres », mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,80$ ). **L'intervalle de confiance associé à une fiabilité d'au moins 95%** est le même pour les garçons « pauvres » et « non pauvres ». Les garçons « non pauvres » présentent une meilleure **performance** que les garçons « pauvres », mais cette différence n'est pas significative ( $p=0,89$ ). La comparaison des valeurs des **kurtosis** indique que la distribution des rangs obtenue avec les garçons « pauvres » est plus « aplatie » que celle obtenue avec les garçons « non pauvres ». La distribution obtenue avec les garçons « non pauvres » présente significativement plus de rangs négatifs que de rangs positifs ( $p=0,01$ ), contrairement à celle obtenue avec les garçons « pauvres » où il n'y a pas de différence significatives entre le nombre de rangs positifs et le nombre de rangs négatifs ( $p=0,16$ ). Cette proportion de rangs positifs et négatifs n'est pas significativement différente entre les deux distributions ( $p=0,46$ ). Prises dans leur ensemble, ces deux distributions ne sont pas significativement différentes ( $p=0,82$ ).

De 2 à 8 ans (A, B, C), le trop faible nombre de garçons « pauvres » pour lesquels la méthode est en mesure de fournir une estimation de l'âge dentaire rend délicate les comparaisons avec les garçons « non pauvres ». De 8 à 16 ans (D, E, F, G), les proportions de rangs positifs et négatifs comparées pour deux groupes d'âges identiques ne sont jamais significativement différentes entre les garçons « pauvres » et les garçons « non pauvres ». Notons que les garçons « non pauvres » présentent des rangs 0 de 6 à 16 ans, tandis que les garçons « pauvres » n'en présentent qu'entre 8 et 14 ans.



	A	B
Effectif échantillon test	312	37
% réponse	80,1	78,4
Intervalle de confiance $\geq 95\%$	90 (97,6%)	90 (96,6%)
Performance (% de rangs 0)	13,2	10,3
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des performances (ddl=1)		0,89
Kurtosis	-0,84	-0,97
Asymétrie	0,01	0,16
Comparaison asymétrie distributions 1 et 2 par rapport au rang 0 (ddl=1)		0,46
Valeur p $\chi^2$ de la comparaison des distributions de rangs (ddl=4)		0,82



( $n_A=3, n_B=10, n_C=33, n_D=71, n_E=93, n_F=77, n_G=25$ ) ( $n_A=1, n_B=1, n_C=6, n_D=9, n_E=11, n_F=6, n_G=3$ )

**Planche 42** : Comparaison des estimations de l'âge dentaire des garçons « non pauvres » (A) à celles des garçons « pauvres » (B)

### 11.3. Bilan

Dans le cadre de la première approche, l'étude de l'indice du niveau de vie du ménage permet de comparer les estimations d'âge dentaire des enfants « pauvres » à celles des enfants « aisés » à partir du référentiel constitué par les enfants d'un niveau de vie « moyen » et selon l'approche Bayes Dépendant. **En dehors du taux de réponse qui est significativement plus élevé pour les enfants aisés, les autres critères qualitatifs ne varient pas significativement selon le niveau de vie des sujets.** Les enfants « pauvres » présentent des séquences de minéralisation dentaire moins régulièrement représentées au sein du référentiel que celles des enfants « aisés ».

L'étude du taux d'emploi du ménage développée dans la deuxième approche, ne révèle aucune différence significative entre les différents critères qualitatifs selon que les enfants soient « pauvres » ou « non pauvres ». **Nous pouvons néanmoins noter un décalage vers les rangs positifs de la distribution des filles « pauvres » avec un mode représenté par le rang +1 (planche 41). Ce décalage ne provoque pas une asymétrie significative ( $p=0,08$ ), mais indique que les filles « pauvres » présentent des retards d'âge dentaire par rapport aux filles « non pauvres ».** Ceci se retrouve dans la distribution des rangs selon les groupes d'âge de 2 ans, où l'on peut notamment constater la faible proportion de rang 0 présentée par les filles « pauvres ».

**Si le niveau socioéconomique d'un enfant, qu'il soit apprécié selon l'indice du niveau de vie du ménage ou bien selon le taux d'emploi du ménage, n'a pas d'influence significative sur la qualité de l'estimation de l'âge dentaire par l'approche Bayes dépendant, les taux de réponse des enfants « pauvres » dans la première approche et l'apparent retard d'âge dentaire des filles « pauvres » dans la seconde, nous invitent à être prudents.** Il serait fort intéressant de pousser plus avant dans cette direction à l'aide d'un échantillon d'enfants « pauvres » plus important.

## 12. Approche multivariée

Un certain nombre d'items du questionnaire ont fait l'objet d'une étude univariée. **Il nous a semblé essentiel d'explorer également l'approche multivariée de ces différentes variables.** Le but de cette démarche consiste à réaliser une analyse discriminante ayant pour variable de classement l'âge dentaire. Pour ce faire, quatre modalités sont créées à partir des rangs de chaque individus :

- N : âge dentaire normal
- VM : pas d'estimation de l'âge dentaire
- A : avance d'âge dentaire
- R : retard d'âge dentaire

Nous avons réalisé cette approche multivariée à partir des 863 enfants recrutés dans le sud de la France pour lesquels nous possédons un questionnaire. Nous avons considéré les variables suivantes :

- le sexe : deux modalités : fille / garçon
- le lieu d'examen : deux modalités : hôpital / privé
- le poids à la naissance : trois modalités : LBW (<2,5 kg) / NBW / HBW (>4,1 kg)
- le passage en couveuse : deux modalités : oui / non
- l'âge aux premiers pas debout : deux modalités : normal / retard
- le type d'allaitement maternel (seuil à 4 mois) : trois modalités : sein / mixte / biberon
- la consommation de lait de vache avant 1 an : deux modalités : oui / non
- l'utilisation d'une sucette (ou tétine) : deux modalités : oui / non
- le fait de sucer son pouce : deux modalités : oui / non
- l'âge de la mère à la naissance : trois modalités : <20 ans / 20<mère<35 ans / >35 ans
- le type de foyer dans lequel évolue l'enfant : trois modalités : biparental / maternel / paternel
- les problèmes de santé survenus durant la grossesse : deux modalités : oui / non
- les problèmes de santé survenus chez l'enfant : deux modalités : oui / non
- le suivi d'un traitement médical à base d'antibiotiques et/ou de corticoïdes sur une période de plus de 15 jours : quatre modalités : antibiotique / antibiotique + corticoïde / corticoïde / non
- tabagisme maternel durant la grossesse : deux modalités : oui / non
- le taux d'emploi du ménage : deux modalités : pauvre / non pauvre



Sur les 863 sujets de l'étude, 356 filles et 272 garçons ont un questionnaire pour lequel l'ensemble de ces variables est renseigné.

A partir de ces 628 enfants, nous réalisons une analyse des correspondances multiples afin de caractériser chacune des 38 modalités par leurs coordonnées sur un nombre  $n$  de dimension permettant d'illustrer 99,9% de l'inertie (cf. Méthodes p 100-102). A partir de ces coordonnées il est possible de « transformer les variables ordinales constituées par les différentes modalités en variables continues », suite à quoi nous pouvons appliquer une analyse discriminante. La figure 21 représente une première analyse discriminante réalisée selon les modalités suivantes pour la variable de classement qu'est l'âge dentaire :

- N : rangs -1, 0 et +1
- VM
- A : rangs < -1
- R : rangs > +1

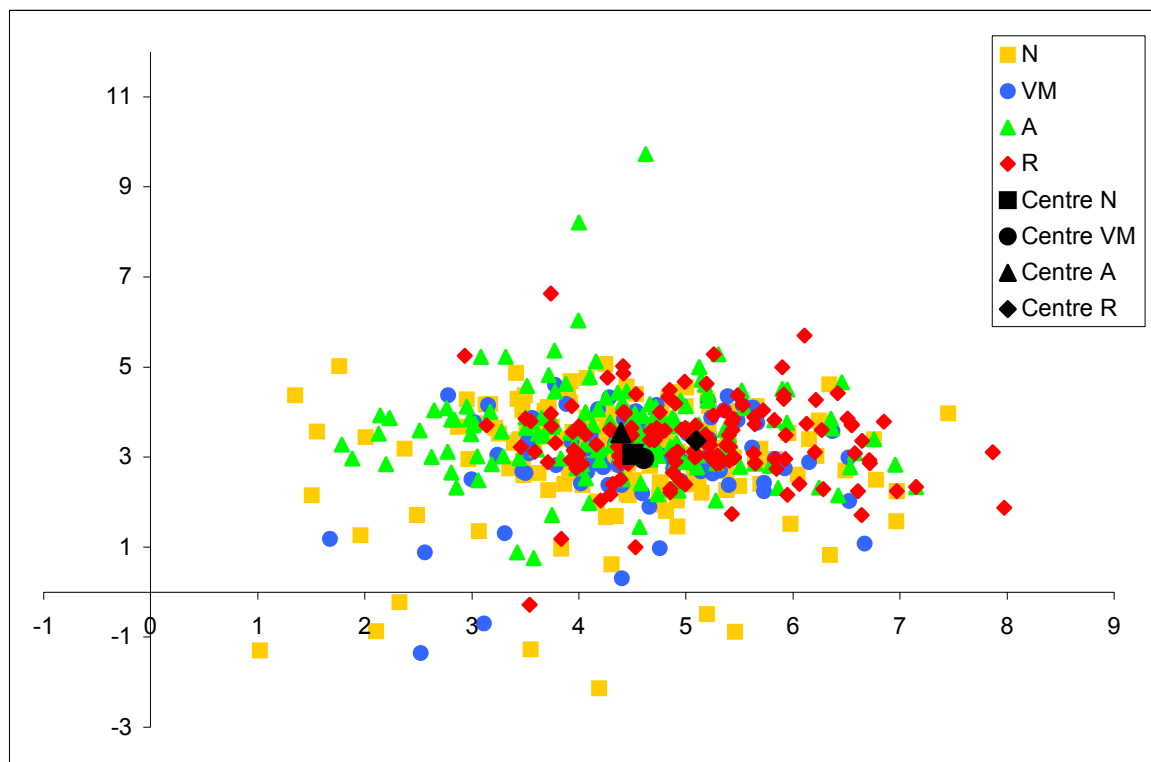
La figure 22 représente une deuxième analyse discriminante réalisée selon les modalités suivantes pour la variable de classement qu'est l'âge dentaire :

- N : rangs -4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3 et +4
- VM
- A : rangs < -4
- R : rangs > +4

Aucune des variables utilisées dans le cadre de ces deux analyses ne semble discriminer de manière satisfaisante les quatre modalités de la variable âge dentaire. Les quatre nuages forment dans les deux cas un seul ensemble relativement uniforme. Les centres de ces quatre nuages se situent dans un périmètre très réduit, indiquant l'absence de tendance claire dans la répartition des différentes modalités concernant l'âge dentaire.

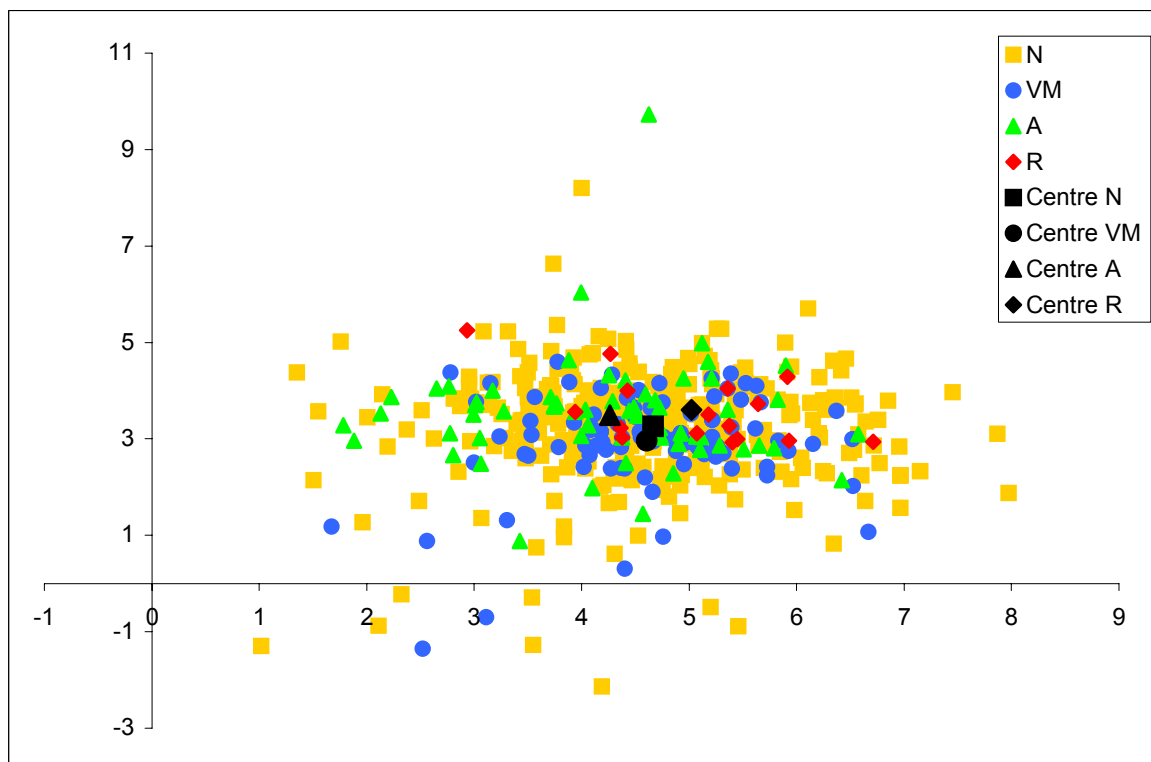
**L'analyse multivariée des données ne semble pas en mesure d'apporter de nouvelles informations aptes à enrichir notre analyse sur la potentielle influence de facteurs d'ordres biologique et socioéconomique sur l'estimation de l'âge dentaire.**

Figure 21 : Analyse discriminante. Variable de classement : âge dentaire <sup>1</sup>



<sup>1</sup> N : rangs -1, 0 et +1, VM, A : rangs < -1, R : rangs > +1, Centre N : centre du nuage N, Centre VM : centre du nuage VM, Centre A : centre du nuage A ; Centre R : centre du nuage R

Figure 22 : Analyse discriminante. Variable de classement : âge dentaire <sup>1</sup>



<sup>1</sup> N : rangs -4, 0 et +4, VM, A : rangs < -4, R : rangs > +4, Centre N : centre du nuage N, Centre VM : centre du nuage VM, Centre A : centre du nuage A ; Centre R : centre du nuage R

tel-00011208, version 1 - 15 Dec 2005



# *Discussion*

L'objectif de ce travail réside en l'étude de l'étiologie des processus de maturation macrostructural dentaire. Afin de remplir cet objectif, nous nous sommes prioritairement attaché à :

1- utiliser, tester et évaluer la qualité d'une méthode d'estimation de l'âge dentaire (Braga *et al.*, online first) la plus à même de rendre compte des caractéristiques de la maturation macrostructurale dentaire et de leur association avec l'âge chronologique

2- tester à l'aide de cette méthode les éventuelles incidences d'un certain nombre de facteurs biologiques et socioéconomiques sur la maturation macrostructurale dentaire.

### **1. L'approche Bayes Dépendant associée au choix d'une probabilité *a priori* uniforme (non informative)**

Ces dernières années, différents auteurs se sont attachés à développer de nouvelles techniques d'estimation de l'âge en appliquant le théorème de Bayes (Konigsberg et Frankenberg, 1992 ; Lucy *et al.*, 1996 ; Schmitt et Broqua, 2000 ; Schmitt, 2001 ; Chaillet, 2003 ; Foti *et al.*, 2003, Braga *et al.*, online first). Les résultats issus de ces études mettent en avant les trois principaux avantages offerts par l'approche Bayésienne :

- **l'approche Bayésienne est une méthode robuste et appropriée à l'étude de variables ordinales, contrairement aux techniques de régression utilisées dans de nombreuses méthodes** (*cf.* Introduction p 40)

- **l'approche Bayésienne permet de fournir une estimation directement sous la forme d'une probabilité** (*cf.* Introduction p 41 et Méthodes p 84-85)

- **l'approche Bayésienne offre une grande souplesse d'utilisation dans le choix des seuils de précision et de fiabilité que l'on souhaite fixer en fonction des objectifs à atteindre** (*cf.* Méthodes p 85)

Lors de l'application du théorème de Bayes, la première option qui nécessite de faire un choix est celle liée à la probabilité *a priori*. **Opter pour des probabilités *a priori* calculées en fonction de la distribution de l'âge de l'échantillon de référence** (Lucy *et al.*,

1996 ; Schmitt et Broqua, 2000 ; Schmitt, 2001 ; Chaillet, 2003 ; Foti *et al.*, 2003) **permet de tenir compte de l'influence de cette dernière sur l'estimation de l'âge d'un individu, mais pose le problème de la comparaison des résultats obtenus à partir de référentiels ne présentant pas la même distribution d'âge** (*cf.* Méthodes p 82-86). Une autre possibilité, permettant ce type de comparaison, et pour laquelle nous avons optée, consiste à utiliser des probabilités *a priori* uniformes, encore appelées non informatives (Konigsberg et Frankenberg, 1992). En effet, **notre objectif est celui de l'estimation de l'âge d'individus et non la reconstitution de la structure démographique d'une population**. Dans ce dernier cas, le fait de considérer chaque classe d'âge comme équiprobable pourrait sembler aberrant. Notre choix de travailler avec des probabilités *a priori* uniformes trouve sa justification lorsque l'on compare, par exemple, la qualité de l'estimation de l'âge dentaire des filles en fonction du sexe de l'échantillon de référence. Les échantillons de référence, féminin et masculin, ne présentant pas la même distribution d'âge, il ne serait pas possible d'opérer cette comparaison en travaillant avec des probabilités *a priori* établies en fonction de la distribution de l'âge de ces référentiels.

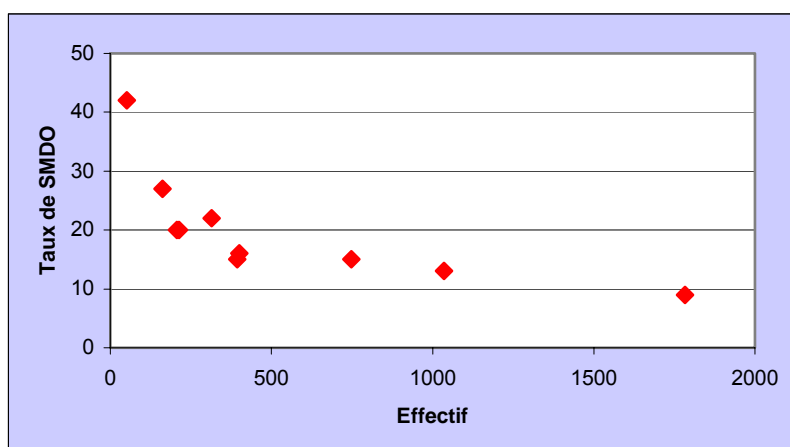
La seconde option concerne le choix entre l'approche Bayes Indépendant et l'approche Bayes Dépendant. Dans leurs travaux respectifs, Lucy *et al.* (1996), Chaillet (2003), Foti *et al.* (2003), traitent les différents attributs dentaires comme autant de variables indépendantes. L'approche Bayes Indépendant consiste à considérer, au niveau de la maturation macrostructurale, les 7 dents définitives mandibulaires gauches comme indépendantes les unes des autres. Cette approche, également parfois appelée « approche Bayésienne naïve » ou encore « approche Bayésienne simple », apparaît difficilement acceptable quand le nombre de dents codées multiplié par le nombre de stades dentaires possibles, augmentent (Domingos et Pazzani, 1997). Néanmoins, il est discutable de traiter les variables constituées par les processus de modification structurelles dentaires utilisés par Johanson<sup>17</sup> (1950) et repris par Lucy *et al.* (1996), et à fortiori celles constituées par l'étude de la maturation macrostructurale de différentes dents (Chaillet, 2003 ; Foti *et al.*, 2003), comme des variables indépendantes (*cf.* Méthodes p 88). En effet, sur les 9<sup>7</sup> séquences de minéralisation dentaire théoriques (*cf.* Méthodes p 89), toutes ne sont pas biologiquement possibles. Cet état de fait met en évidence l'absence d'indépendance entre les 7 dents de l'hémi-mandibule gauche.

---

<sup>17</sup> Attrition, dépôt secondaire de dentine, récession du périodonte, résorption radiculaire et translucidité de la dentine radiculaire.

