

UNIVERSITÉ DE LA MÉDITERRANÉE
FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE

**INTERETS DE LA VARIABILITE DE L'ALVEOLYSE
HUMAINE DANS L'ESTIMATION DE L'AGE
EN ANTHROPOLOGIE MEDICO-LEGALE**

T H È S E

**présentée et publiquement soutenue devant
LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE**

le 29 mars 2010

par Michel RUQUET

né le 1^{er} mai 1968 à MARSEILLE

pour obtenir le grade de
DOCTEUR de L'UNIVERSITÉ de la MÉDITERRANÉE
Spécialité Anthropologie Biologique

Jury

| | | |
|---------------|---|---|
| Rapporteurs : | Marysette FOLLIGUET, Paul TRAMINI, | Professeure à l'Université de Paris Descartes Maître de Conférences à l'Université de Montpellier |
| Examineurs : | Jean Jacques BONFIL, Georges LEONETTI, | Professeur à l'Université de la Méditerranée Professeur à l'Université de la Méditerranée, Doyen de la Faculté de Médecine de Marseille |
| Invité : | Bruno FOTI, | Maître de Conférences à l'Université de la Méditerranée, Directeur de Thèse |

Laboratoire d'accueil :
Unité Anthropologie Bio-culturelle UMR 6578 (CNRS-EFS-Université de la Méditerranée)
Faculté de Médecine
Ecole Doctorale : Sciences de l'Environnement

Remerciements,

Au Professeur Marysette FOLLIGUET,

Nous vous remercions de la spontanéité avec laquelle vous avez accepté d'être rapporteur de ce travail malgré votre charge de travail.

Veillez trouver ici, l'expression de notre profond respect et de toute notre reconnaissance.

Au Docteur Paul TRAMINI,

C'est avec beaucoup de gentillesse que vous nous avez donné de votre temps et que vous nous avez conseillé dans la correction de ce travail.

Nous vous remercions d'avoir accepté d'être notre rapporteur et d'honorer de votre compétence notre jury.

Au Professeur Jean Jacques BONFIL,

Durant ces nombreuses années à vos côtés, nous avons pu apprécier votre savoir, votre culture mais également le sens de la justice qui vous anime

Nous sommes à ce titre très honoré de votre présence dans ce jury et vous assurons de notre profond respect et de notre fidélité.

Au Professeur Olivier DUTOUR,

Vous nous avez ouvert les portes de l'Anthropologie Biologique lors de notre inscription en Master où nous avons pu apprécier la qualité de votre enseignement et vos encouragements à poursuivre jusqu'à aujourd'hui malgré les difficultés.

Au Professeur Georges LEONETTI,
Doyen de la faculté de Médecine de
Marseille

Durant ces années de travail en
Anthropologie Médico-Légale, nous avons
pu apprécier la rigueur de votre
raisonnement scientifique et vous nous
avez fait partager votre passion pour la
médecine Légale.

Nous vous sommes infiniment
reconnaisant, Monsieur le Doyen,
d'honorer de votre présence ce jury.

A notre Directeur Bruno FOTI,

Conscient de la confiance que vous nous avez accordée en nous confiant ce sujet qui vous était cher, nous vous remercions chaleureusement de nous avoir guidés pas à pas dans ce travail en nous laissant notre liberté de travail. Vous nous avez fait partager votre goût pour l'Odontologie Légale et la recherche ce qui nous encourage à tenter de poursuivre dans cette voie.

Nous vous renouvelons toute notre gratitude et notre sincère amitié.

A Madame Bérengère SALIBA- SERRE,

Sans qui ce travail n'aurait pas pu aboutir.
Qu'elle soit remerciée pour sa disponibilité
ses compétences et sa conscience
professionnelle

A Messieurs Michel SIGNOLI et Pascal
ADALIAN,

Pour la confiance qu'ils nous ont accordée,
leurs enseignements et leur soutien moral
de tous les instants.

A Messieurs les Docteurs Alain TOSELLO,
Patrick TAVITIAN et Bruno FOTI

Nous leur devons tout notre parcours
professionnel. Les liens qui se sont tissés
entre nous vont bien au-delà de l'amitié.

A Maman,
A ma famille,
A mes amis proches,
A Marie Christine et mes collaborateurs,

Ils savent à quel point je tiens à eux.