Afin de respecter au mieux la réalité biologique de la maturation macrostructurale dentaire, nous avons décidé de traiter les 7 dents définitives mandibulaires gauches comme autant de variables dépendantes (Braga *et al.*, online first). Ainsi, dans la pratique, une seule variable est constituée : elle consiste en un nombre à 7 chiffres (séquence de minéralisation dentaire), où chaque chiffre correspond respectivement au stade de maturation observé de la I<sub>1</sub>, de la I<sub>2</sub>, de la C, de la P<sub>3</sub>, de la P<sub>4</sub>, de la M<sub>1</sub> et de la M<sub>2</sub>. L'inconvénient de cette approche réside dans l'impossibilité de produire une estimation de l'âge dentaire d'un enfant présentant une séquence de minéralisation dentaire orpheline (*i.e.* non représentée dans le référentiel), d'où la nécessité de travailler avec des échantillons de référence d'effectifs les plus importants possibles. La figure 23 représente l'évolution du taux de séquences de minéralisation dentaire orphelines (SMDO) en fonction de l'effectif des divers échantillons utilisés dans le cadre de cette étude. **Mais, l'avantage offert par cette approche Bayes Dépendante, est de respecter l'originalité de la séquence de minéralisation dentaire** (le *pattern* des anglo-saxons). En effet, en plus de la dimension temporelle liée à la durée des différentes étapes de maturation, l'âge dentaire dépend également de la séquence de minéralisation dentaire. Une séquence très peu, voir non représentée, dans un référentiel est une information importante qui est « diluée » dans le cadre de l'approche Bayes Indépendante, car il sera régulièrement possible de trouver dans une même classe d'âge une I<sub>1</sub> à tel stade avec un individu X, une I<sub>2</sub> à tel stade avec un individu Y, et ainsi de suite pour les cinq autres dents. **L'approche Bayes Indépendant produit ainsi une estimation de l'âge dentaire d'un individu qui possède une séquence de minéralisation dentaire très particulière sans tenir réellement compte de cette particularité** (*cf.* Méthodes p 90-92).

**Figure 23** : Evolution du taux de séquences de minéralisation dentaire orphelines (SMDO) en fonction de la taille des échantillons



La comparaison de la qualité des résultats obtenus selon l'approche employée et la taille de l'échantillon indique que les différences entre les deux approches sont relativement peu importantes. En dehors du taux de réponse et de l'allure générale de la distribution (kurtosis), pour lesquels l'approche Bayes Indépendant donne de meilleurs résultats, les autres critères qualitatifs ne varient pas significativement entre les deux approches.

**Dans le cadre de cette étude et des objectifs qui y sont poursuivis, il nous semble que ce désavantage de l'approche Bayes Dépendant est compensé par sa capacité à respecter la réalité de la séquence de minéralisation dentaire.**

## **2. Quid de l'influence de facteurs biologiques et socioéconomiques sur l'estimation de l'âge dentaire d'un individu ?**

### **2.1. Influence du sexe**

La majorité des études portant sur la maturation et le développement dentaire ont mis en évidence l'existence d'une variabilité liée au sexe (voir Demirjian, 1986 ; Liversidge *et al.*, 1998 pour synthèse). Les filles atteignent en moyenne chaque stade de maturation dentaire plus tôt que les garçons. Cet écart s'accroît proportionnellement avec l'âge des enfants. Des écarts allant de 0,3 à 1,7 ans sont ainsi décrits par Haavikko (1970). Dans le cadre de ce travail, l'influence du sexe sur l'estimation de l'âge dentaire est étudiée selon deux approches distinctes.

Une première approche consiste à générer un référentiel « unisexe » dans lequel sont regroupés sans distinction les filles et les garçons. A partir de ce référentiel, l'âge des filles et des garçons d'un échantillon test (les individus de l'échantillon test ne font pas partie du référentiel) est estimé selon l'approche Bayes Dépendant. Ces résultats sont comparés à ceux obtenus lorsque l'âge dentaire des filles est estimé à partir d'un référentiel féminin, et celui des garçons à partir d'un référentiel masculin. Que ce soit pour les filles ou pour les garçons, les différents critères qualitatifs que sont le taux de réponse, l'intervalle de confiance associé à une fiabilité d'au moins 95%, la performance, la valeur du kurtosis, la symétrie de la distribution par rapport au rang 0 (proportions de rangs négatifs et de rangs positifs), l'aspect



général de la distribution ou encore la distribution des rangs selon l'âge des enfants, ne varient pratiquement jamais significativement selon que le référentiel tienne compte du sexe ou non. Une exception cependant concerne les garçons lorsque l'âge dentaire est estimé avec le référentiel « unisexe ». **Tandis que la distribution obtenue pour les garçons avec le référentiel masculin présente une majorité de rangs négatifs, celle obtenue avec le référentiel « unisexe » ne présente pas d'asymétrie par rapport au rang 0. Ceci signifie que leur âge dentaire est retardé lorsqu'il est estimé selon le référentiel « unisexe ». Ceci est à mettre en relation avec la majorité de filles qui constituent le référentiel « unisexe » (645 filles pour 456 garçons).**

Avec la deuxième approche, lorsque l'âge dentaire des filles est estimé selon le référentiel masculin et celui des garçons selon le référentiel féminin, des différences significatives apparaissent. Avec cette inversion de référentiel, on constate que les filles présentent des avances significatives d'âge dentaire par rapport à leur âge chronologique, contrairement aux garçons qui eux présentent des retards significatifs. Les distributions des rangs selon les groupes d'âge de 2 ans montrent que ces différences se répartissent principalement entre 10 et 14 ans. **Les filles présentent donc des avances significatives de maturation dentaire par rapport aux garçons, avances mises en évidence par l'estimation de l'âge dentaire selon l'approche Bayes Dépendant entre 10 et 14 ans.** Les enfants de moins de 8 ans ne semblent pas présenter cette variabilité de maturation dentaire selon leur sexe. Néanmoins, cette dernière observation doit être modérée du fait de la taille des effectifs des filles et des garçons de moins de 8 ans. Si le groupe d'âge 6 - 8 ans (C) est relativement bien représenté avec 35 filles et 33 garçons, en dessous de 6 ans l'échantillon test ne présente que 11 filles et 11 garçons. **Si nous constatons l'existence d'une variabilité certaine dans l'estimation de l'âge dentaire, liée au sexe, les séquences de minéralisation dentaire ne semblent par contre pas connaître une variabilité très importante selon le sexe des sujets.** En effet, lors de l'inversion des standards, les taux de réponses restent équivalents à ceux produits avec les référentiels spécifiques.

Il est par ailleurs fort intéressant, notamment dans une perspective d'estimation d'âge au décès sans information disponible sur le sexe de l'individu, de constater que **l'estimation de l'âge dentaire des filles selon le référentiel « unisexe » n'est pas de plus mauvaise qualité que celle produite par le référentiel féminin.** Cette observation vaut également pour les garçons. **En conséquence de quoi, nous suggérons qu'il est préférable d'estimer l'âge d'un individu à partir du référentiel « unisexe » dès que le moindre doute est associé à la**

**détermination de son sexe.** Or, aujourd'hui encore, dans le domaine de l'étude des populations du passé, la détermination du sexe des immatures reste assortie d'une certaine incertitude. **Les résultats que nous présentons tendent à montrer qu'il est moins risqué d'estimer l'âge d'une fille, ou d'un garçon, avec un référentiel unisexe, que d'estimer l'âge d'une fille avec un référentiel masculin, ou le contraire.** Dans le premier cas, la qualité de l'estimation produite reste comparable à celle réalisée à l'aide d'un référentiel spécifique, tandis qu'en cas d'erreur sur l'estimation du sexe, la qualité de l'estimation de l'âge dentaire a de grandes chances de chuter. Quand l'information du sexe est disponible et fiable, il est évidemment préférable d'utiliser le référentiel adéquat.

Les résultats obtenus lors de l'étude de l'influence du sexe sur l'estimation de l'âge dentaire par l'approche Bayes Dépendant sont en accord avec ceux de la littérature existant à ce sujet (voir Demirjian, 1986 ; Liversidge *et al.*, 1998 pour synthèse). Ils sont la preuve que l'approche Bayes Dépendant est en mesure de révéler d'éventuelles différences de maturation dentaire entre deux échantillons, lorsque celles-ci existent. Néanmoins, comme nous allons le voir par la suite pour d'autres facteurs relevés à l'aide du questionnaire, l'absence de preuve démontrant l'existence de différence de maturation macrostructurale dentaire entre deux échantillons, n'est pas la preuve d'une absence de différence.

## 2.2. Influence de traitements médicaux

L'éventuel impact de traitements médicaux à base d'antibiotiques et/ou de corticoïdes a fait l'objet d'une étude particulièrement attentive, car ces enfants étaient susceptibles d'être retirés de l'étude en cas de retard ou d'avance avérés dans leur développement dentaire. La grande majorité des enfants ayant suivi des traitements médicaux de ce type sur des périodes prolongées (*i.e.* supérieures à 15 jours) ont consommé des antibiotiques (99/118). La cortisone a été identifiée comme pouvant induire une avance de maturation dentaire chez le rat (Domm et Wellband, 1960), tandis que les antibiotiques, et tout particulièrement la tétracycline et l'actinomycine, affectent la formation de l'émail et de la dentine (Ranggard, 1989 ; Love et Chandler, 1996 ; Lyaruu *et al.*, 1997). Cet effet sur la minéralisation n'est néanmoins pas évalué dans ces articles en termes de retard ou d'avance.

D'après nos résultats, la qualité de l'estimation de l'âge dentaire des enfants ayant suivi ce type de traitement avec l'approche Bayes Dépendant, en fonction du sexe et selon le référentiel des enfants non traités, ne se différencie pas significativement de celle de

l'échantillon témoin constitué par les enfants non traités. **Il apparaît donc que des traitements à base d'antibiotiques et/ou de corticoïdes suivis par des enfants ne présentant pas d'antécédent pathologique particulier, ayant notamment une influence avérée sur leur développement, n'ont pas d'influence significative sur l'estimation de l'âge dentaire.** L'ensemble de ces enfants a donc été conservé au sein de l'échantillon de cette étude.

### 2.3. Influence de l'origine géographique

Actuellement, l'origine géographique est considérée par de nombreux auteurs, après le sexe, comme le deuxième facteur générateur de variabilité au niveau de la maturation macrostructurale dentaire (Demirjian *et al.*, 1973 ; Hägg et Matsson, 1985 ; Kataja *et al.*, 1989 ; Harris et McKee, 1990 ; Davis et Hägg, 1994 ; Mörnstad *et al.*, 1995 ; Koshy et Tandon, 1998 ; Nykanen *et al.*, 1998 ; Frucht *et al.*, 2000 ; Eid *et al.*, 2002). Ainsi, les nombreuses études réalisées dans ce domaine, s'attachent à générer des échantillons de référence « géographiquement spécifiques ». Dans le cadre de l'étude menée par Braga *et al.* (online first), nous avons testé l'influence de l'origine géographique sur l'estimation de l'âge dentaire selon l'approche Bayes Dépendant à l'aide de trois échantillons : un premier constitué de 456 enfants européens, un second constitué de 384 enfants iraniens et enfin un échantillon formé par 260 enfants ivoiriens.

La première approche mise en place, consiste à comparer la qualité des estimations d'âge dentaire produites en fonction de la spécificité géographique ou non du référentiel. Sur les 12 comparaisons réalisées pour les filles et les garçons, on constate à six reprises une estimation d'âge dentaire de meilleure qualité avec un référentiel non spécifique géographiquement. A deux reprises seulement, la qualité de l'estimation de l'âge dentaire est meilleure avec un référentiel géographiquement spécifique. Enfin, à quatre reprises les estimations d'âge dentaires produites par les deux référentiels sont similaires.

Le référentiel européen donne de meilleurs résultats pour les filles européennes, les filles iraniennes, les filles ivoiriennes, les garçons européens et les garçons iraniens. Le référentiel ivoirien donne de meilleurs résultats pour les filles ivoiriennes. Le référentiel ivoirien donne de meilleurs résultats pour les filles iraniennes et les garçons européens.

Les différences observées entre les référentiels européens et iraniens ne semblent pas directement imputables à leur distribution d'âge respective (*cf.* Matériel p 69-70). Pour rappel,

les âges moyens des filles et des garçons, européens et iraniens, sont de 11 ans. Par contre, les âges moyens des filles et des garçons ivoiriens sont de 9 ans. Ainsi, il est possible d'expliquer pourquoi les garçons européens présentent des retards significatifs d'âge dentaire lorsque celui-ci est estimé avec le référentiel ivoirien. Au sein de l'échantillon ivoirien 65% des garçons ont moins de 10 ans pour seulement 33% des garçons européens, or plus un référentiel est jeune, plus il est probable qu'un échantillon test possédant un âge moyen plus élevé présente des retards. Ce type d'explication n'est pas en mesure de justifier la meilleure performance du référentiel européen sur le référentiel iranien, notamment chez les filles. **La nature de la variabilité observée ne semble pas liée à l'origine géographique. L'estimation de l'âge dentaire avec l'approche Bayes Dépendant est plus influencée par la composition des référentiels en termes d'effectif et d'âge que par l'origine géographique.**

**Un point reste cependant à approfondir. Il s'agit du lien qui semble exister entre les séquences de minéralisation dentaire et l'origine géographique.** En effet, sur la totalité des 12 comparaisons que nous avons réalisées, le référentiel géographiquement spécifique donne systématiquement un meilleur taux de réponse que le référentiel non géographiquement spécifique (différences significatives dans 8 cas). Le taux de réponse est par exemple, pour les garçons européens, plus de deux fois inférieur avec le référentiel ivoirien qu'avec le référentiel européen (32,7% vs 79,9%). Une part de cet écart est liée aux différences d'effectifs comme le montre les taux de réponse obtenus pour les garçons ivoiriens selon les référentiels ivoiriens et européens. Mais si l'on prend l'exemple des filles européennes et iraniennes, le même constat est vérifié, tandis que l'argument des différences de distributions en terme d'âge et d'effectif ne tient plus.

Avec la deuxième approche, en plus des trois référentiels européen, iranien et ivoirien, nous utilisons un référentiel dit « total », dans lequel figure la totalité des enfants recrutés dans le sud de la France, associés aux enfants iraniens et ivoiriens. Ce référentiel total est ainsi constitué de 1041 filles et de 747 garçons de toutes origines géographiques (Afrique subsaharienne, Afrique du Nord, Moyen Orient, Caraïbes, Europe). Les qualités des estimations d'âge dentaire produites pour un échantillon d'une certaine origine géographique sont comparées selon l'utilisation d'un référentiel géographiquement spécifique ou de celle du référentiel total.

**Les résultats obtenus ne font que confirmer l'aspect essentiel que revêt la composition de l'échantillon de référence, en termes d'effectif et d'âge, dans le cadre de l'estimation de l'âge dentaire selon l'approche Bayes Dépendant.** Ainsi, en dehors une nouvelle fois des garçons ivoiriens, **les résultats obtenus avec le référentiel total sont systématiquement de meilleure qualité que ceux obtenus avec des référentiels géographiquement spécifiques**, avec notamment des taux de réponse invariablement meilleurs, des performances (*i.e.* la proportion de rangs 0) le plus souvent supérieures et une meilleure symétrie par rapport au rang 0. **L'estimation de l'âge dentaire selon le référentiel total permet également de bien distribuer la performance sur l'ensemble des groupes d'âge de 2 ans.** En d'autres termes, avec l'utilisation du référentiel total, on retrouve dans la majorité des cas des rangs 0 dans chaque groupe d'âge de 2 ans. **Ce résultat nous semble essentiel lorsque l'on souhaite développer une méthode d'estimation d'âge de qualité.** L'approche Bayésienne permet en cela d'éviter un écueil souvent associé aux méthodes utilisant les techniques de régression, principalement celles utilisant la régression linéaire, connu sous le nom de « l'attraction du milieu » (Masset, 1989). Ce phénomène se caractérise par une sous estimation de l'âge des individus les plus âgés et une surestimation de l'âge des individus les plus jeunes. Des techniques ont ainsi été mises en place afin de pallier à ce problème comme la « calibration classique » (Aykroyd *et al.*, 1997).

#### **2.4. Influence de divers facteurs biologiques**

La durée de vie intra utérine, le poids, la taille et le BMI, à la naissance, sont fortement liés entre eux comme l'illustre l'ACM réalisée (figure 20). Nous avons choisi d'illustrer ce groupe de variables par l'étude de l'influence du poids à la naissance sur l'estimation de l'âge dentaire selon l'approche Bayes Dépendant en raison de la plus grande fiabilité des réponses fournies à cette question. Afin de ne pas biaiser ces résultats, nous avons comparé les âges dentaires estimés non pas aux âges chronologiques des enfants, mais aux âges biologiques (*i.e.* âge chronologique + durée de gestation). L'échantillon de cette étude ne nous a pas permis d'étudier les enfants nés avec un très faible poids à la naissance (*i.e.* inférieur à 2 kg) par manque d'effectif. Le seuil que nous avons utilisé est celui de 2,5 kg et correspond au poids moyen à la naissance des enfants de l'échantillon moins 1,5 écart type. **L'estimation de l'âge dentaire des enfants pesant moins de 2,5 kg à la naissance ne diffère pas significativement de celle des enfants pesant entre 2,5 et 4,1 kg à la naissance, lorsque l'on considère l'âge biologique.** Ces résultats vont dans le sens de ceux précédemment

publiés et portant sur l'influence du poids à la naissance sur l'émergence et/ou l'éruption dentaire (Golden *et al.*, 1981 ; Seow *et al.*, 1988 ; Backström *et al.*, 2000).

Harris *et al.* (1993) avancent l'hypothèse que si les retards qu'ils observent ne touchent que les incisives et les premières molaires définitives, cela est en grande partie lié au fait qu'elles débutent leur minéralisation au cours d'une période proche de la naissance. Elles seraient donc influencées par les différents stress engendrés par la naissance prématurée, à l'inverse des autres dents définitives qui débutent leur minéralisation plus tardivement. Néanmoins, dans les études où l'âge des prématurés est corrigé, comme celle de Backström *et al.* (2000, p 107), les auteurs affirment : « *maturation of both primary and permanent dentition in children born preterm does not differ appreciably from that in children born at term, indicating that premature birth has no appreciable late sequelae with respect of tooth maturation.*<sup>18</sup> » Par ailleurs, un phénomène de rattrapage (*catch up*) est démontré par Seow (1996) sur des enfants de très faibles poids à la naissance ( $p < 1500$  g). En effet, si à 6 ans des retards de maturation dentaire par rapport à un échantillon de contrôle sont observés, ce n'est plus le cas à l'âge de 9 ans. **Il est possible que la relative faiblesse d'effectif de l'échantillon pour les sujets les plus jeunes ne nous permette pas de visualiser ce phénomène de rattrapage, intervenu plus tôt dans la vie de l'enfant.**

**Les enfants dont les mères ont accouchés après 35 ans ne présentent pas de différence significative dans l'estimation de leur âge dentaire selon l'approche Bayes Dépendant par rapport aux enfants dont les mères ont accouché entre 20 et 35 ans.** La taille de l'effectif de l'échantillon ne nous a pas permis de traiter les enfants dont les mères ont accouché avant 20 ans, et ainsi d'analyser ces résultats à la lumière de ceux obtenus par Wang et vom Saal (2000), dont l'étude démontre que lorsque des souris « adolescentes » (génération n) ont une portée, les souriceaux (génération n+1) pèsent à la naissance significativement moins lourd que ceux d'une portée d'une souris adulte jeune, ces écarts de poids à la naissance se répercutant également sur la génération n+2.

**Les enfants allaités au sein, que ce soit jusqu'à 4 mois ou jusqu'à 6 mois, ne présentent pas de différence significative dans l'estimation de leur âge dentaire selon l'approche Bayes Dépendant par rapport aux enfants allaités au biberon dès leur**

<sup>18</sup> Que ce soit pour les dents déciduales ou pour les dents définitives, la maturation dentaire chez les enfants prématurés ne diffère pas de manière appréciable de celle des enfants nés à terme, ceci indiquant qu'une naissance prématurée n'engendre pas de séquelle tardive appréciable au niveau de la maturation dentaire.

**naissance.** Les qualités nutritives du lait maternel (annexe 2), ou encore l'activité mécanique engendrée par l'allaitement au sein maternel (Westover *et al.*, 1989 ; Holman et Yamaguchi, 2004), n'ont pas d'influence sur l'estimation de l'âge dentaire basée sur l'étude de la maturation macrostructurale des dents mandibulaires définitives. Néanmoins, l'allure bimodale des distributions des filles allaitées au biberon est quelque peu paradoxale. Nous reviendrons par la suite sur l'aspect de cette distribution.

**Les enfants dont les mères ont fumé durant leur grossesse ne présentent pas de différence significative dans l'estimation de leur âge dentaire selon l'approche Bayes Dépendant par rapport aux enfants dont les mères ne fumaient pas.** Les résultats portant sur la souris et le rat qui montrent un retard de maturation dentaire chez les fœtus après injection de nicotine durant la gestation (Gartner *et al.*, 1990 ; Saad, 1991 ; Kieser *et al.*, 1996 ; Chowdhury et Bromage, 2000) ne sont pas vérifiés dans cette étude.

**Les enfants ayant effectué leurs premiers pas debout après 15 mois ne présentent pas de différence significative dans l'estimation de leur âge dentaire selon l'approche Bayes Dépendant par rapport aux enfants ayant fait leurs premiers pas avant 15 mois.**

## 2.5. Influence du niveau socioéconomique

Le niveau socioéconomique est une variable difficile à définir et par conséquent difficile à mesurer. Le terme de niveau socioéconomique englobe en réalité une multitude de facteurs, comme son nom l'indique, d'ordres sociaux et économiques : niveau d'étude, situation professionnelle (catégorie socioprofessionnelle), source de revenu, situation familiale, type de foyer, lieu de vie, ... Dans le cadre de cette étude, et en fonction des renseignements pouvant être demandés aux parents des enfants, nous avons employé deux indices afin d'apprécier cette notion complexe de niveau socioéconomique. Ces deux indices sont : l'indice de niveau de vie du ménage et le taux d'emploi du ménage. Ces deux indices sont employés notamment par l'INSEE et Eurostat. Ils permettent de séparer la population en deux catégories qualifiées de « pauvre » et de « non pauvre ». Avec l'indice du niveau de vie des ménages, une troisième catégorie est créée : les sujets « aisés » (sujets regroupés dans les « non pauvres » avec le taux d'emploi du ménage).

L'utilisation de l'indice du niveau de vie du ménage permet la comparaison des estimations de l'âge dentaire entre les enfants « pauvres » et les enfants « aisés » selon un référentiel d'enfants dont le niveau de vie est « moyen ». La principale différence alors observée réside en un taux de réponse significativement plus élevé pour les filles et les garçons « aisés ». Avant d'interpréter ce résultat comme un effet de la pauvreté sur la séquence de minéralisation dentaire, il est nécessaire de comparer les âges des enfants « pauvres » à ceux des enfants « aisés ». En effet, plus un échantillon test comporte de sujets jeunes par rapport au référentiel, plus il y a de chance que les séquences de minéralisation dentaire orphelines soient nombreuses. Ceci est lié à la faible représentation des jeunes sujets dans le référentiel qui ne permet pas de représenter la grande variabilité existante au niveau des séquences de minéralisation dentaire chez les jeunes enfants, variabilité qui diminue avec l'âge. Ainsi, sur 20 filles « pauvres » ne présentant pas d'estimation de leur âge dentaire, 12 ont moins de 8 ans, et sur les 19 garçons « pauvres » ne présentant pas d'estimation de leur âge dentaire, 12 ont moins de 8 ans. Les filles « pauvres » de moins de 8 ans représentent 27% des filles « pauvres », tandis que les filles « aisées » de moins de 8 ans ne représentent que 10% des filles « aisées ». Les garçons « pauvres » de moins de 8 ans représentent 29% des garçons « pauvres », tandis que les garçons « aisés » de moins de 8 ans représentent seulement 3% des garçons « aisés ». **Les différences dans les taux de réponse observés avec la première approche entre les enfants « pauvres » et « aisés » est donc à mettre sur le compte des distributions de l'âge de ces deux échantillons, et non sur un effet de la pauvreté sur la séquence de minéralisation dentaire.**

Avec le taux d'emploi du ménage, nous avons comparé les âges dentaires des enfants « pauvres » à ceux des enfants « non pauvres », tous estimés selon un référentiel d'enfants « non pauvres ». **Au vu des résultats, il semble que les filles « pauvres » présentent des retards d'âge dentaire par rapport aux filles « non pauvres », même si ces derniers ne sont pas significatifs.** Pour les garçons, on n'observe pas de différence significative dans la qualité de l'estimation de l'âge dentaire selon le taux d'emploi du ménage. Il apparaît nécessaire de poursuivre l'étude de cette relation entre le taux d'emploi du ménage et l'âge dentaire avec des échantillons possédant des effectifs plus importants avant de se prononcer sur l'influence du niveau socioéconomique sur l'estimation de l'âge dentaire.

Ces résultats représentent assez bien le constat qui est dressé dans la littérature sur l'impact du niveau socioéconomique, non pas sur la maturation, mais sur l'émergence dentaire. Les



enfants « pauvres » présentent régulièrement des retards d'émergence dentaire non significatifs (Lee *et al.*, 1965 ; Houpt *et al.*, 1967 ; Mukherjee, 1973 ; Helm *et Seidler*, 1974 ; Garn *et al.*, 1973a), et parfois même significatifs (Clements *et al.*, 1953, 1957a,b).

## **2.6. Eléments du questionnaire non traités**

Plusieurs items du questionnaire n'ont pas pu être analysés. Dans la plupart des cas, il s'agit de questions qui ont donné lieu à des réponses dont la fiabilité n'a pas semblé satisfaisante, principalement pour deux raisons :

- la nature et la formulation de certaines questions
- le très grand nombre de questionnaires basés sur des orthopantomographies réalisées plusieurs années avant la date de remplissage du questionnaire

Un exemple concret est celui de la taille (question 7) et du poids (question 8) des sujets à la date à laquelle l'orthopantomographie sélectionnée (la plus ancienne) a été réalisée. Le niveau d'étude de l'enfant à la date de l'examen radiologique (question 5) entre également dans cette catégorie de questions inexploitable. Malgré une tentative de distinguer trois étapes dans l'acquisition du langage (question 15), les réponses fournies n'ont pas permis de réaliser un recodage des informations pouvant donner lieu à une analyse. Les réponses aux questions concernant l'âge de la mise en place de la diversification alimentaire (questions 18 et 19) se sont avérées s'échelonner sur des âges anormalement faibles, d'une part, et élevés, d'autre part. La collecte d'information sur les compléments alimentaires (question 20) a régulièrement fait l'objet de réponses affirmatives, sans que ne soit précisée la nature des compléments utilisés. Au vu de la grande diversité des réponses produites quand celle-ci était renseignée, il ne nous a pas paru opportun de regrouper l'ensemble des réponses en deux modalités du type : prise de complément alimentaire Oui / Non.

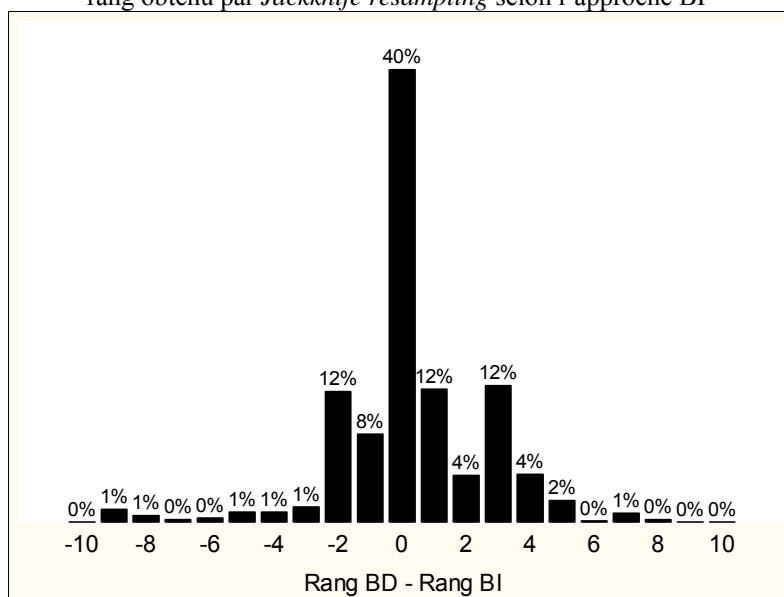
Enfin, à travers ce questionnaire quelques questions ont été posées dans la perspective d'études ultérieures et ne font donc pas l'objet d'un traitement dans le cadre de ce travail. Il s'agit des questions concernant la latéralité de l'enfant (question 9), le côté préférentiel de mastication (remplacé après quelque mois par le recueil de l'information concernant la prise de poids durant la grossesse), l'état de santé de l'enfant lorsque ce dernier « a fait » ses premières dents (question 32).

### **3. Comparaison au niveau individuel des rangs obtenus pour les 1036 filles selon les approches Bayes Dépendant et Bayes Indépendant**

L'ensemble des résultats produits dans le cadre de cette étude n'a pour l'instant pas encore fait l'objet d'une analyse par individu. Il est par exemple essentiel de savoir dans quelle mesure les sujets présentant un rang 0 lorsque leur âge dentaire est estimé selon l'approche Bayes Indépendant, présentent également un rang 0 lorsque l'approche Bayes Dépendant est appliquée. Si dans la majorité des cas les différents sujets présentent les mêmes rangs selon les deux approches, cela peut être interprété comme une robustesse certaine de la valeur de ces rangs. Dans le cas contraire, il sera nécessaire de tenter de comprendre à quel niveau méthodologique est générée la différence de rangs pour un même sujet. Nous avons par exemple vu (*cf.* Résultats p 108-113) que l'approche Bayes Indépendant est plus performante (*i.e.* produit plus de rangs 0) que l'approche Bayes Dépendant, tant pour les 1036 filles de l'échantillon total, que pour les 246 filles européennes, même si ces différences de performance demeurent non significatives. Cela implique qu'une partie des filles présentant un rang 0 avec l'approche Bayes Indépendant présente un rang différent avec l'approche Bayes Dépendant. Quelle valeur devons-nous alors accorder à ces rangs 0 « instables » ?

Afin de tenter d'apporter une réponse à ces différentes interrogations, la différence entre le rang obtenu par *Jackknife resampling* selon l'approche Bayes Dépendant et le rang obtenu par *Jackknife resampling* selon l'approche Bayes Indépendant est réalisée (rang BD – rang BI) pour les filles de l'échantillon total (figure 24). Cette comparaison porte sur les 900 filles possédant une estimation de leur âge dentaire selon les deux approches.

**Figure 24** : Distribution de la différence entre le rang obtenu par *Jackknife resampling* selon l'approche BD et le rang obtenu par *Jackknife resampling* selon l'approche BI<sup>1</sup>



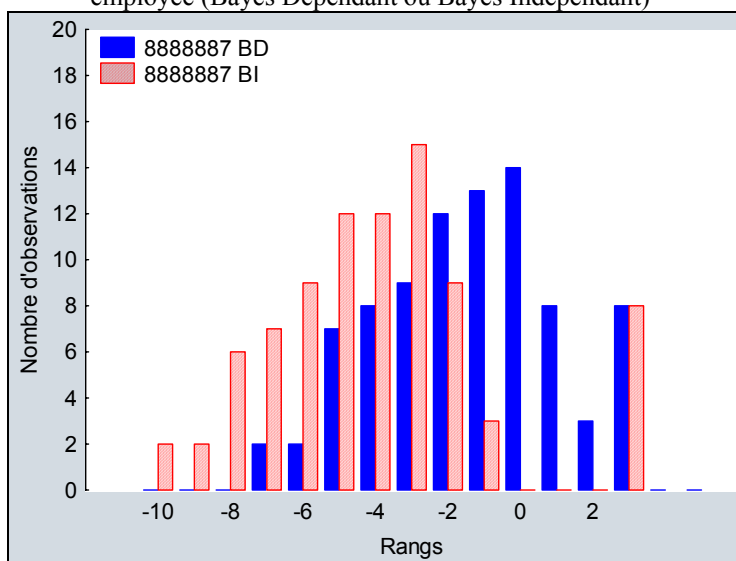
<sup>1</sup> BD : Bayes Dépendant, BI : Bayes Indépendant, SMD : séquence de minéralisation dentaire

On constate que 40% des filles possèdent le même rang selon les deux approches et 20% connaissent un décalage de 1 rang (12% + 8%). Si l'ensemble des autres valeurs de cette différence de rangs entre les deux approches reste relativement faible, on constate néanmoins deux pics à 12% correspondant aux valeurs -2 et +3. Sur l'ensemble des 104 filles présentant une valeur -2, il est intéressant de constater que 53 d'entre elles présentent la même séquence de minéralisation dentaire, à savoir : ( 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ). Par ailleurs, sur les 109 filles présentant une valeur +3, elles sont 75 à présenter la séquence de minéralisation dentaire suivante : ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ).

### 3.1. Cas de la SMD ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 )

La différence entre les rangs obtenus selon l'approche employée pour cette séquence de minéralisation dentaire (SMD) est égale à +3 pour l'ensemble des filles âgées de 10,5 à 15,5 ans (126 à 186 mois) et à 0 pour celles âgées de 15,5 à 16 ans (186-192 mois). La figure 25 représente les différentes valeurs de rangs de l'ensemble des filles possédant la SMD ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ) selon l'approche employée. On constate que c'est pour le rang +3 que les deux approches donnent les mêmes rangs. Par ailleurs, il apparaît qu'avec l'approche Bayes Indépendant, cette SMD ne présente pas de rang 0, +1 et -1, alors qu'elle présente des rangs +3.

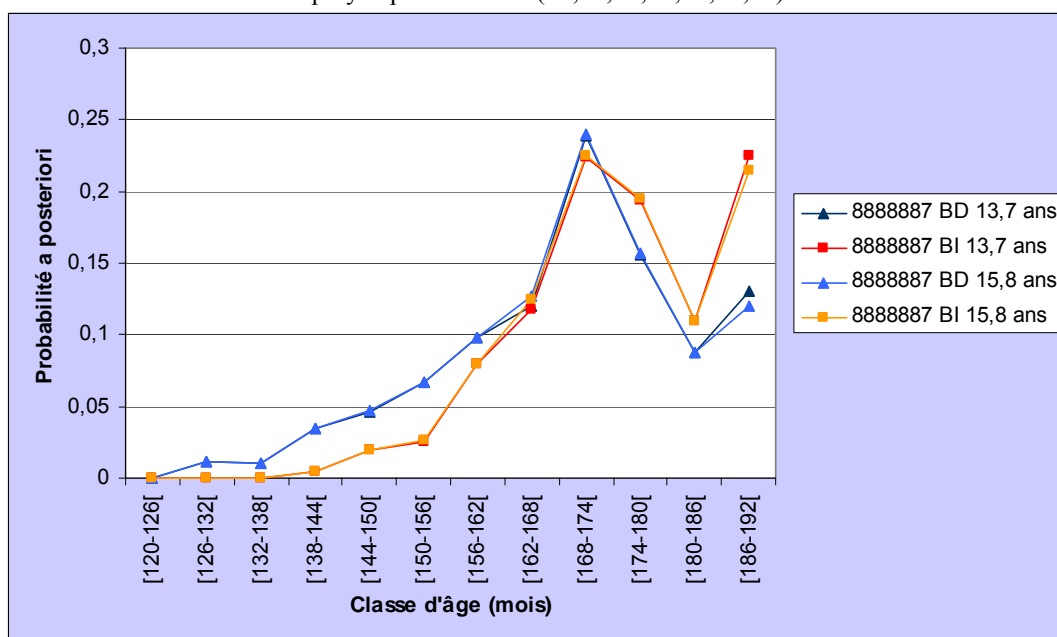
**Figure 25** : Valeur de rang de l'ensemble des filles possédant la SMD ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ) selon l'approche employée (Bayes Dépendant ou Bayes Indépendant)<sup>1</sup>



<sup>1</sup> BD : Bayes Dépendant, BI : Bayes Indépendant, SMD : séquence de minéralisation dentaire

Ces différences de valeur de rang selon l'approche employée pour les filles de 10,5 à 15,5 ans trouve son explication dans la distribution des probabilités *a posteriori* associée à cette SMD. La figure 26 représente les distributions des probabilités *a posteriori* obtenues en fonction de l'âge du sujet (dans cet exemple 13,7 ans et 15,8 ans) et de l'approche employée pour la SMD ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ).

**Figure 26** : Distributions des probabilités *a posteriori* obtenues en fonction de l'âge du sujet et de l'approche employée pour la SMD ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 )<sup>1</sup>



<sup>1</sup> BD : Bayes Dépendant, BI : Bayes Indépendant, SMD : séquence de minéralisation dentaire

tel-00011208, version 1 - 15 Dec 2005

La figure 26 soulève deux questions :

- d'où proviennent les différences de distributions entre les approches Bayes Indépendant et Bayes Dépendant ?

- pourquoi les distributions ne se superposent pas parfaitement en fonction de l'âge lorsque la même approche est employée ?

La première question trouve une réponse dans les modes de calcul liés aux deux approches (cf. Méthodes p 87-92). Si l'approche Bayes Dépendant travaille SMD par SMD, l'approche Bayes Indépendant travaille dent par dent. En conséquence de quoi les valeurs des probabilités jointes sont différentes (cf. Méthodes p 78 ; 80) :

- Approche BD : la probabilité jointe « P (8888887 | [126-132[ ) » est égale au nombre de filles appartenant à la classe d'âge chronologique 126-132 mois et présentant la SMD ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ) divisé par le nombre de filles appartenant à la classe d'âge chronologique 126-132 mois. Soit dans cet exemple :  $2/69 = 0,028986$

De la même manière, la probabilité jointe « P (8888887 | [186-192[ ) » est égale à :

$$8/25 = 0,320$$

- Approche BI : la probabilité jointe « P (8888887 | [126-132[ ) » est égale au nombre de filles appartenant à la classe d'âge chronologique 126-132 mois et présentant leur  $I_1$  au stade 8 divisé par le nombre de filles appartenant à la classe d'âge chronologique 126-132 mois, multiplié par le nombre de filles appartenant à la classe d'âge chronologique 126-132 mois et présentant leur  $I_2$  au stade 8 divisé par le nombre de filles appartenant à la classe d'âge chronologique 126-132 mois, ... , multiplié par le nombre de filles appartenant à la classe d'âge chronologique 126-132 mois et présentant leur  $M_2$  au stade 7 divisé par le nombre de filles appartenant à la classe d'âge chronologique 126-132 mois. Soit dans cet exemple :

$$60/69 \times 53/69 \times 24/69 \times 8/69 \times 3/69 \times 61/69 \times 21/69 = 0,000305$$

De la même manière, la probabilité jointe « P (8888887 | [186-192[ ) » est égale à :

$$25/25 \times 25/25 \times 23/25 \times 23/25 \times 17/25 \times 25/25 \times 15/25 = 0,345$$

De par la nature du théorème de Bayes, ces différences de valeurs de probabilités jointes sont également répercutées dans les valeurs des probabilités *a posteriori* comme l'indique la figure 26.

La réponse à la **deuxième question** se trouve dans le fonctionnement de la technique du *Jackknife resampling* (cf. Méthodes p 93-95). En effet, il ne faut pas perdre de vue qu'à chaque fois que l'on estime l'âge d'un sujet, celui-ci est retiré momentanément du référentiel qui ne comporte alors plus que 1035 filles. On constate avec la figure 26 que les deux classes d'âge concernées par les deux filles traitées dans cet exemple (162-168 et 186-192 mois) sont celles qui connaissent des variations dans la valeur de la probabilité *a posteriori* pour une approche donnée. Cette variation est liée au retrait de la fille concernée par la procédure de *Jackknife resampling* du référentiel, ce qui modifie la valeur des probabilités jointes, et donc des probabilités *a posteriori* :

- Approche BD :  $P(8888887 \mid [162-168[ ) = 12/41$  au lieu de 13/42

et  $P(8888887 \mid [186-192[ ) = 7/24$  au lieu de 8/25

- Approche BI :  $P(8888887 \mid [162-168[ ) = 40/41 \times 38/41 \times 31/41 \times 32/41 \times 17/41 \times 39/41 \times 35/41$  au lieu de  $41/42 \times 39/42 \times 32/42 \times 33/42 \times 18/42 \times 40/42 \times 36/42$

et  $P(8888887 \mid [186-192[ ) = 24/24 \times 24/24 \times 22/24 \times 22/24 \times 16/24 \times 24/24 \times 14/24$  au lieu de  $25/25 \times 25/25 \times 23/25 \times 23/25 \times 17/25 \times 25/25 \times 15/25$

**Pour la majorité des SMD, cette modification ne porte pas à conséquence. Néanmoins, dans le cas de SMD se distribuant sur un grand nombre de classes d'âge et possédant une distribution de probabilité *a posteriori* relativement aplatie, le retrait d'un seul sujet d'une classe d'âge lors du *Jackknife resampling* peut suffire à modifier la hiérarchie des probabilités *a posteriori*, et donc la classe d'âge dentaire du sujet.** C'est typiquement le cas des SMD comportant une majorité de dents aux stades 7 ou 8. C'est le cas dans notre exemple avec la SMD ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ) et l'approche Bayes Indépendant. Le retrait d'un sujet de la classe d'âge 186-192 mois diminue la valeur de la probabilité *a posteriori* d'appartenir à la classe d'âge 186-192 mois ( $p=0,215$ ) rendant ainsi la classe d'âge 168-174 mois la plus probable ( $p=0,225$ ).

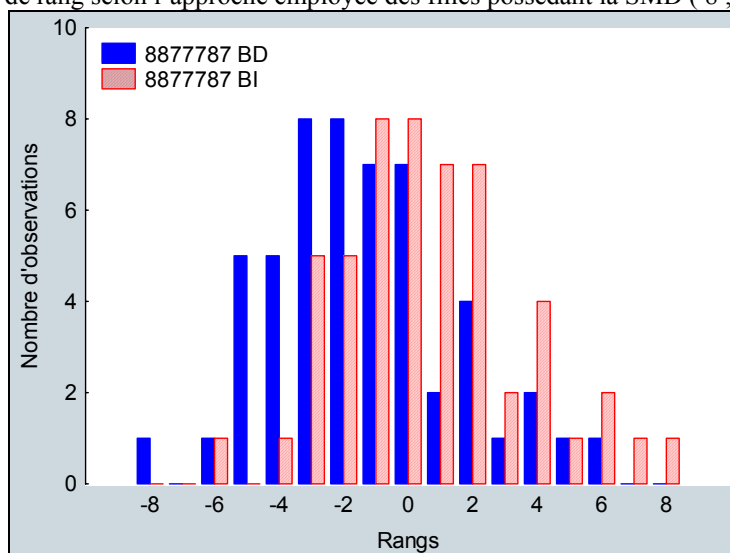
**C'est pour cette même raison que la SMD ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ) ne présente pas de rang 0 lorsque l'approche Bayes Indépendant est employée.** Pour les sujets âgés de 10,5 à 15,5 ans, la classe d'âge la plus probable est 15,5-16 ans. Ces sujets possèdent donc des rangs

négatifs, synonymes d'avance d'âge dentaire. Pour les sujets âgés de 15,5 à 16 ans pour lesquels on attend un rang 0, on constate en réalité un rang positif car il y a eu une modification de la hiérarchie des probabilités *a posteriori* en raison du *Jackknife resampling*.

### 3.2. Cas de la SMD ( 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 )

La différence entre les rangs obtenus selon l'approche employée pour cette séquence de minéralisation dentaire est égale à -2 pour l'ensemble des filles âgées de 8,5 à 16 ans (102 à 192 mois). La figure 27 représente les différentes valeurs de rangs de l'ensemble des filles possédant la SMD ( 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ) selon l'approche employée.

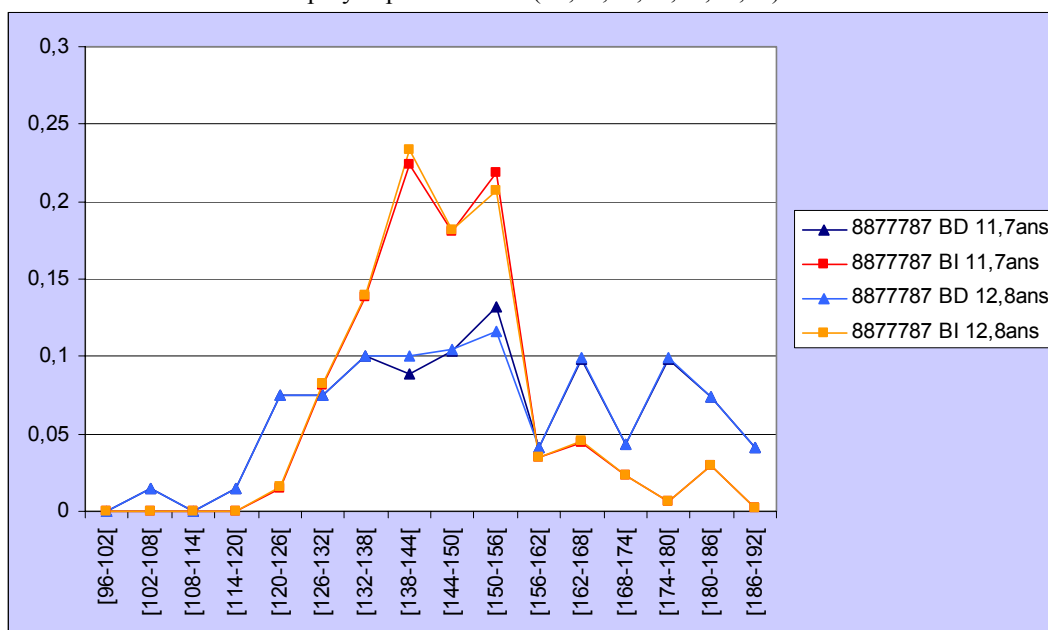
Figure 27 : Valeur de rang selon l'approche employée des filles possédant la SMD ( 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 )<sup>1</sup>



<sup>1</sup> BD : Bayes Dépendant, BI : Bayes Indépendant, SMD : séquence de minéralisation dentaire

On constate que les deux distributions sont parfaitement identiques, à ceci près qu'elles sont décalées de deux rangs. Ce décalage de deux rangs est lié aux distributions des probabilités *a posteriori* selon les deux approches (figure 28). Quel que soit l'âge de la fille testée, la classe d'âge la plus probable est 150-156 mois avec l'approche Bayes Dépendant, et 138-144 mois avec l'approche Bayes Indépendant, soit deux classes d'âge de décalage.

**Figure 28** : Distributions des probabilités *a posteriori* obtenues en fonction de l'âge du sujet et de l'approche employée pour la SMD ( 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 )<sup>1</sup>



<sup>1</sup> BD : Bayes Dépendant, BI : Bayes Indépendant, SMD : séquence de minéralisation dentaire

Contrairement à la SMD ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ), la SMD ( 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ) présente toujours la même hiérarchie dans les distributions de probabilités *a posteriori* quelle que soit la fille testée par *Jackknife resampling*, et ce pour les deux approches. En conséquence de quoi, cette SMD présente des rangs 0 avec les deux approches (figure 27).

#### **4. Evolution des rangs sujet par sujet en fonction des facteurs étudiés selon l'approche Bayes Dépendant**

Nous venons de voir comment pouvait varier le rang d'un sujet en fonction de l'approche Bayésienne employée (*i.e.* Dépendante ou Indépendante). Nous allons nous attacher maintenant à étudier l'évolution du rang d'un sujet selon les facteurs du questionnaire étudiés. **Un individu conserve-t-il le même rang lorsque l'on génère un référentiel A en fonction d'un certain facteur, par exemple le poids à la naissance, que lorsque l'on génère un référentiel B en fonction, par exemple, de l'âge de la mère à la naissance de l'enfant ?**



Les 477 filles possédant un questionnaire sont caractérisées par leur rang, obtenu par *Jackknife resampling* (facteur 1) sur ces 477 filles, sans aucun standard spécifique. Nous suivons l'évolution de ces rangs lors de l'étude de 7 facteurs : traitement médical (facteur 2), poids à la naissance (facteur 3), âge de la mère à la naissance de l'enfant (facteur 4), type d'allaitement jusqu'à l'âge de 4 mois (facteur 5), tabagisme maternel durant la grossesse (facteur 6), âge des premiers pas (facteur 7), taux d'emploi du ménage (facteur 8). Une représentation individualisée n'étant pas envisageable, une représentation intermédiaire est proposée. Elle consiste à sélectionner l'ensemble des filles présentant, par exemple, un rang +4 lors du *Jackknife resampling* initial (facteur 1), puis à réaliser, facteur par facteur, la moyenne des rangs observés (tableau 6).

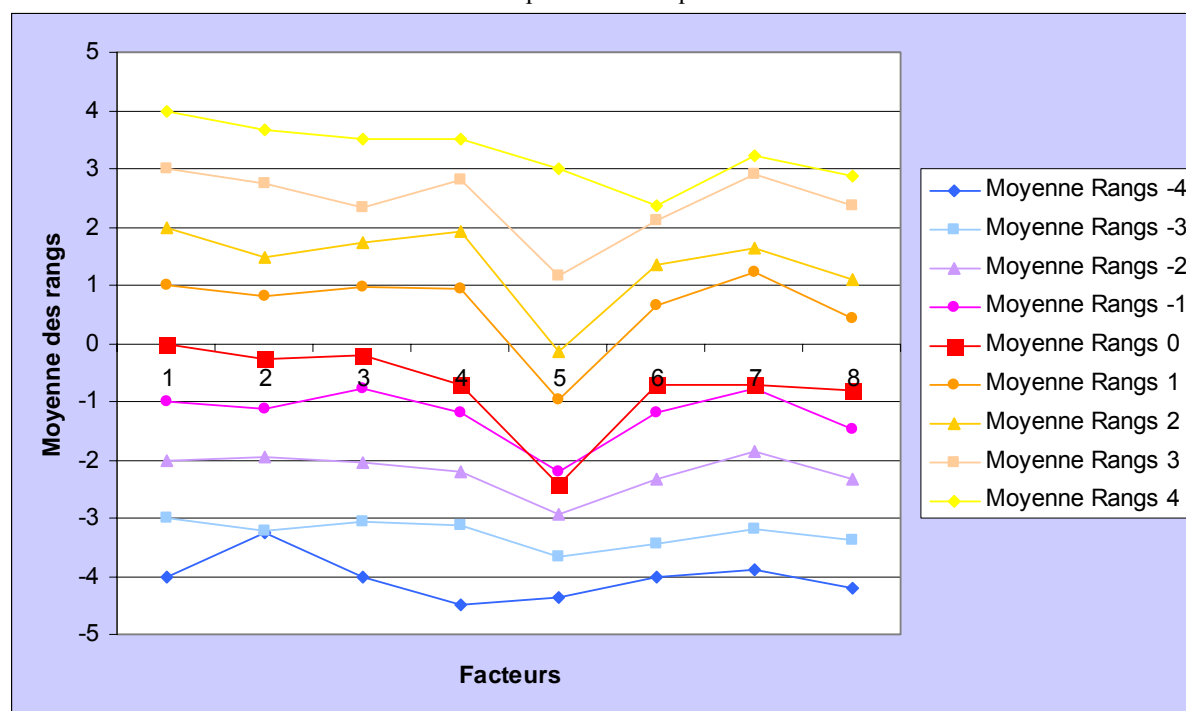
**Tableau 6** : Réalisation des moyennes de rangs par facteur pour les filles avec questionnaire présentant initialement le rang +4<sup>1</sup>

Sujets	Fact. 1	Fact. 2	Fact. 3	Fact. 4	Fact. 5	Fact. 6	Fact. 7	Fact. 8
1188	4	4	3	4		1	2	4
1212	4	4	4	4		4	4	4
1326	4	4	4	4		4	-3	4
1402	4	4	3	4	2	1		4
1509	4	4	4	2	2	4	2	2
1617	4	5	4	4		4	4	4
1797	4	4	4	4		4	4	
1955	4	1	4	4		-3	4	-3
1981	4	4	2	4		4	4	4
1996	4	4						4
6000	4	1	4	4		-3	4	-3
P1002042	4	4	4	-1		4	4	4
P3131545	4	4	1	4	4	1	4	4
P3131556	4	4	4	4	4	4	4	4
P7181617	4	4	4	4		4	5	4
<b>Moyenne Rang 4</b>	<b>4,00</b>	<b>3,67</b>	<b>3,50</b>	<b>3,50</b>	<b>3,00</b>	<b>2,36</b>	<b>3,23</b>	<b>2,86</b>

<sup>1</sup> Fact. 1 : rang obtenu initialement par *Jackknife resampling*, Fact. 2 : traitement médical, Fact. 3 : poids à la naissance, Fact. 4 : âge de la mère à la naissance de l'enfant, Fact. 5 : type d'allaitement jusqu'à l'âge de 4 mois, Fact. 6 : tabagisme maternel durant la grossesse, Fact. 7 : âge des premiers pas, Fact. 8 : taux d'emploi du ménage

Ce calcul est reproduit séparément pour les filles présentant initialement des rangs +3, puis pour les filles présentant des rangs +2, et ainsi de suite jusqu'aux filles présentant des rangs -4. La figure 29 représente le suivi de cette moyenne de rangs par facteur, selon le rang initial obtenu par *Jackknife resampling* sur les 477 filles possédant un questionnaire.

**Figure 29** : Suivi de la moyenne des rangs par facteur et selon le rang initial obtenu par *Jackknife resampling* sur les 477 filles possédant un questionnaire <sup>1</sup>



<sup>1</sup> Fact. 1 : rang obtenu initialement par *Jackknife resampling*, Fact. 2 : traitement médical, Fact. 3 : poids à la naissance, Fact. 4 : âge de la mère à la naissance de l'enfant, Fact. 5 : type d'allaitement jusqu'à l'âge de 4 mois, Fact. 6 : tabagisme maternel durant la grossesse, Fact. 7 : âge des premiers pas, Fact. 8 : taux d'emploi du ménage

**En dehors du type d'allaitement (facteur 5), on constate que pour l'ensemble des facteurs, les moyennes de rangs restent stables, ne dépassant jamais de plus d'une unité la valeur du rang initial, exception faite de la moyenne du rang +4 qui est égale à 2,86 pour le facteur 8. La variabilité observée dans le suivi des rangs provient des modifications de référentiel réalisées dans le cadre de l'étude de chaque facteur. L'étude de la figure 29 nous invite à nous pencher sur deux aspects particuliers :**

- **que se passe-t-il au niveau du type d'allaitement (facteur 5) ?**
- **les fluctuations des moyennes des rangs sont-elles le fruit de la majorité des individus ou non ?**

#### 4.1. Type d'allaitement

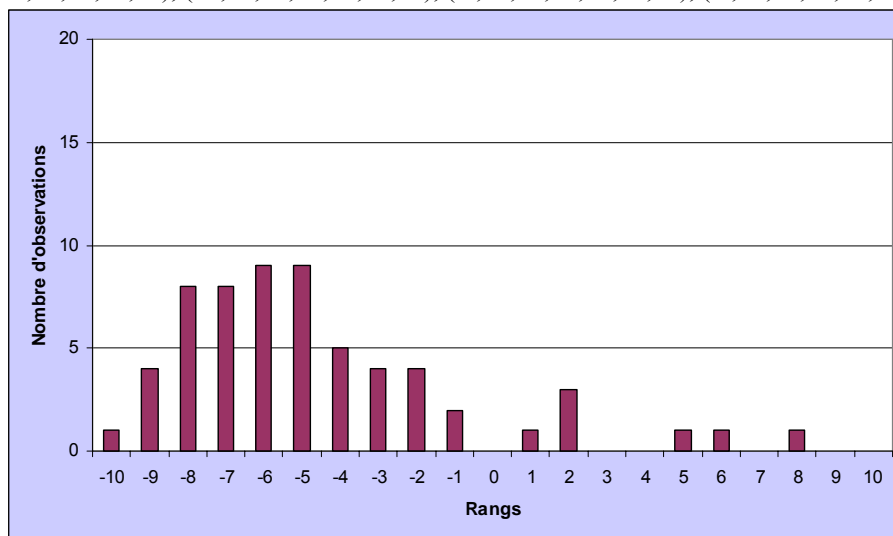
L'étude du type d'allaitement a précédemment (*cf.* Discussion p 227-228) laissé une interrogation en suspens quant à l'aspect bimodal de la distribution des rangs observé pour le référentiel constitué des 207 filles allaitées au biberon dès leur naissance (*cf.* Résultats p 184). Cette distribution est en grande partie responsable des fluctuations observée dans la figure 29

puisqu'elle est globalement décalée de deux rangs vers les rangs négatifs. Ce décalage s'explique principalement par la simple influence de 4 séquences de minéralisation dentaire (SMD) comportant uniquement des dents aux stades 7 et 8. Sur les 207 filles allaitées exclusivement au biberon, 61 présentent une des quatre SMD suivantes :

- ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ) pour 17 filles
- ( 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ) pour 14 filles
- ( 8 ; 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ) pour 13 filles
- ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ; 8 ; 7 ) pour 17 filles

Or, nous venons de le voir avec les deux premières, **ces quatre SMD posent problème car elles possèdent des distributions de probabilités *a posteriori* aplaties, ayant pour conséquence l'obtention de rangs négatifs pour la majorité des sujets présentant cette SMD**. La figure 30 représente les distributions des rangs obtenues pour ces quatre SMD.

**Figure 30** : Distributions des rangs obtenues pour les 61 filles présentant l'une des quatre SMD suivantes : ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ), ( 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ), ( 8 ; 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ), ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ; 8 ; 7 )



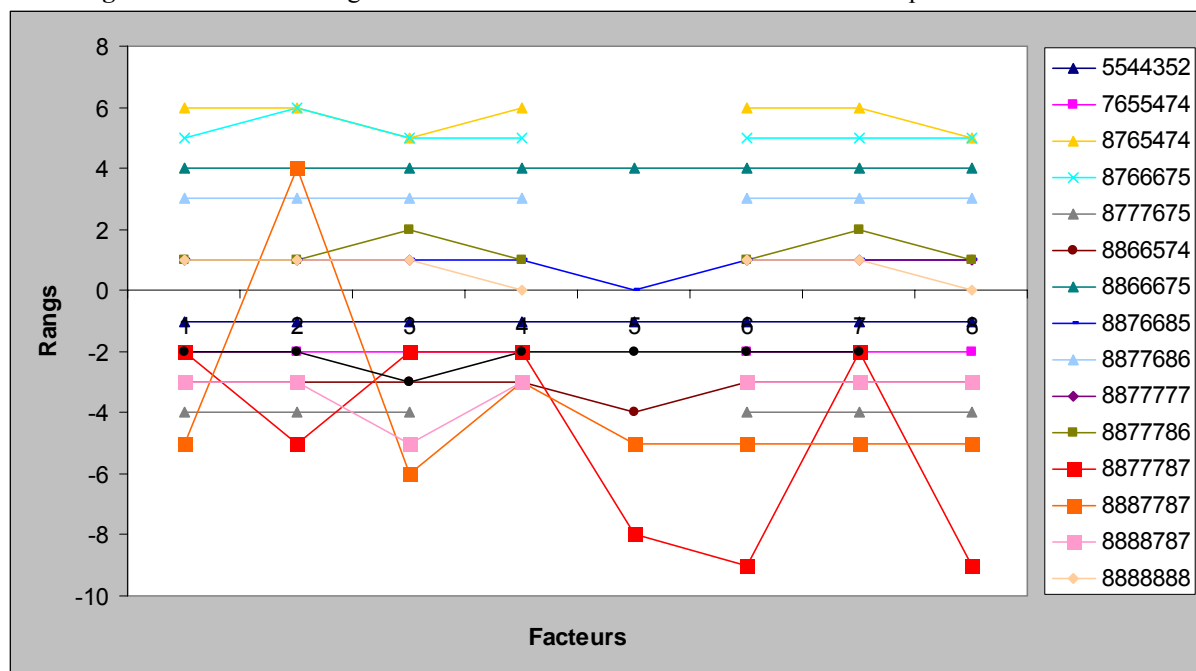
On retrouve pour ces quatre SMD l'absence de rang 0, pour les mêmes raisons que celles exposées précédemment avec la SMD ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ) lors de l'emploi de l'approche Bayes Indépendant. **Ces quatre SMD présentent en effet un changement de hiérarchie dans leur distribution de probabilités *a posteriori* dû à l'emploi du *Jackknife resampling*, responsable de cette absence de rang 0**. En conclusion, moins il y a de sujets dans un référentiel, plus le retrait de l'un d'entre eux au cours du *Jackknife resampling* est susceptible de générer une modification de la hiérarchie au niveau des probabilités *a posteriori*. On retrouve avec la figure 30, une partie de la distribution des rangs des 207 filles allaitées exclusivement au biberon.

#### 4.2. Fluctuation des rangs en fonction des facteurs étudiés

L'étude au niveau individuel des fluctuations de rangs en fonction des facteurs étudiés permet d'apprécier dans quelle mesure ces fluctuations touchent les différentes SMD. En d'autres termes, **certaines SMD sont-elles plus sujettes à des fluctuations de rangs en fonction des facteurs étudiés**, par rapport aux rangs initiaux obtenus lors du *Jackknife resampling* sur les 477 filles avec questionnaires ?

Nous avons choisi d'illustrer ces fluctuations de rangs en fonction des facteurs du questionnaire étudiés, par le suivi des filles en sous poids à la naissance (*i.e.* pesant moins de 2,5 kg à la naissance). La figure 31 représente le suivi des rangs en fonction des facteurs étudiés pour ces filles en sous poids à la naissance. Les SMD représentées par plusieurs filles en sous poids à la naissance ne sont illustrées qu'une seule fois dans la figure 31 afin de ne pas la surcharger.

**Figure 31** : Suivi des rangs en fonction des facteurs étudiés des filles en sous poids à la naissance <sup>1</sup>



<sup>1</sup> Fact. 1 : rang obtenu initialement par *Jackknife resampling*, Fact. 2 : traitement médical, Fact. 3 : poids à la naissance, Fact. 4 : âge de la mère à la naissance de l'enfant, Fact. 5 : type d'allaitement jusqu'à l'âge de 4 mois, Fact. 6 : tabagisme maternel durant la grossesse, Fact. 7 : âge des premiers pas, Fact. 8 : taux d'emploi du ménage

Nous pouvons constater que trois SMD sont particulièrement concernées par des fluctuations de rangs selon les facteurs étudiés : ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ), ( 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ), ( 8 ; 8 ; 8 ; 7 ; 7 ; 8 ; 7 ). Nous retrouvons ici trois SMD avec des distributions de probabilités *a posteriori* aplaties posant également des problèmes dans l'étude du type d'allaitement (la

quatrième, à savoir ( 8 ; 8 ; 8 ; 8 ; 7 ; 8 ; 7 ), n'étant ici pas représentée parmi les filles en sous poids à la naissance). En dehors de ces trois SMD, les autres restent relativement stables.

**Pour conclure sur ce suivi individualisé des rangs, nous pouvons dire qu'en dehors de quelques cas bien identifiés, la majorité des SMD présente une stabilité certaine dans la valeur de leurs rangs en fonction des facteurs du questionnaire étudiés (excepté pour le type d'allaitement). Les SMD sujettes à d'importantes fluctuations de rangs, sont celles qui possèdent des distributions de probabilités *a posteriori* aplaties et concernant un grand nombre de classes d'âge. Ce sont typiquement des SMD formées uniquement par des dents aux stades 7 ou 8 de maturation. Nous mettons ici en lumière l'inconvénient d'attribuer à ces SMD particulières des classes d'âge dentaire de seulement 6 mois, démarche ne rendant pas du tout compte de la réalité biologique de ces SMD pouvant par exemple apparaître dès l'âge de 9,5 ans chez certains sujets et à 15,5 ans chez d'autres. Ce cas de figure illustre le dilemme auquel nous sommes confronté lorsque nous souhaitons illustrer par des résultats portant sur un échantillon des estimations d'âge portant sur des individus, qui sont souvent autant de cas particuliers.**

## **5. Perspectives**

### **5.1. Perspectives générales**

La réalisation de cette étude donne lieu à diverses perspectives, apparues au cours des différentes collaborations que nous avons entreprises dans le cadre de ce travail de thèse. Ainsi, cette étude se déroule actuellement sur différents sites étrangers. En Côte d'Ivoire, grâce à la collaboration du Docteur Huguette Roux, Abidjan, au Niger grâce au Docteur Annie Ango, Niamey, au Maroc grâce aux Docteurs Abdeljalil Laraki, Marrakech, et Karim Idrissi, Casablanca, et au Liban grâce au Docteur Fidel Nabbout. Sur l'ensemble de ces sites, nous procédons également au recueil d'orthopantomographies associées aux questionnaires. Dans un futur proche, ces différents sites vont nous permettre d'enrichir notre analyse de

l'influence de facteurs biologiques et socioéconomiques sur la chronologie et l'étiologie de la maturation macrostructurale dentaire.

La collaboration développée avec le service d'odontologie de Montpellier, en la personne notamment du Docteur Olivier Chabadel et du Docteur Pedro Montoya, va nous permettre de disposer d'un échantillon d'orthopantomographies d'enfants porteurs de fentes labio-maxillo-palatines totales afin d'étudier l'influence de cette malformation d'origine embryologique sur l'estimation de l'âge dentaire (Chabadel, 2004).

Nous souhaitons également poursuivre cette étude de la chronologie et de l'étiologie de la maturation dentaire à l'aide d'examens tomodensitométriques permettant notamment de recruter de très jeunes enfants. Il sera alors possible de prendre en considération le développement et la rhizalyse des dents déciduales dans l'estimation de l'âge dentaire des très jeunes enfants (Moorrees *et al.*, 1963a, Liversidge et Molleson, 2004). Afin d'être en mesure de reconstituer une radiographie panoramique dentaire à partir de fichiers scanners, Bruno Dutailly (Ingénieur d'étude, PACEA UMR 5199 LAAP, Université Bordeaux 1) a développé un logiciel capable de réaliser ce type de tâche. Il sera alors très intéressant de tester l'éventuel impact sur la maturation et la résorption des dents déciduales des différents facteurs testés ici avec les dents définitives.

Enfin, nous souhaitons ardemment adapter cette méthode d'estimation d'âge dentaire à l'étude des populations du passé. Cette perspective, qui est amenée à se réaliser dans un avenir très proche, fait l'objet d'une étude préliminaire.

## **5.2. Application aux populations du passé**

### ***5.2.1. Présentation***

L'estimation de l'âge revêt un grand intérêt en contexte archéologique, afin d'estimer l'âge au décès des individus. Il arrive relativement rarement qu'un individu présente l'ensemble de ses 7 dents mandibulaires définitives gauches. En présence de restes dentaires fragmentaires, il est impossible d'appliquer la méthode d'estimation d'âge Bayésienne telle que nous l'avons décrite et appliquée jusqu'ici. Une étape préliminaire s'impose donc. Elle consiste à rendre « plastique » le programme mis en place (macro Visual Basique, Excel).

Nous entendons par là, qu'à partir d'un référentiel composé d'individus présentant leurs 7 dents mandibulaires gauches, le programme doit être capable de ne faire porter les calculs, par exemple, que sur les deux prémolaires, si l'individu dont on souhaite estimer l'âge dentaire ne présente que ces 2 dents. D'un point de vue pratique, cela nécessite la gestion de cellules vides correspondant aux dents manquantes. Le programme que nous avons mis au point en collaboration avec Francis Houët (Ingénieur d'étude à PACEA UMR 5199 LAAP, Université Bordeaux 1), n'est pas encore capable de gérer de tels cas de figure. Nous sommes très optimistes quant à la réalisation prochaine d'un outil capable de fournir une estimation de l'âge dentaire d'un individu ne présentant que des restes dentaires fragmentaires.

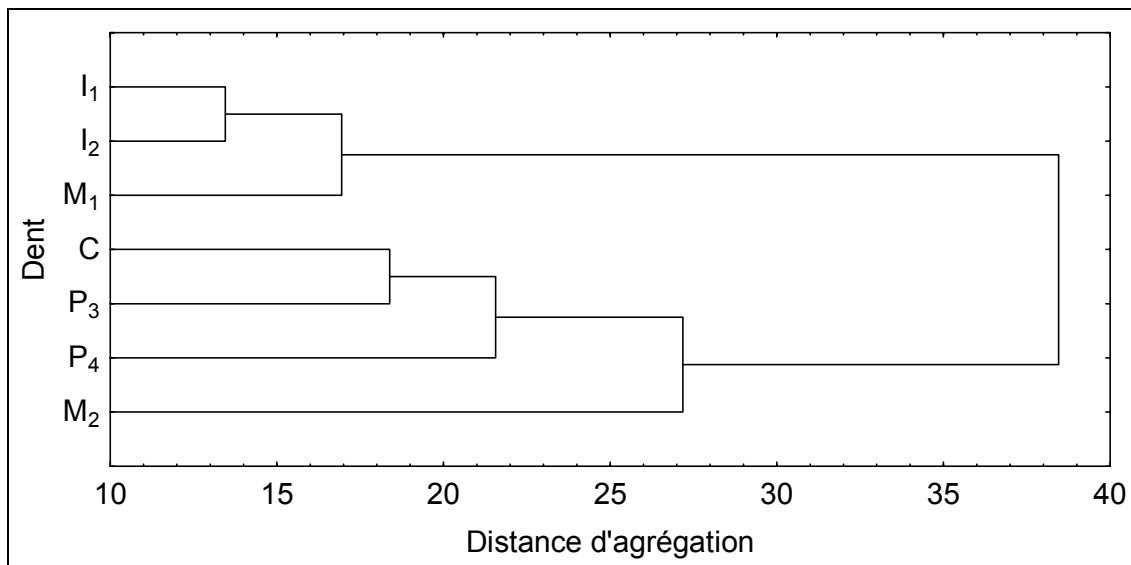
Il est néanmoins d'ores et déjà possible de tester l'approche Bayésienne sur des individus présentant des restes dentaires fragmentaires. Nous devons pour cela travailler avec des individus pour lesquels ce sont systématiquement les mêmes dents qui sont absentes. Nous avons choisi de développer un exemple à partir d'individus présentant quatre dents mandibulaires définitives :  $I_1$   $P_3$   $P_4$   $M_2$  .

Notre choix s'est porté sur ce jeu de 4 dents pour deux raisons principales :

- le degré de liaison des différentes dents entre elles
- l'étude de Demirjian *et al.* (1976) dans laquelle est proposée une adaptation de la méthode développée par Demirjian *et al.* (1973) à 2 jeux de 4 dents, dont celui-ci.

Les relations existant entre les 7 dents définitives de l'hémi-mandibule gauche peuvent être étudiées notamment par la production d'un **arbre de classification ascendante hiérarchique**. La méthode la plus directe pour calculer des distances entre objets dans un espace multidimensionnel consiste à calculer les **distances Euclidiennes**. La méthode d'agrégation sélectionnée est celle du **saut minimum** ; la distance entre deux classes est déterminée par la distance entre les deux objets les plus proches (les plus proches voisins) dans les différentes classes.

**Figure 32** : Arbre de classification ascendante hiérarchique portant sur les 7 dents mandibulaires définitives gauches. Calcul des distances : distances Euclidiennes. Méthode d'agrégation : saut minimum



Si l'on fixe arbitrairement un seuil à une distance d'agrégation de 20, on constate que quatre ensembles se dégagent : I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> et M<sub>1</sub> / C et P<sub>3</sub> / P<sub>4</sub> / M<sub>2</sub>. Le choix de sélectionner I<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> et M<sub>2</sub> permet de travailler avec les quatre dents les moins dépendantes entre elles.

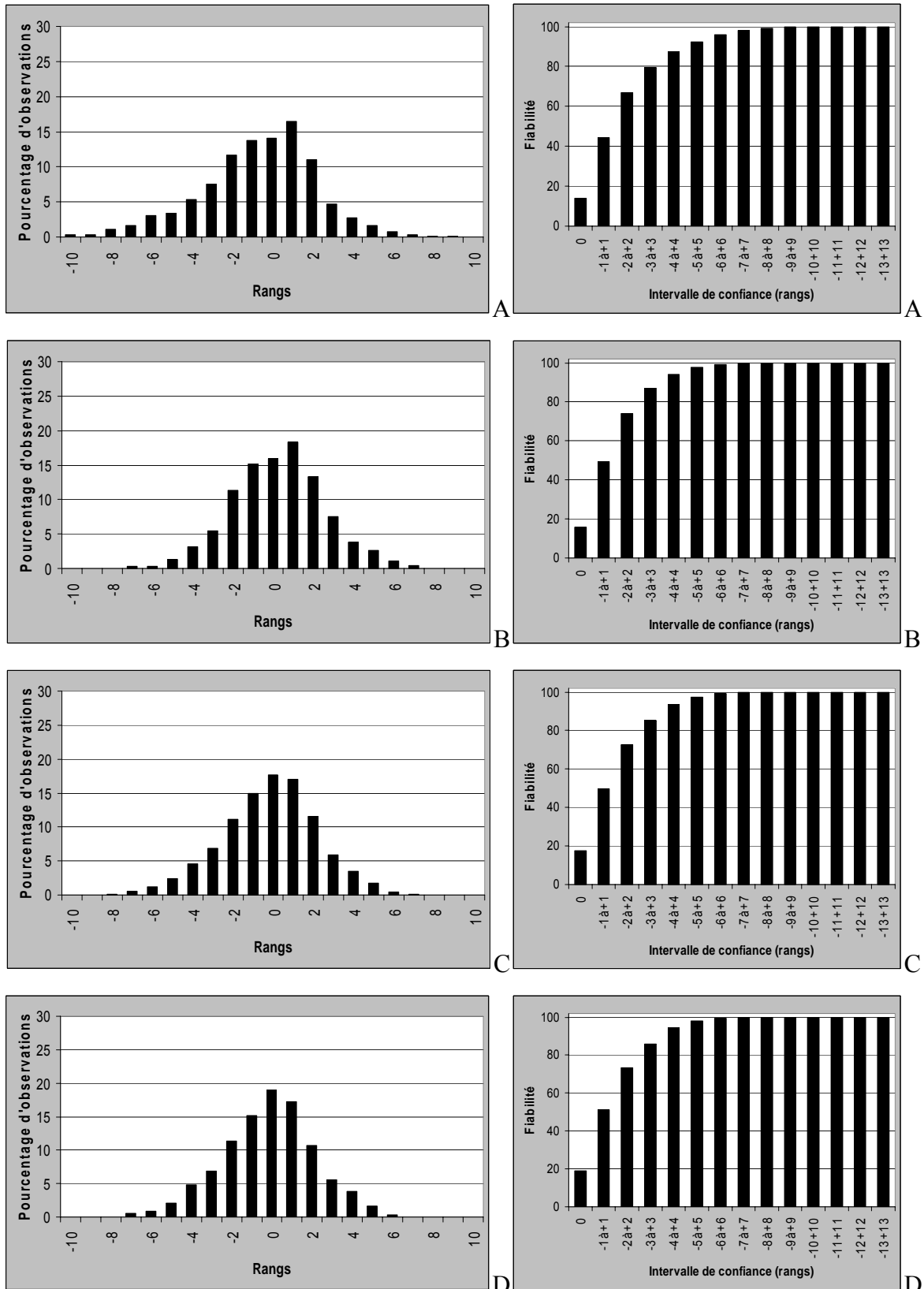
### 5.2.2. Résultats

Dans le cadre de l'étude des populations du passé, la détermination du sexe des immatures reste associée à une incertitude relativement élevée. En considérant les résultats obtenus avec l'approche Bayes Dépendant lors de l'étude de l'influence du sexe sur l'estimation de l'âge dentaire, il nous semble, dans ce cas, préférable de constituer un référentiel « unisexe ». Un référentiel « unisexe » est donc constitué à partir des 456 enfants européens, des 384 enfants iraniens et des 260 enfants ivoiriens, le référentiel contenant ainsi 644 filles et 456 garçons. Dans le cadre de ce référentiel « unisexe », seules les I<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> et M<sub>2</sub> sont considérées. Un échantillon test est constitué à partir des 276 enfants recrutés dans le sud de la France pour lesquels nous ne disposons pas de questionnaire et des 407 enfants recrutés dans le sud de la France dont au moins un des quatre grands parents n'est pas d'origine européenne. L'âge dentaire des 392 filles et des 291 garçons de l'échantillon test est estimé selon le référentiel « unisexe » à partir des I<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> et M<sub>2</sub>. **Dans le cadre de cet exemple, nous procédons à la comparaison des résultats fournis par les différentes approches Bayésiennes envisageables :**



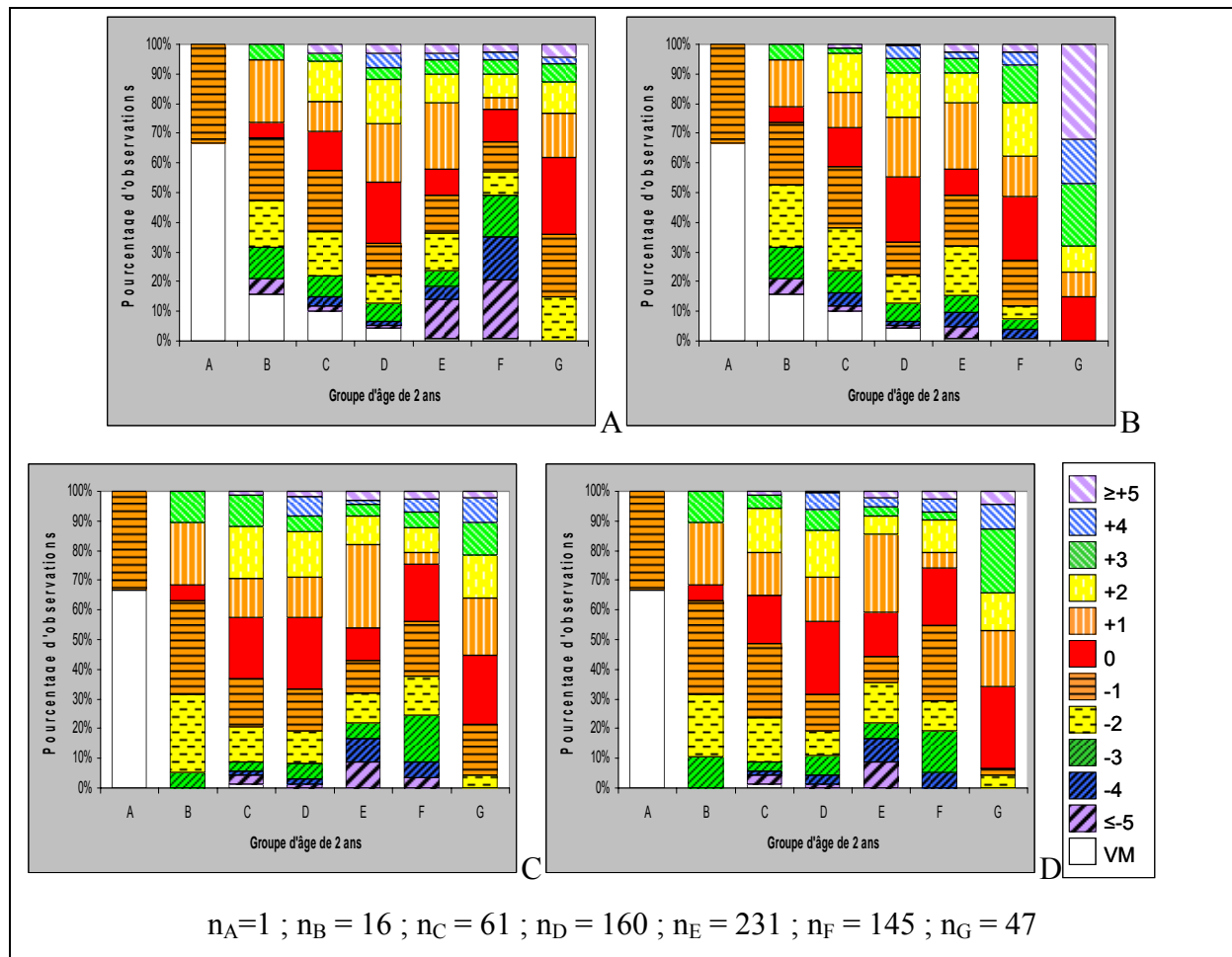
- l'approche Bayes Dépendant associée à l'utilisation de probabilité *a priori* uniformes (*BDpriorUnif*)
- l'approche Bayes Dépendant associée à l'utilisation de probabilités *a priori* non uniformes (*i.e.* calculées selon la distribution de l'âge du référentiel) (*BDpriorFreq*)
- l'approche Bayes Indépendant associée à l'utilisation de probabilité *a priori* uniformes (*BIpriorUnif*)
- l'approche Bayes Indépendant associée à l'utilisation de probabilités *a priori* non uniformes (*BIpriorFreq*)

Les résultats obtenus sont regroupés sur la planche 43 en ce qui concerne les distributions des rangs et les évolutions des fiabilités en fonction des intervalles de confiance, et sur la figure 33 pour ce qui est des distributions des rangs selon les groupes d'âges considérés. Les résultats des six comparaisons possibles entre ces 4 approches sont reportés dans le tableau 7.



**Planche 43** : Comparaisons selon différentes approches des résultats obtenus à partir des  $I_1, P_3, P_4, M_1$   
 A : approche Bayes Dépendant et probabilité *a priori* uniformes, B : approche Bayes Dépendant et probabilité *a priori* non uniformes, C : approche Bayes Indépendant et probabilité *a priori* uniformes, D : approche Bayes Indépendant et probabilité *a priori* non uniformes

Figure 33 : Distributions des rangs obtenues avec les quatre méthodes selon l'âge des sujets <sup>1</sup>



<sup>1</sup> A : approche Bayes Dépendant et probabilité *a priori* uniformes, B : approche Bayes Dépendant et probabilité *a priori* non uniformes, C : approche Bayes Indépendant et probabilité *a priori* uniformes, D : approche Bayes Indépendant et probabilité *a priori* non uniformes

L'approche Bayes Dépendant n'est pas en mesure de fournir d'estimation d'âge dentaire pour 22 sujets présentant des séquences de minéralisation dentaire orphelines (3,2%). L'approche Bayes Indépendant n'est pas en mesure de produire une estimation de l'âge dentaire seulement pour 3 sujets.

La comparaison de l'approche *BIpriorUnif* à l'approche *BIpriorFreq* ne présente aucune différence significative. Dans cet exemple, l'utilisation de probabilités *a priori* uniformes ou non uniformes n'a pas d'effet significatif sur la qualité des résultats obtenus. Il n'en va pas de même avec l'approche Bayes Dépendant. En effet, l'approche *BDpriorFreq* permet d'obtenir un intervalle de confiance pour une fiabilité d'au moins 95% plus resserré qu'avec *BDpriorUnif*. De plus, la distribution obtenue avec l'approche *BDpriorFreq* présente

**Tableau 7** : Comparaison des résultats obtenus dans l'estimation de l'âge dentaire à partir des I1, P3, P4 et M2 en fonction de l'approche Bayes Dépendant ou Indépendant, et de probabilités *a priori* uniformes ou non uniformes <sup>1</sup>

	BDpriorUnif vs BDpriorFreq		BDpriorUnif vs BIpriorUnif		BDpriorUnif vs BIpriorFreq		BDpriorFreq vs BIpriorUnif		BDpriorFreq vs BIpriorFreq		BIpriorUnif vs BIpriorFreq	
Effectif	683	683	683	683	683	683	683	683	683	683	683	683
Taux réponse	96,8%	96,8%	96,8%	99,6%	96,8%	99,6%	96,8%	99,6%	96,8%	99,6%	96,8%	99,6%
Significativité	1	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	1
Intervalle de confiance (fiabilité ≥ 95%)	78 (96,1%)	66 (97,9%)	78 (96,1%)	66 (97,5%)	78 (96,1%)	66 (98,2%)	66 (97,9%)	66 (97,5%)	66 (97,9%)	66 (98,2%)	66 (97,5%)	66 (98,2%)
Significativité	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non	non	non	non	non	non
Performance (% rangs 0)	14,1	15,9	14,1	17,6	14,1	19,0	15,9	17,6	15,9	19,0	17,6	19,0
Significativité	0,36	0,07	0,07	0,02	0,02	0,39	0,14	0,53	0,14	0,53	0,53	0,53
Kurtosis	-0,32	-1,17	-0,32	-0,70	-0,32	-0,74	-1,17	-0,70	-1,17	-0,74	-0,70	-0,74
Asymétrie	0,05	0,05	0,05	0,77	0,05	0,61	0,05	0,77	0,05	0,61	0,77	0,61
Comparaison asymétries	0,00	0,10	0,10	0,15	0,15	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,83
Comparaison distributions	0,00	0,23	0,23	0,08	0,08	0,54	0,54	0,38	0,38	0,38	0,38	1

<sup>1</sup> BDpriorUnif : approche Bayes Dépendant avec probabilité *a priori* uniformes, BDpriorFreq : approche Bayes Dépendant avec probabilité *a priori* non uniformes,

BIpriorUnif : approche Bayes Indépendant avec probabilité *a priori* uniformes, BIpriorFreq : approche Bayes Indépendant avec probabilité *a priori* non uniformes

une majorité de rangs positifs, tandis que celle obtenue avec l'approche *BDpriorUnif* présente une majorité de rangs négatifs. La différence entre ces deux proportions de rangs négatifs et positifs est significative entre les deux distributions. Si l'on observe la distribution des rangs selon les groupes d'âge de 2 ans (figure 33), on constate que cette différence de proportions de rangs négatifs et positifs s'exprime principalement entre 12 et 16 ans.

Il est possible d'expliquer le phénomène de surreprésentation des rangs positifs chez les sujets les plus âgés avec l'approche *BDpriorFreq* assez simplement. De par la limite supérieure d'âge de l'échantillon, fixée à 16 ans, un enfant de 16 ans ne peut, dans le cadre de cette étude, présenter une avance d'âge dentaire. L'extrapolation de ce raisonnement permet de comprendre que pour les sujets les plus âgés de l'échantillon il est relativement rare d'observer des cas d'avance d'âge dentaire. Par contre, en raison de la relative faible représentation des sujets âgés de 14 à 16 ans, certaines séquences de minéralisation dentaire riches en stades 7 et 8 seront plus probables en dessous, qu'au dessus de 14 ans. En conséquence de quoi les sujets de plus de 14 ans présentant ces SMD seront en retard d'âge dentaire (*i.e.* rangs positifs). L'emploi de probabilités *a priori* uniformes atténue cet effet en introduisant une pondération.

Afin d'éviter la surreprésentation des rangs positifs dans les classes d'âge les plus avancées, il serait nécessaire de fixer une limite non plus à 16 ans, mais entre 12 et 14 ans, ou bien de considérer la troisième molaire ( $M_3$ ), afin de réintroduire de l'information, c'est-à-dire une dent n'étant pas au stade 8. Mais d'autres inconvénients se présentent alors, comme celui de la présence ou de l'absence de cette  $M_3$ .

Comparons maintenant la qualité des résultats obtenus non plus en fonction du choix de calcul de la probabilité *a priori*, mais en fonction de l'approche Bayésienne sélectionnée. L'approche *BPriorUnif* présente un meilleur taux de réponse, un intervalle de confiance plus resserré et une meilleure performance que l'approche *BDpriorUnif*. L'approche *BPriorFreq* présente un meilleur taux de réponse et une meilleure symétrie par rapport au rang 0 (pas de différence significative dans la proportion de rangs positifs et négatifs) que l'approche *BDpriorFreq*. Le fait de travailler avec les quatre dents les moins dépendantes, à savoir  $I_1$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  et  $M_2$ , n'est probablement pas étranger aux meilleurs résultats présentés par l'approche Bayes Indépendant. Le fait que cette différence dans la qualité des résultats entre les deux approches reste toutefois relativement faible est intéressant dans le cadre de l'emploi de l'approche Bayes Dépendant.

### 5.2.3. Bilan

La meilleure qualité de résultats est obtenue avec l'approche Bayes Indépendant associée à l'emploi de probabilités *a priori* non uniformes. C'est cette approche qui est employée par Lucy *et al.* (1996), Schmitt et Broqua (2000), Schmitt (2001), Chaillet (2003) et Foti *et al.* (2003). L'approche Bayes Indépendant associée à l'emploi de probabilités *a priori* uniformes donne des résultats équivalents. Ceci est fort intéressant, car contrairement à l'approche *BIpriorFreq*, l'approche *BIpriorUnif* permet la comparaison de résultats obtenus pour un même échantillon test selon deux référentiels différents. **L'approche Bayes Dépendant donne des résultats significativement de moins bonne qualité que l'approche Bayes Indépendant. Cette différence de qualité se traduit principalement dans le taux de réponse et dans la symétrie de la distribution par rapport au rang 0. Ces conclusions doivent être néanmoins modérées par le fait que nous avons ici travaillé avec les quatre dents les moins dépendantes, favorisant en cela l'approche Bayes Indépendant.**

**Les intervalles de confiance associés à une fiabilité d'au moins 95% varie de 66 à 78 mois.** Si l'on souhaite faire une comparaison avec des méthodes basées sur les techniques de régression, cela correspond à des erreurs standard des estimations (SEE) respectivement de 16,5 et 19,5 mois. Ces résultats apparaissent inférieurs à ceux des principales méthodes d'estimation d'âge dentaire basées sur les techniques de régression (Ritz-Timme *et al.*, 2000) où les SEE sont comprises entre 6 et 12 mois. Néanmoins, la comparaison n'est que partiellement justifiée puisque dans le cadre de cet exemple nous travaillons sans standard de sexe et uniquement avec les  $I_1$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  et  $M_2$ . **Sur l'ensemble de ces quatre méthodes, nous obtenons des résultats équivalents en terme de SEE à ceux des études basées sur les techniques de régression avec des intervalles de confiance de 42 mois (soit une SEE de 10,5 mois) pour une fiabilité, non pas de 95%, mais de l'ordre de 80%.**



# *Conclusion*



L'étude du développement physiologique d'un individu peut être menée à l'aide de différents outils dont l'âge dentaire. De nombreux travaux visant à décrire le phénomène de maturation macrostructurale dentaire et à mettre en œuvre des méthodes d'estimation d'âge dentaire ont vu le jour depuis la deuxième moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. Le matériel sur lequel repose l'ensemble de ces études permet de les répartir en trois catégories : les études basées sur des données histologiques et squelettiques, les études basées sur l'émergence dentaire et enfin celles basées sur des radiographies dentaire. C'est dans ce dernier ensemble d'étude que l'on trouve le plus grand nombre de travaux faisant aujourd'hui référence dans le domaine de l'estimation de l'âge dentaire.

Dans notre introduction, nous avons tenté de démontrer qu'un certain nombre de questions restaient en suspend autour des différentes méthodes d'estimation d'âge basées sur l'étude de la maturation macrostructurale dentaire :

- 1- l'origine géographique d'un enfant a-t-elle une influence sur l'estimation de son âge dentaire ?
- 2- en dehors du sexe et éventuellement de l'origine géographique, existe-t-il d'autres facteurs susceptibles d'influencer l'estimation de l'âge dentaire ?
- 3- quelle est la part que l'aspect méthodologique revêt dans ces deux premières interrogations ?

Au travers de cette thèse nous avons tenté de répondre à ces trois interrogations. Pour ce faire, deux principaux objectifs ont été fixés :

- 1- utiliser, tester et évaluer la qualité d'une méthode d'estimation d'âge dentaire la plus à même de rendre compte des caractéristiques de la maturation macrostructurale dentaire
- 2- tester à l'aide d'un questionnaire, spécialement développé dans le cadre de cette étude, les éventuelles incidences d'un certain nombre de facteurs biologiques et socioéconomiques sur l'estimation de l'âge dentaire.

Pour ce qui est de la méthode d'estimation d'âge, nous nous sommes naturellement porté sur une étude transversale basée sur des orthopantomographies afin de tenter de recruter

en un temps relativement court (environ 18 mois) un maximum de sujets âgés de moins de 16 ans. Des collaborations ont été développées avec les services d'Orthopédie Dento-Faciale des CHU de Bordeaux et de Montpellier, avec le service de Pédiodontie du CHU de Montpellier, ainsi qu'avec une dizaine d'orthodontistes privés du sud de la France. Un échantillon de 863 enfants âgés de 3,5 à 16 ans a ainsi été constitué pour lequel chaque enfant est représenté par une orthopantomographie et un questionnaire rempli par ses parents. A ce premier échantillon s'ajoute un deuxième, constitué par l'ensemble de 276 enfants âgés de 5 à 16 ans, recrutés dans le sud de la France, pour lesquels nous n'avons pu récupérer de questionnaire. Enfin, deux échantillons issus d'une étude antérieure (Braga, 2001), et ayant participé au développement de cette méthode Bayésienne d'estimation de l'âge dentaire (Braga *et al.*, online first), ont été ponctuellement utilisés dans cette étude : un échantillon de 393 enfants iraniens âgés de 5,75 à 15,8 ans, et un échantillon de 260 enfants ivoiriens âgés de 5,3 à 15 ans. Pour ces trois derniers échantillons, nous possédons uniquement des clichés numériques des orthopantomographies.

Un des principaux problèmes recensés parmi différentes méthodes d'estimation d'âge dentaire vient de la qualité de la méthode de codage du processus de maturation macrostructural dentaire. Une méthode de codage semble néanmoins faire l'unanimité, il s'agit de celle développée par Demirjian *et al.* (1973). L'ensemble de ces radiographies panoramiques dentaires a donc été codé selon la méthode de Demirjian *et al.* (1973).

Le second problème récurrent de bon nombre de méthodes d'estimation d'âge dentaire réside dans la mise en œuvre d'approches statistiques parfois inappropriées. Sur la base des travaux de Lucy *et al.* (1996), et à l'instar de Schmitt et Broqua (2000), Schmitt (2001), Chaillet (2003), Foti *et al.* (2003), nous avons décidé d'appliquer le théorème de Bayes dans le cadre d'une méthode d'estimation de l'âge (Braga *et al.*, online first) pour trois raisons principales : (a) l'approche Bayésienne est une méthode robuste et appropriée à l'étude de variables ordinales (b) l'approche Bayésienne permet de fournir une réponse directement sous la forme d'une probabilité (c) l'approche Bayésienne offre une grande souplesse d'utilisation dans le choix des seuils de précision et de fiabilité que l'on souhaite fixer en fonction de ses objectifs.

**Au travers de la partie méthodologique de cette étude, nous nous sommes attaché à démontrer que, dans le domaine de l'estimation de l'âge dentaire, il n'existe pas une, mais bien plusieurs approches Bayésiennes, qui se différencient selon deux aspects.**

Le premier aspect concerne le choix de la probabilité *a priori*. Le choix d'opter pour des probabilités *a priori* calculées en fonction de la distribution de l'âge de l'échantillon de référence (Lucy *et al.*, 1996 ; Schmitt et Broqua, 2000 ; Schmitt, 2001 ; Chaillet, 2003 ; Foti *et al.*, 2003) permet de tenir compte de l'influence de cette dernière sur l'estimation de l'âge d'un individu test, mais pose le problème de la comparaison des résultats obtenus à partir de référentiels ne présentant pas la même distribution d'âge. **Une autre possibilité, pour laquelle nous avons optée, consiste à utiliser des probabilités *a priori* uniformes** (Konigsberg et Frankenberg, 1992), permettant de ne pas présumer de l'appartenance *a priori* d'un enfant à une certaine classe d'âge. **Elle rend en cela possible la comparaison de résultats obtenus pour un même échantillon à partir de deux référentiels différents.** Or le second de nos deux principaux objectifs repose sur de telles comparaisons afin d'être en mesure d'étudier les éventuelles influences de facteurs biologiques et socioéconomiques sur l'estimation de l'âge dentaire.

Le second aspect concerne le choix de traiter les 7 dents définitives mandibulaires gauches comme des variables indépendantes ou dépendantes. Lorsque ces 7 dents sont traitées comme autant de variables indépendantes (Lucy *et al.*, 1996 ; Chaillet, 2003 ; Foti *et al.*, 2003), il est possible de produire une estimation de l'âge dentaire de la quasi-totalité des individus d'un échantillon test. Néanmoins, la réalité biologique du processus de maturation dentaire n'est pas respectée, pas plus que l'originalité des séquences de minéralisation dentaire. Un enfant présentant une séquence de minéralisation dentaire aberrante, ou tout du moins très particulière, possède de bonnes chances de présenter une estimation de son âge dentaire lors de l'emploi de l'approche Bayes Indépendant. De plus, cette estimation ne se révélera pas forcément aberrante ou très particulière. Une autre possibilité consiste à ne pas travailler dent par dent, mais séquence de minéralisation dentaire par séquence de minéralisation dentaire (Braga *et al.*, online first). Une seule variable est alors prise en compte dans les calculs, il s'agit de la séquence de minéralisation dentaire représentée par un nombre à 7 chiffres (*i.e.* chaque chiffre caractérisant le stade de maturation d'une dent). Cette approche, que nous avons appelé **approche Bayes Dépendant, permet de respecter la réalité biologique du processus de maturation dentaire** (les différentes dents sont liées entre elles), **et l'originalité de chaque séquence de minéralisation dentaire. L'inconvénient de cette seconde approche réside dans l'impossibilité de produire une estimation d'âge dentaire pour les sujets test présentant des séquences de minéralisation orphelines** (*i.e.* non représentées dans l'échantillon de référence). **Néanmoins, cet inconvénient permet de**

**mettre en évidence des sujets présentant des séquences de minéralisation rares, ce qui finalement peut devenir un avantage.**

**Dans le cadre de cette étude et des objectifs qui y sont poursuivis, l'approche Bayes Dépendant nous est apparue comme la plus appropriée. C'est donc cette approche que nous avons mise en place.**

Au vu des résultats produits, cette étude confirme l'influence du sexe sur l'estimation de l'âge dentaire. En effet, **les filles présentent des avances d'âge dentaire par rapport aux garçons, avances se matérialisant principalement entre les âges de 10 et 14 ans.** Ces résultats vont dans le sens de ceux rencontrés dans la littérature. Il est plus surprenant de constater que l'estimation de l'âge dentaire des filles à partir d'un référentiel « unisexe » possède une qualité relativement proche de celle obtenue lors de l'emploi d'un référentiel féminin. Le même constat est dressé pour les garçons. Cet aspect est très encourageant dans le cadre de l'étude de l'âge au décès des non adultes issus des populations du passé pour lesquelles la détermination du sexe reste assortie d'une certaine incertitude.

**L'influence de l'origine géographique sur l'estimation de l'âge dentaire n'est quant à elle pas avérée dans le cadre de l'application de l'approche Bayes Dépendant.** Sur les 12 comparaisons réalisées pour les filles et les garçons, on constate à 6 reprises une estimation d'âge dentaire de meilleure qualité avec le référentiel non spécifique géographiquement. A deux reprises seulement, la qualité de l'estimation de l'âge dentaire est meilleure avec un référentiel géographiquement spécifique. Enfin à quatre reprises les estimations d'âge dentaires produites par les deux référentiels sont similaires. **La composition du référentiel en termes d'âge et d'effectif apparaît ici comme l'élément le plus influent sur la qualité de l'estimation produite,** même si cet argument ne permet pas d'expliquer la meilleure qualité des estimations produites pour les filles iraniennes à partir du référentiel des filles européennes, par rapport à celle produite avec le référentiel de filles iraniennes. **Ce résultat va à l'encontre de la tendance actuelle qui consiste à créer des référentiels géographiquement spécifiques dans le cadre de l'estimation de l'âge dentaire. Au vu des nos résultats, la variabilité intra populationnelle est tout aussi importante, voire plus importante, que la variabilité inter populationnelle en terme d'estimation d'âge dentaire.**

**Il semble néanmoins que l'origine géographique soit responsable d'une certaine variabilité au niveau des séquences de minéralisation dentaire. L'étude de l'influence de**

ces facteurs biologiques et socioéconomiques sur les seules séquences de minéralisation dentaires, en faisant abstraction de l'âge, apparaît dès lors nécessaire.

**Les résultats produits dans le cadre de l'étude des éventuels impacts de facteurs tels que : le poids à la naissance, l'âge de la mère à la naissance de l'enfant, le type d'allaitement, le fait, pour la mère, d'avoir fumé ou non durant la grossesse ou encore l'âge des premiers pas debout de l'enfant, n'ont pas d'influence sur la qualité de l'estimation de l'âge dentaire au moyen de l'approche Bayes Dépendant.** Mais l'absence de preuve n'est pas la preuve de l'absence. Ces résultats ne nous semblent dès lors pas revêtir un caractère définitif, car ils restent basés sur des effectifs relativement faibles. Afin de produire des résultats plus robustes, il est donc nécessaire de poursuivre le passage du questionnaire et de recruter un nombre de sujets plus important.

**L'influence du niveau socioéconomique sur l'estimation de l'âge dentaire demeure non significative. Néanmoins, les résultats obtenus, notamment pour les filles, semblent indiquer un retard d'âge dentaire chez les enfants « pauvres » relativement aux enfants « non pauvres ».** Là encore, la poursuite de l'étude s'avère nécessaire afin de valider, ou d'invalider, cette tendance.

Les résultats de cette étude nous invitent donc à revoir l'influence de certains facteurs, dont l'origine géographique, sur l'estimation de l'âge dentaire. Par ailleurs, l'approche Bayésienne nécessite la réalisation dans le domaine de l'estimation de l'âge dentaire de travaux supplémentaires, notamment pour apprécier les conséquences sur la qualité des résultats des choix méthodologiques que l'utilisateur est amené à faire. L'étude préliminaire que nous avons menée dans le cadre d'un exemple en contexte archéologique, développé sur l'estimation de l'âge d'individus ne possédant plus que leurs  $I_1$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  et  $M_2$ , semble indiquer que ces différences ne sont peut-être pas aussi importantes que ce à quoi l'on pourrait s'attendre.

## ***Bibliographie***

Alaluusua S, Lukinmaa PL, Koskimies M, Pirinen S, Holtta P, Kallio M, Holttinen T, Salmenpera L. 1996. Developmental dental defects associated with long breast feeding. *Eur J Oral Sci* 104(5-6):493-497.

Aykroyd RG, Lucy D, Pollard AM, Solheim T. 1997. Technical note: regression analysis in adult age estimation. *Am J Phys Anthropol* 104:259-265.

Backström MC, Aine L, Mäki R, Kuusela AL, Sievänen H, Koivisto AM, Ikonen RS, Mäki M. 2000. Maturation of primary and permanent teeth in preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 83:104-108.

Barbujani G, Magagni A, Minch E, Cavalli-Sforza LL. 1997. An apportionment of human DNA diversity. *Proc Natl Acad Sci U S A* 94(9):4516-4519.

Bayes T. 1763. An essay towards solving a problem in the doctrine of chances. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 53:370-418.

Bean RB. 1914. Eruption of teeth as physiological standard for testing development. *Pedagog Sem* 21:596.

Beik AK. 1913. Physiological age and school entrance. *Pedagog Sem* 20:283.

Beynon AD, Clayton CB, Ramirez Rozzi FV, Reid DJ. 1998. Radiographic and histological methodologies in estimating the chronology of crown development in modern humans and great apes: a review, with some applications for studies on juvenile hominids. *J Hum Evol* 35:351-370.

Bhargava A. 1999. Modeling the effects of nutritional and socioeconomic factors on the growth and morbidity of Kenyan school children. *Am J Human Biol* 11(3) :317-326.

Bielicki T. 1986. Physical growth as a measure of the economic well-being of populations: the twentieth century. In: Falkner F, Tanner JM, editors. *Human Growth: a Comprehensive Treatise* vol. II. New York: Plenum. p 283-305.

Black GV. 1883. Tables of lines of contemporaneous calcification. *Ann J Illinois State Dental Soc* 1883:1.

Brady WJ. 1924. *Chart of Average Time of Development, Eruption, and Absorption of Teeth*. Kansas City: Private Print. Quoted after Sicher and Tandler 1928.

Braga J. 2001. Le développement somatique, ses relations avec la maturation céphalique. Apports de l'imagerie médicale numérisée. Application en biologie humaine et en paléanthropologie. Habilitation à Diriger des Recherches, Université Bordeaux 1.

Braga J, Heuzé Y, Chabadel O, Sonan NK, Gueramy A. Online first. Non-adult dental age assessment: Correspondance analysis and linear regression versus Bayesian predictions. *Int J Legal Med*.

Brook AH. 1973. The secular trend in permanent tooth eruption times (Monogr no 28). *J Trop Pediatr Environ Child Health* 19:206.

Broomell I, Fischelis P. 1923. *Anatomy and Histology of the Mouth and Teeth*. Philadelphia: Blackiston.

Bustin E, Leist M, Priesel R. 1929. Röntgenologische Studie am kindlichen Gebiß. *Fortschr Geb Röntgenstr* 40:80-88.

Bustin E, Leist M, Priesel R. 1930. Röntgenologische Studie am kindlichen Gebiß. *Fortschr Geb Röntgenstr* 41:49-53.

Cahill D, Marks S, Wise G, Gorski J. 1988. A review and comparison of tooth eruption systems used in experimentation. A new proposal on tooth eruption. In: Davidovitch Z, editor. *The biological mechanism of tooth eruption and root resorption*. Birmingham: EGSCO Media.

Carels CEL, Kuijpers-Jagtman AM, Van der Linden FP, Van't Hof MA. 1991. Age reference charts of tooth length for Dutch children. *J Biol Bucc* 19:297-303.

Cattaneo C, Baccino E. 2002. The newsletter of the International Academy of Legal Medicine. A call for forensic anthropology in Europe. *Int J Legal Med* 116:N1-N2.

Cattell P. 1928. Dentition as a measure of maturity. *Harvard Monographs in Education*, No. 9. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Cavelaars AEJM, Kunst AE, Geurts JJM, Cialesi R, Grøtvedt L, Helmert U, Lahelma E, Lundberg O, Mielck A, Rasmussen NKr, Regidor E, Spuhler Th, Mackenbach JP. 2000. Persistent variations in average height between countries and between socioeconomic groups: an overview of 10 European countries. *Ann Hum Biol* 27(4):407-421.

Chabadel O. 2004. Age dentaire et fentes labio-maxillo-palatines totales. Thèse d'Exercice en Chirurgie Dentaire, Université Montpellier 1.

Chaillet N. 2003. Applications anthropologiques de l'approche Bayésienne dans la détermination de l'âge des immatures. Thèse de Doctorat en Anthropologie Biologique, Université de la Méditerranée.

Chowdhury IG, Bromage T. 2000. Effects of fetal exposure to nicotine on dental development of the laboratory rat. *Anat Rec* 258:397-405.

Clements EMB, Davis-Thomas E, Pickett KG. 1953. Time of eruption of permanent teeth in Bristol children in 1947-48. *Br Med J* 1:1421-1424.

Clements EMB, Davis-Thomas E, Pickett KG. 1957a. Age at which the deciduous teeth are shed. *Br Med J* 1:1508-1510.

Clements EMB, Davis-Thomas E, Pickett KG. 1957b. Time of eruption of permanent teeth in British children at independent, rural and urban schools. *Br Med J* 1:1511-1513.

Dahlberg AA, Menagaz-Bock RM. 1958. Emergence of the permanent teeth in Pima Indian children. *J Dent Res* 37:1123-1140.

Davis PJ, Hägg U. 1994. The accuracy and precision of the "Demirjian system" when used for age determination in Chinese children. *Swed Dent J* 18:113-116.

Debrot A. 1972. A variable influencing tooth eruption age differences between groups. *J Dent Res* 51:12-14.

Dell F, Legendre N, Ponthieux S. 2003. Les salaires dans les entreprises en 2000. INSEE-Première 896.

Demirjian A. 1986. Dentition. In: Falkner F, Tanner J M, editors. *Human growth. A comprehensive treatise*, vol II. New York: Plenum. p 269-283.

Demirjian A, Goldstein H. 1976. New systems for dental maturity based on seven and four teeth. *Ann Hum Biol* 3:411-421.

Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. 1973. A new system of dental age assessment. *Human Biology* 45:211-227.

Domingos P, Pazzani M. 1997. On the optimality of the Bayesian classifier under zero-one loss. *Machine learning* 29:103-130.

Domm LV, Wellband WA. 1960. Effect of adrenalectomy and cortisone on eruption rate of incisors in young female abino rats. *Proc Soc Exp Biol* 104:582-584.

Efron B. 1982. *The jackknife, the bootstrap, and other resampling plans*. Society for Industrial and Applied Mathematics. Philadelphia.

Eid RMR, Simi R, Friggi MNP, Fisberg M. 2002. Assessment of dental maturity of Brazilian children aged 6 to 14 years using Demirjian's method. *International Journal of paediatric Dentistry* 12:423-428.

Eveleth PB, Tanner JM. 1990. *Worldwide variation in human growth*, 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.

Fanning EA. 1961. A longitudinal study of tooth formation and root resorption. *NZ Dent J* 57:202-217.

Ferguson A, Scott RB, Bawkin H. 1957. Growth and development of negro infants. *J Peatr* 50:327-331.

Foti B, Adalian P, Lalys L, Chaillet N, Leonetti G, Dutour O. 2003. Approche probabiliste de l'estimation de l'âge chez l'enfant à partir de la maturation dentaire. *C R Biologies* 326:441-448.

Foti B, Lalys L, Adalian P, Giustiniani J, Maczel M, Signoli M, Dutour O, Leonetti G. 2003. New forensic approach to age determination in children based on tooth eruption. *Forensic Science International* 132:49-56.



Freitas M, Salzano F. 1975. Eruption of permanent teeth Brazilian Whites and Blacks. *Am J Phys Anthropol* 42:145-150.

Frucht S, Schnegelsberg C, Schulte-Mönting J, Rose E, Jonas I. 2000. Dental age in southwest Germany. *J Orofac Orthop* 61:318-329.

Garn SM, Lewis AB, Koshi K, Polacheck D. 1958. The sex difference in tooth calcification. *J Dent Res* 37:561-567.

Garn SM, Sandusky ST, Rosen NN, Trowbridge F. 1973a. Economic impact on tooth emergence. *Am J Phys Anthropol* 39:233-238.

Garn SM, Sandusky ST, Rosen NN, Trowbridge F. 1973b. Economic impact on postnatal ossification. *Am J Phys Anthropol* 38:1-4.

Gartner LP, Saad AY, Hiatt JL. 1990. Effects of nicotine on murine incisor development. *J Biol Buccale* 18(2):83-88.

Gleiser I, Hunt EE. 1955. The permanent mandibular first molar: its calcification, eruption and decay. *Am J Phys Anthropol NS* 13:253-283.

Golden NL, Takiedinne F, Hirsch VJ. 1981. Teething age in prematurely born infants. *American Journal of Diseases in Children* 135:903-904.

Greulich WW, Pyle SI. 1950. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford, California: Stanford University Press.

Gustafson G. 1950. Age determination on teeth. *J Am Dent Assoc* 41:45-54.

Gustafson G, Koch G. 1974. Age estimation up to 16 years based on dental development. *Odont Revy* 25:297-306.

Haavikko K. 1970. The formation and alveolar and clinical eruption of the permanent teeth, an orthopantomograph study *Proc Finn Dent Soc* 66:104-170.

Haavikko K. 1974. Skeletal age estimated in a few selected ossification centres of the hand wrist. A simple method for clinical use. *Proc Finn Dent Soc* 70:10-14.

Hägg U, Matsson L. 1985. Dental maturity as an indicator of chronological age: the accuracy and precision of three methods. *Eur J Orthodontics* 7:25-34.

Harris EF, McKee J. 1990. Tooth mineralization standards for Blacks and Whites from the Middle Southern United States. *Journal of Forensic Sciences* 35(4):859-872.

Harris EF, Barcroft BD, Haydar S, Haydar B. 1993. Delayed tooth formation in low birthweight African-American children. *Pediatr Dent* 15(1):30-35.

Hassanali H. 1985. The third permanent molar eruption in Kenyan Africans and Asians. *Ann Hum Biol* 12:517-523.

Hassanali H, Odhiambho JW. 1981. Ages of eruption of the permanent teeth in Kenyan African and Asian children. *Ann Hum Biol* 8:425-434.

Healy MJR, Goldstein H. 1976. An approach to the scaling of categorized attributes. *Biometrika* 63:219-229.

Helm S, Seidler B. 1974. Timing of permanent tooth emergence in Danish children. *Community Dent Oral Epidemiol* 2:122-129.

Hess AF, Lewis JM, Roman B. 1932. A radiographic study of the teeth from the birth to adolescence. *Dental Cosmos* 74:1053-1061.

Hiernaux J. 1968. Ethnic differences in growth and development. *Eugenics Q* 15:12-21.

Holman DJ, Yamaguchi K. 2004. Longitudinal analysis of deciduous tooth emergence: IV. Covariate effects in Japanese children. *Am J Phys Anthropol* (epub ahead of print).

Haupt M, Adu-Aryee S, Grainger R. 1967. Eruption times of permanent teeth in the Brong Ahaforegion of Ghana. *Am J Orthod* 53:95-99.

Inoui Y, Suzuki Y. 1992. Study on eruption of maxillary permanent incisors using panoramic tomography. *Pediatr Dent J* 2:83-92.

Israel H, Lewis AB. 1971. Radiographically determined linear permanent tooth growth from age 6 years. *J Dent Res* 50:334-342.

Johanson G. 1971. Age determinations from human teeth. *Odontologisk Revy*; 22:supplement 2.

Kataja M, Nyström M, Aine L. 1989. Dental maturity standard in southern Finland. *Proc Finn Dent Soc* 85:187-197.

Kieser JA, Groeneveld HT, da Silva P. 1996. Delayed tooth formation in children exposed to tobacco smoke. *J Clin Pediatr Dent* 20(2):97-100.

Konigsberg L W, Frankenberg SR. 1992. Estimation of age structure in anthropological demography. *Am J Phys Anthropol* 89:235-256.

Koshy S, Tandon S. 1998. Dental age assessment: the applicability of the Demirjian's method in south Indian children. *Forensic Sci Int* 94:73-85.

Kraus BS. 1959. Calcification of the human deciduous teeth. *J Am Dent Assoc* 59:1128-1136.

Kullman L, Martinsson T, Zimmerman M, Welander U. 1995. Computerized measurements of the lower third molar related to chronological age in young adults. *Acta Odontol Scand* 53:211-216.

Lavelle C. 1975. A note on the variation in the timing of deciduous teeth eruption. *J Dent* 3:267-270.

Ledley RS, Huang HK, Pence RG. 1971. Quantitative study of normal growth and eruption of teeth. *Comp Biol Med* 1:231-241.

Lee MM, Low WD, Chang KS. 1965. Eruption of the permanent dentition of southern Chinese children in Hong Kong. *Arch Oral Biol* 10:849-861.

Legros C, Magitot E. 1873. Origine et formation du folliculaire dentaire chez les mammifères. *J Anat Physiol* 5 :449-503.

Lewin D. 1997. Evolutions: Mammalian Tooth Development. *J NIH Res June*: 75-80.

Liliequist B, Lundberg M. 1971. Skeletal and tooth development. A methodologic investigation. *Acta Radiol* 11:97-112.

Liversidge HM, Herdeg B, Rösing FW. 1998. Dental age estimation of non-adults. A review of methods and principles. In: Alt WK, Rösing FW, Teschler-Nicola M, editors. *Dental Anthropology. Fundamentals, Limits and Prospects*. Wien: Springer. p 419-442.

Liversidge HM, Molleson TI. 1999. Developing permanent tooth length as an estimate of age. *J Forensic Sci* 44(5):917-920.

Liversidge HM, Molleson T. 2004. Variation in crown and root formation and eruption of human deciduous teeth. *Am J Phys Anthropol* 123:172-180.

Liversidge HM, Lyons F, Hector MP. 2003. The accuracy of three methods of age estimation using radiographic measurements of developing teeth. *Forensic Science International* 131:22-29.

Logan WHG, Kronfeld R. 1933. Development of the human jaws and surrounding structures from birth to the age of fifteen years. *J Am Dent Ass* 20:379-427.

Love RM, Chandler NP. 1996. A scanning electron and confocal laser microscope investigation of tetracycline-affected human dentine. *Int Endol J* 29(6):376-381.

Lucy D, Aykroyd RG, Pollar AM, Solheim T. 1996. A Bayesian approach to adult age estimation from dental observations by Johanson's age changes. *Journal of Forensic Sciences* 41(2):189-194.

Lyaruun DM, van Duin MA, Bervoets TJ, Woltgens JH, Bronckers AL. 1997. Effects of actinomycin D on developing hamster molar tooth germs in vitro. *Eur J Oral Sci* 105(1):52-58.

Marks S. 1995. The basic and applied biology of tooth eruption. *Connective Tissue Res* 32(1-4):149-157.

Marks S, Schroeder H. 1996. Tooth eruption: Theories and facts. *Anat Rec* 245:374-393.

Masset C. 1989. Age estimation on the basis of cranial sutures. In: Iscan MY, editor. *Age markers in the human skeleton*. Springfield, Illinois: Charles C Thomas. p71-103.

Massler M, Schour I. 1941. Studies in tooth development: Theories of eruption. *Amer J Ortho Surg* October:553-576.

Mellander M, Noren JG, Freden H, Kjellmer I. 1982. Mineralization defects in deciduous teeth of low birthweight infants. *Acta Paediatr Scand* 71(5):727-733.

Moorrees CFA, Fanning EA, Hunt EE. 1963a. Formation and resorption of three deciduous teeth in children. *Am J Phys Anthropol* 19:99-108.

Moorrees CFA, Fanning EA, Hunt EE. 1963b. Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J Dent Res* 42:1490-1502.

Mörnstad H, Reventlid M, Teivens A. 1995. The validity of four methods for age determination by teeth in Swedish children: a multicentre study. *Swed Dent J* 19:121-130.

Mörnstad H, Staaf V, Welander U. 1994. Age estimation with the aid of tooth development: a new method based on objective measurements. *Scan J Dent Res* 102:137-143.

Mukherjee DK. 1973. Deciduous dental eruption in low income group Bengali Hindu children (Monogr. No. 28) *J Trop Pediat Environ Child Health* 19:207.

Nolla CM. 1960. The development of the permanent teeth. *J Dent Child* 27:254-266.

Noren JG. 1983. Enamel structure in deciduous teeth from low-birth-weight infants. *Acta Odontol Scand* 41(6):355-362.

Nykanen R, Espeland L, Kvaal SI, Krogstad O. 1998. Validity of the Demirjian method for dental age estimation when applied to Norwegian children. *Acta Odontol Scand* 56:238-244.

Okpo HE, Akpata ES. 1986. Tooth lengths in Nigerians. *Int Endod J* 19(5):248-252.

Olivier G. 1965. *Anatomie anthropologique*. Paris.

Ozaki T, Satake T, Kanasawa E. 1987. Morphological significance of root length variability I comparison with other crown dimensions. I. Basic statistics and sex difference. *J Nihon Univ Sch Dent* 29(4):233-240.

Peck M N, Lundberg O. 1995. Short stature as an effect of economic and social conditions in childhood. *Social Science and Medicine* 4:733-738.

Peirce CN. 1884. Calcification and development of mandibular teeth. *Dental Cosmos* 26:449-455.

Phillips LD. 1973. *Bayesian statistics for social scientists*. London: Thomas Nelson and Sons Ltd.

Proy E, Gautier N. 1985. Maturation dentaire: constitution de tables. *Rev Orthop Dento Faciale* 19:523-534.

Proy E, Sempe M, Ajacques J C. 1981. Etude comparée des maturations dentaire et squelettique chez des enfants et adolescents français. *Rev Orthop Dento Faciale* 15:3.

Ritz-Timme S, Cattaneo C, Collins MJ, Waite ER, Schütz HW, Kaatsch HJ, Borrman HIM. 2000. Age estimation: The state of the art in relation to the specific demands of forensic practice. *Int J Legal Med* 113:129-136.

Rona JR. 1981. Genetic and environmental factors in the control of growth in childhood. *British Medical Bulletin* 37:265-272.

Saad AY. 1991. Postnatal effects of nicotine on first molar development in CD-1 mouse. *Acta Anat (Basel)* 140(3):269-272.

Saunders E. 1837. *The Teeth a Test of Age, Considered with Reference to the Factory Children, Addressed to the Members of Both Houses of Parliament*. London: Renshaw.

Saunders S, DeVito C, Herring A, Southern R, Hoppa R. 1993. Accuracy tests of tooth formation age estimations for human skeletal remains. *Am J Phys Anthropol* 92:173-178.

Seow WK. 1996. A study of the development of the permanent dentition in very low birthweight children. *Pediatr Dent* 18(5):379-384.

Seow WK, Humphrys C, Mahonda R, Tudehope DI. 1988. Dental eruption in low birth weight prematurely-born low-weight children: a controlled study. *Pediatr Dent* 10:39-42.

Schour I, Massler M. 1940. Studies in tooth development. *J Am Dental Ass* 27:1778-1793, 1918-1931.

Schour I, Massler M. 1941. The development of the human dentition. *J Am Dental Ass* 28:1153-1160.

Schmitt A. 2001. Variabilité de la sénescence du squelette humain. Réflexions sur les indicateurs de l'âge au décès : à la recherche d'un outil performant. Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 1.

Schmitt A, Broqua C. 2000. Approche probabiliste pour estimer l'âge au décès à partir de la surface auriculaire de l'ilium. *Bull et Mém de la Société d'Anthropologie de Paris* 12(3-4):279-301.

Sempé M, Pédrón G. 1995. Courbes collectives de la croissance somatique (taille, poids, périmètre crânien) - garçons et filles séparément (amplitude, itinéraires, accroissements). In: *Carnet de Santé*. Lyon: Simep-Masson, Theraplix, Mérieux, Serono, Méditations.

Smith CAB. 1959. Some comments on the statistical methods used in linkage investigations. *Am J Hum Genet* 11:289-304.

Staaf V, Mörnstad H, Welander U. 1991. Age estimation based on tooth development: a test of reliability and validity. *Scan J Dent Res* 99:281-286.

Stack MV. 1960. Forensic estimation of age in infancy by gravimetric observations on the developing dentition. *J For Sci* 1:49-59.

Stack MV. 1964. A gravimetric study of crown growth rate of the human deciduous dentition. *Biol Neonat* 6:197-224.

Stack MV. 1967. Vertical growth rates of the deciduous teeth. *J Dent Res* 46:879-882.

Tanner JM. 1992. Growth as a measure of the nutritional and hygienic status of a population. *Hormone Research* 38(1):106-115.

Tanner JM, Whitehouse RH, Healy JR. 1962. A new system for estimating skeletal maturity from the hand and wrist, with standards derived from a study of 2,600 healthy British children. Centre International de l'Enfance, Paris.

Tanner JM, Whitehouse RM, Marshall WA, Healy MJR, Goldstein H. 1975. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height: TW2 method. London: Academic Press.

Teivens A, Mörnstad H. 2001. A modification of the Demirjian method for age estimation in children. *The Journal of Forensic Odonto-Stomatology* 19(2):26-30.

Tukey J. 1977. *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley, Reading.

Ulijaszek SJ, Johnston FE, Preece MA, editors. 1998. *The Cambridge Encyclopedia of Human Growth and Development*. Cambridge: Cambridge University Press.

Verhoeven JW, van Aken J, van der Weerdt GP. 1979. The length of teeth. A statistical analysis of the differences in length of human teeth for radiographic purposes. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 47(2):193-199.

Wang MH, vom Saal FS. 2000. Maternal age and traits in offspring. *Nature* 407:469-470.

Westover KM, DiLoreto MK, Shearer TR. 1989. The relationship of breastfeeding to oral development and dental concerns. *Journal of Dentistry for Children* 56:140-143.

Wood JW, Milner GR, Harpending H, Weiss KM. 1992. The osteological paradox. Problems of inferring prehistoric health from skeletal samples. *Current Anthropology* 33(4):343-370.



## Annexe 1

### Questionnaire

Nom de l'enfant :

Prénom de l'enfant :

-----

#### Etude sur les processus de maturation dentaire

1/ Lieu de l'examen :

2/ Date de la radiographie panoramique:

3/ Sexe :  F  M

4/ Date de naissance :        /        /        Lieu de naissance (dpt. ou pays) :

5/ En quelle classe l'enfant était-il à la date de la radiographie panoramique (voir ci-dessus)?

6/ Origine géographique (pays) des parents et grands-parents de l'enfant :

Mère : \_\_\_\_\_ Père : \_\_\_\_\_

Grand-mère maternelle : \_\_\_\_\_ Grand-mère paternelle : \_\_\_\_\_

Grand-père maternel : \_\_\_\_\_ Grand-père paternel : \_\_\_\_\_

7/ Poids (kg) à la date de la radiographie panoramique (voir ci-dessus) :

8/ Taille (cm) à la date de la radiographie panoramique (voir ci-dessus) :

9/ L'enfant est-il :  droitier  gaucher

10/ Poids à la naissance (kg) :

11/ Taille à la naissance (en cm) :

12/ L'enfant est-il né à terme ?  oui  non (préciser) : \_\_\_\_\_

13/ Est-ce que l'enfant a été placé en couveuse, si oui combien de temps ?  
 non  oui :        âge : \_\_\_\_\_        durée : \_\_\_\_\_

14/ A quel âge a-t-il fait ses premiers pas (debout) ?

15/ A quel âge a-t-il :  
prononcé ses premiers mots :  
commencé à se faire comprendre :  
parlé couramment :



16/ L'enfant a-t-il été allaité au sein par sa mère, et si oui jusqu'à quel âge ?

non  oui : \_\_\_\_\_

17/ Avant l'âge de 1 an, l'enfant a-t-il consommé :

du lait 1° âge si oui, à partir de quel âge : \_\_\_\_\_  
 du lait 2° âge si oui, à partir de quel âge : \_\_\_\_\_  
 du lait de vache si oui, à partir de quel âge : \_\_\_\_\_  
 autre (préciser) : \_\_\_\_\_ à partir de quel âge : \_\_\_\_\_

18/ A quel âge a-t-il commencé à prendre autre chose que des biberons ?

19/ A quel âge a-t-il commencé à prendre de la nourriture solide (non mixée) ?

20/ Ses biberons ont-ils été enrichis par des compléments alimentaires, si oui de quelle nature et à partir de quand ?

non  oui nature : \_\_\_\_\_ âge : \_\_\_\_\_

21/ L'enfant a-t-il eu une sucette, si oui jusqu'à quel âge ?

non  oui : \_\_\_\_\_

22/ L'enfant suçait-il son pouce, si oui lequel et jusqu'à quel âge ?

non  le gauche  le droit \_\_\_\_\_

23/ Date de naissance de la mère : / / Lieu de naissance (dpt. ou pays) :

24/ Profession de la mère :

25/ Date de naissance du père : / / Lieu de naissance (dpt. ou pays) :

26/ Profession du père :

27/ L'enfant vit-il avec :  ses deux parents  sa mère  son père  
 garde alternée entre sa mère et son père  
 autre (préciser) : \_\_\_\_\_

28/ Quelle a été approximativement la prise de poids de la mère durant la grossesse ?

prise de poids (en kg) : \_\_\_\_\_  
poids avant la grossesse : \_\_\_\_\_ poids avant l'accouchement : \_\_\_\_\_

29/ Y a-t-il eu des problèmes nécessitant un traitement médical lors de la grossesse ?

non  oui (préciser) : \_\_\_\_\_

30/ Depuis sa naissance, l'enfant a-t-il eu des problèmes de santé tels que ?

diabète  allergie  interdits alimentaires  
 mononucléose  autre (préciser) : \_\_\_\_\_

31/ Depuis sa naissance, l'enfant a-t-il suivi des traitements médicaux sur plus de 15 jours à base :

- d'hormones de croissance                       d'hormones sexuelles  
 de corticoïdes     d'antibiotiques

32/ L'enfant a-t-il eu des troubles particuliers lorsqu'il a fait ses dents ?

- non                       irritations                       troubles du sommeil  
 forte fièvre                       refus de s'alimenter pendant plusieurs jours

33/ La mère de l'enfant fumait-elle lors de la grossesse ?

- non                       moins de 10 cigarettes/jour                       entre 10 et 20                       plus de 20

34/ L'enfant est-il pour la mère son :                       1°     2°     3°    autre (préciser) : \_\_\_\_\_

35/ L'enfant est-il pour le père son :                       1°     2°     3°    autre (préciser) : \_\_\_\_\_

36/ Nombre de personnes vivant dans le foyer (sous le même toit) :

Nombre d'adultes (18 ans et plus) :                      Nombre d'enfants (patient inclus) :

37/ Nombre d'enfants à la charge des/du parent(s) vivant avec le patient (patient inclus):

## Annexe 2

### Comparaison de la composition du lait maternel et du lait de vache

<b>Constituants</b>	<b>Lait humain</b>	<b>Lait de vache</b>
<b>Calories (kcal/dl)</b>	60-70	65-75
<b>Protéines (g/dl)</b>	0,8-1,2	3,0-3,5
Caséine (%)	40	80
Protéines solubles (%)	60	20
Azote non protéique (mg)	40	30
<b>Lipides (g/dl)</b>	3-4	3,5-4
Acide linoléique (mg/dl)	350	90
Acide $\alpha$ -linoléique (mg/dl)	22	61
n-6/n-3	15,9	1,47
<b>Glucides (total g/dl)</b>	6,7	4,5-5
Lactose (%)	85-90	100
Oligosaccharides (%)	10-15	
<b>Minéraux</b>	200	700
Sodium (mg)	10-20	70
Chlore (mg)	45	110
Calcium (mg)	30	120
Phosphore (mg)	15	90
CA/P	2	1,3
Magnésium (mg)	3,5	12
<b>Vitamines</b>		
A (UI)	203	45
D (UI)	2-3	2-3
E (mg)	0,35	0,1
C (mg)	3,8	11
B1 (mg)	0,180	0,440
B2 (mg)	0,031	1,750
B6 (mg)	0,059	0,510
B12 ( $\mu$ g)	0,01	6,6
Vitamine K1 ( $\mu$ g)	1,5	17
Ac folique ( $\mu$ g)	5,2	37,7
Niacine (PP) ( $\mu$ g)	230	
Acide pantothénique ( $\mu$ g)	260	
Biotine ( $\mu$ g)	0,76	
<b>Charge osmolaire (Mosm/dl)</b>	8	23

## Annexe 3

### Consentement éclairé



UMR 5809 « Laboratoire d'Anthropologie des populations du passé » Université Bordeaux 1  
UMR 5036 « Société, santé, développement » Université Victor Segalen Bordeaux 2

### Étiologie des processus de maturation dentaire

Madame, Monsieur,

Parmi les différents moyens d'études de la croissance, celui du développement dentaire est un des plus intéressants. Il permet en effet de déterminer à partir d'une radiographie panoramique de la denture d'un individu son « âge dentaire ». Cet âge dentaire est ensuite comparé à l'âge du patient. Le but de cette étude, faisant l'objet d'une thèse en Anthropologie Biologique, est de déterminer quels sont les facteurs biologiques et socioculturels susceptibles d'expliquer un éventuel écart entre l'âge d'un individu et son « âge dentaire ».

A cette fin, si vous en êtes d'accord, nous utiliserons votre radiographie panoramique et nous vous demanderons de remplir un rapide questionnaire. Les différentes réponses à ce questionnaire sont facultatives. L'absence de réponse à une ou plusieurs questions n'aura aucune conséquence à votre égard. L'ensemble des données fera l'objet d'un traitement statistique **anonyme** et d'une analyse scientifique. La base de données ainsi constituée fera l'objet d'une déclaration à la CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés). En nous en faisant la demande par écrit à l'adresse suivante : *Yann HEUZE, Laboratoire d'Anthropologie UMR 5809, av. des facultés 33405 Talence cedex*, il vous sera possible à tout moment : d'accéder aux informations vous concernant, d'en rectifier le contenu, de demander à quitter l'étude.

Nous vous remercions par avance de votre collaboration et vous prions de croire madame, monsieur, à l'expression de nos sincères salutations.

Dater et signer en faisant précéder de la mention « lu et approuvé » :

Parent(s) :

Éventuellement tuteur :

Enfant :

## Annexe 4

### Les catégories socio-professionnelles

(Source INSEE)

#### 1. Agriculteurs

10. Exploitants

#### 2. Artisans commerçants, chefs d'entreprise

21. Artisans

22. Commerçants et assimilés

23. Chef d'entreprise de 10 salariés ou plus

#### 3. Cadres et professions intellectuelles supérieures

31. Profession libérales

32. Cadres de la fonction publique, professions intellectuelles et artistiques

36. Cadres d'entreprise

#### 4. Professions intermédiaires

41. Professions intermédiaires de l'enseignement, de la santé, de la fonction publique et assimilés

46. Professions intermédiaires administratives et commerciales des entreprises

47. Techniciens

48. Contremaîtres, agents de maîtrise

#### 5. Employés

51. Employés de la fonction publique

54. Employés administratifs d'entreprise

55. Employés de commerce

56. Personnels de services directs aux particuliers

#### 6. Ouvriers

61. Ouvriers qualifiés

66. Ouvriers non qualifiés

69. Ouvriers agricoles

#### 7. Retraités

71. Anciens agriculteurs et exploitants

72. Anciens artisans, commerçants, chefs d'entreprise

74. Anciens cadres

75. Anciennes professions intermédiaires

77. Anciens employés

78. Anciens ouvriers

#### 8. Autres personnes sans activité professionnelle

81. Chômeurs n'ayant jamais travaillé

83. Militaires du contingent

84. Elèves, étudiants, apprentis, formation professionnelle

85. Personnes au foyer sans activité professionnelle

86. Personnes diverses sans activité professionnelle (sauf retraités, chômeurs, personnes au foyer)

#### 9. Chômeurs ayant déjà travaillé

91. Agriculteurs exploitants chômeurs

92. Artisans, commerçants, chefs d'entreprise chômeurs

93. Cadres et professions intellectuelles chômeurs

95. Employés chômeurs

96. Ouvriers chômeurs

# Annexe 5

## Capture d'écran Macro Visual Basic, Bayes Indépendant

	A	B
1	BayesFem	
2		
3	=ARGUMENT("Sexe";B3)	0
4	=ARGUMENT("ClasseAgeT";B4)	[192-198[
5	=ARGUMENT("I1igO";B5)	8
6	=ARGUMENT("I2igO";B6)	8
7	=ARGUMENT("CigO";B7)	8
8	=ARGUMENT("P3igO";B8)	8
9	=ARGUMENT("P4igO";B9)	8
10	=ARGUMENT("M1igO";B10)	8
11	=ARGUMENT("M2igO";B11)	8
12		
13		
14	=NB(SI((ClasseAgeF=ClasseAgeT),AgeF))	
15	NbCIAgO=A14	
16	=POSER.VALEUR(B16;NbCIAgO)	0
17	=SI(NbCIAgO=0)	
18	=RETOUR("")	
19	=FIN.SI()	
20		
21		
22	I1ig	
23	=NB(SI((ClasseAgeF=ClasseAgeT)*(I1igF=I1igO),AgeF))	
24	NbI1igOCIAgO=A23	
25	=POSER.VALEUR(B25;NbI1igOCIAgO)	7
26	piNbI1igOCIAgO=NbI1igOCIAgO/NbCIAgO	
27	=POSER.VALEUR(B27;piNbI1igOCIAgO)	1
28		
29	I2ig	
30	=NB(SI((ClasseAgeF=ClasseAgeT)*(I2igF=I2igO),AgeF))	
31	NbI2igOCIAgO=A30	
32	=POSER.VALEUR(B32;NbI2igOCIAgO)	7
33	piNbI2igOCIAgO=NbI2igOCIAgO/NbCIAgO	
34	=POSER.VALEUR(B34;piNbI2igOCIAgO)	1
35		
36	Cig	
37	=NB(SI((ClasseAgeF=ClasseAgeT)*(CigF=CigO),AgeF))	
38	NbCigOCIAgO=A37	
39	=POSER.VALEUR(B39;NbCigOCIAgO)	7
40	piNbCigOCIAgO=NbCigOCIAgO/NbCIAgO	
41	=POSER.VALEUR(B41;piNbCigOCIAgO)	1
42		
43	P3ig	
44	=NB(SI((ClasseAgeF=ClasseAgeT)*(P3igF=P3igO),AgeF))	
45	NbP3igOCIAgO=A44	
46	=POSER.VALEUR(B46;NbP3igOCIAgO)	7
47	piNbP3igOCIAgO=NbP3igOCIAgO/NbCIAgO	
48	=POSER.VALEUR(B48;piNbP3igOCIAgO)	1
49		
50	P4ig	
51	=NB(SI((ClasseAgeF=ClasseAgeT)*(P4igF=P4igO),AgeF))	
52	NbP4igOCIAgO=A51	
53	=POSER.VALEUR(B53;NbP4igOCIAgO)	4
54	piNbP4igOCIAgO=NbP4igOCIAgO/NbCIAgO	
55	=POSER.VALEUR(B55;piNbP4igOCIAgO)	0,571428571428571
56		
57	M1ig	
58	=NB(SI((ClasseAgeF=ClasseAgeT)*(M1igF=M1igO),AgeF))	
59	NbM1igOCIAgO=A58	
60	=POSER.VALEUR(B60;NbM1igOCIAgO)	7
61	piNbM1igOCIAgO=NbM1igOCIAgO/NbCIAgO	
62	=POSER.VALEUR(B62;piNbM1igOCIAgO)	1
63		
64	M2ig	
65	=NB(SI((ClasseAgeF=ClasseAgeT)*(M2igF=M2igO),AgeF))	
66	NbM2igOCIAgO=A65	
67	=POSER.VALEUR(B67;NbM2igOCIAgO)	3
68	piNbM2igOCIAgO=NbM2igOCIAgO/NbCIAgO	
69	=POSER.VALEUR(B69;piNbM2igOCIAgO)	0,428571428571429
70		
71		
72		
73	PIPart=(piNbI1igOCIAgO)*(piNbI2igOCIAgO)*(piNbCigOCIAgO)*(piNbP3igOCIAgO)*(piNbP4igOCIAgO)*(piNbM1igOCIAgO)*(piNbM2igOCIAgO)	
74	=POSER.VALEUR(B74;PIPart)	0,244897959183673
75		
76	=RETOUR(PIPart)	
77		
78	I1ig : Incisive 1 inférieure gauche	
79	I1igF : zone contenant l'information de maturation I1ig Féminine	
80	I1igO : critère de maturation de l'Incisive Observée	
81	NbI1igOCIAgO : Nb d'Age correspondant à la Classe d'Age Observée et au critère de maturation de l'Incisive Observée	
82		

## Annexe 6

Capture d'écran Macro *Visual Basic*, Bayes Dépendant

	A	B	C	D	E
1	<b>BayesFemDents7</b>		<b>Calcul Matriciel</b>		
2					
3	=ARGUMENT("Sexe";B3)	F			
4	=ARGUMENT("ClassAgeO";B4)	[192-198]			
5	=ARGUMENT("Dents7O";B5)	4443141			
6		Fem		: Féminin	
7					
8	AgeF=[BD Influence du sexe approche 1 refSex.xls]Data F!\$C\$1:\$C\$650				
9	ClassAgeF=[BD Influence du sexe approche 1 refSex.xls]Data F!\$E\$1:\$E\$650				
10					
11	=NB(SI((ClassAgeF=ClassAgeO),AgeF))			O	: Observation en cours
12	NbClAgO=A11			Nb	: Nombre
13					
14	=POSER.VALEUR(B14,NbClAgO)	0		ClasseAgeF	: zone où se trouve l'information Classe d'Age Féminine
15	=SI(NbClAgO=0)			ClasseAgeO	: Classe d'Age Observée
16	=RETOUR("")			AgeF	: zone où se trouve l'information Age Féminin
17	=FIN.SI()				
18				NbClAgO	: Nombre d'Observations dont la classe d'Age correspond à la Classe d'Age Observée
19					note : Age (numérique) n'est utilisé que pour le comptage
20	Dents7				
21	Dents7F=[BD Influence du sexe approche 1 refSex.xls]Data F!\$N\$1:\$N\$650				
22				Dents7F	: Zone où se trouve les séquences de minéralisation dentaire
23	=NB(SI((ClassAgeF=ClassAgeO)*(Dents7F=Dents7O),AgeF))			Dents7O	: Séquence de minéralisation dentaire observée
24	NbDents7OClAgO=A23			Dents7OClAgO	: Nb d'Age correspondant à la Classe d'Age Observée et à la séquence de minéralisation dentaire Observée
25					
26	=POSER.VALEUR(B26,NbDents7OClAgO)	0			
27	piNbDents7OClAgO=NbDents7OClAgO/NbClAgO				
28	POSER.VALEUR(B28;piNbDents7OClAgO)				
29					
30					
31					
32					
33	PIPart=(piNbDents7OClAgO)				
34	=POSER.VALEUR(B34;PIPart)	0			
35	=RETOUR(PIPart)				
36					
37					

## Annexe 7

### Salaires nets annuels moyens par sexe et catégorie socio-professionnelle en France en 2000

Source INSEE

	Femmes	Hommes
Cadres (csp 3)	31 690 €	41 940 €
Professions intermédiaires (csp 4)	19 290 €	22 380 €
Employés (csp 5)	14 420 €	15 770 €
Ouvriers (csp 6)	12 540 €	15 390 €







## Résumé :

**Objectifs :** les deux principaux objectifs de cette thèse sont : (1) utiliser, tester et évaluer la qualité d'une méthode d'estimation d'âge dentaire (Braga *et al.*, online first) la plus à même de rendre compte des caractéristiques de la maturation macrostructurale des dents définitives, (2) tester à l'aide d'un questionnaire, spécialement développé dans le cadre de cette étude, les éventuelles incidences d'un certain nombre de facteurs biologiques et socioéconomiques sur l'estimation de l'âge dentaire. **Matériel :** un échantillon de 863 enfants, recrutés dans le sud de la France, âgés de 3,5 à 16 ans est constitué. L'ensemble des sujets est caractérisé par une orthopantomographie et un questionnaire rempli par les parents. **Méthode :** une nouvelle méthode d'estimation d'âge dentaire basée sur la méthode de codage de Demirjian *et al.* (1973) et sur le théorème de Bayes (1763) est présentée. Cette méthode respecte l'originalité des séquences de minéralisation dentaire (approche Bayes Dépendant) et permet, grâce à l'emploi de probabilités *a priori* uniformes, la comparaison de résultats obtenus pour un même échantillon test à partir de deux référentiels distincts. **Résultats :** cette étude confirme l'influence du sexe sur l'estimation de l'âge dentaire, les filles présentant des avances d'âge dentaire par rapport aux garçons. L'influence de l'origine géographique sur l'estimation de l'âge dentaire n'est quant à elle pas avérée dans le cadre de l'application de l'approche Bayes Dépendant. Il semble néanmoins que l'origine géographique soit responsable d'une certaine variabilité au niveau des séquences de minéralisation dentaire. Le poids à la naissance, l'âge de la mère à la naissance de l'enfant, le type d'allaitement, le fait, pour la mère, d'avoir fumé ou non durant la grossesse, ou encore l'âge des premiers pas, n'ont pas d'influence sur la qualité de l'estimation de l'âge dentaire. L'influence du niveau socioéconomique sur l'estimation de l'âge dentaire demeure non significative. Néanmoins, les résultats obtenus, notamment pour les filles, semblent indiquer un retard d'âge dentaire chez les enfants « pauvres » relativement aux enfants « non pauvres ».

**Mots clés :** chronologie, étiologie, maturation macrostructurale dentaire, âge dentaire, séquence de minéralisation dentaire.

---

## Abstract:

**Aim:** The aim of this PhD is twice: (1) using, testing and estimating the quality of a dental age assessment method (Braga *et al.*, online first) the best one to describe the macrostructural maturation of permanent teeth, (2) Testing with a questionnaire, specially devised for this study, the potential impact of biological and socioeconomic factors on dental age assessment. **Material:** 863 healthy children living in the south of France and aged 3.5 to 16 years, form our sample. For all these children, we collect their first orthopantomography and a questionnaire filed by their parents. **Method:** A new dental age assessment method, based on coding devised by Demirjian *et al.* (1973) and on Bayes theorem (1763), is presented. This method respects the originality of dental mineralization sequences (Bayes Dependent approach) and allows, thanks to the use of uniform prior probabilities, the comparison between the results made with one test sample according to two different reference samples. **Results:** This study confirms the impact of gender on dental age assessment; the girls are ahead from boys. When Bayes Dependent approach is used, geographic origin has no influence on dental age assessment. Nevertheless, it seems that geographic origin has an impact on dental mineralization sequences. Weight at birth, maternal child's age at birth, type of feeding, maternal smoke habits during pregnancy and age at first steps, have no influence on dental age assessment. The socioeconomic level impact is not significant. Nevertheless, the results for girls show a tendency: "poor" girls are delayed in dental age in comparison with "non poor" girls.

**Key words:** Chronology, etiology, dental macrostructural mineralization, dental age, dental mineralization sequences.