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| ETAT DE LA QUESTION : | 4 |
| - Rappels histologiques | 7 |
| - Vieillissement des tissus bucco-dentaires : caractéristiques et manifestations | 9 |
| - Domaines d'activité de l'odontologiste médico-légal | 13 |
| - Différentes techniques d'estimation de l'âge | 14 |
| - Définition de la problématique | 15 |
| o Complexité des méthodes | 15 |
| o Estimation problématique selon la classe d'âge et selon la technique | 16 |
| o Objectifs à atteindre | 17 |
| | |
| 1. MATERIEL ET METHODE : | 19 |
| | |
| 1.1. Matériel : | 20 |
| 1.1.1. Echantillon | 20 |
| 1.1.2. Interrogatoire des patients | 20 |
| 1.1.3. Examens tomodensitométriques | 21 |
| 1.1.4. Outils statistiques | 22 |
| | |
| 1.2. Méthode : | 22 |
| 1.2.1. Indice parodontal | 22 |
| 1.2.2. Mesure de l'alvéolyse | 23 |
| 1.2.3. Variables individuelles et comportementales | 23 |
| 1.2.4. Echantillons | 24 |
| 1.2.5. Méthode | 25 |
| 1.2.6. Analyses statistiques | 25 |

| | |
|---|-----------|
| 2. RESULTATS : | 29 |
| 2.1. Faisabilité des mesures | 30 |
| 2.2. Analyse descriptive | 30 |
| 2.2.1. Echantillon d'apprentissage (sexe, âge) | 30 |
| 2.2.2. Alvéolyse | 32 |
| 2.2.3. Caractéristiques individuelles et comportementales | 36 |
| 2.3. Lien entre alvéolyse et sexe | 39 |
| 2.4. Liens entre alvéolyse et variables individuelles et comportementales | 40 |
| 2.5. Modélisation de l'âge | 41 |
| 2.5.1. Estimation de l'âge à partir du niveau d'alvéolyse | 41 |
| 2.5.2. Estimation de l'âge à partir du niveau d'alvéolyse, ajusté sur différents facteurs socio-démo-épidémiologiques. | 42 |
| 2.6. Validation des modèles | 45 |
| 2.7. Optimisation des modèles | 46 |
| 2.8. Applications des modèles | 49 |
| 2.8.1. Modèle 1 : collections ostéologiques | 49 |
| 2.8.2. Modèle 2 : modèle complet sur une population contemporaine | 49 |
| 3. DISCUSSION | 51 |
| 3.1. A propos de la méthodologie | 52 |
| 3.2. A propos des données épidémiologiques | 54 |
| 3.2.1. Population | 54 |
| 3.2.2. Niveau d'alvéolyse | 55 |
| 3.2.3. Données individuelles et comportementales | 57 |
| 3.3. Effet des variables individuelles et comportementales sur le lien alvéolyse/âge | 63 |
| 3.4. Discussion sur les modèles de prédiction de l'âge | 67 |

| | |
|--|-----------|
| 3.5. Discussion sur les applications des 2 modèles : | 73 |
| 3.5.1. Discussion sur l'application du modèle « simple » | 73 |
| 3.5.2. Discussion sur l'application du modèle « ajusté » | 74 |
| 4. AUTRES PERSPECTIVES | 75 |
| 4.1. Matériel et méthode | 75 |
| 4.1.1. Matériel | 75 |
| 4.1.2. Méthode | 76 |
| 4.2. Résultats | 79 |
| 4.2.1. Faisabilité des mesures | 79 |
| 4.2.2. Analyse descriptive | 79 |
| 4.2.3. Lien entre alvéolyse et âge | 81 |
| 4.2.4. Lien entre alvéolyse et variables individuelles et comportementales | 82 |
| 4.2.5. Modélisation de l'alvéolyse | 83 |
| 4.2.6. Validation des modèles prédictifs | 84 |
| 4.3. Discussion | 84 |
| 4.3.1. Caractéristiques de l'échantillon | 84 |
| 4.3.2. Effets des facteurs individuels et comportementaux sur l'alvéolyse | 85 |
| 4.3.3. Prédiction de l'alvéolyse | 86 |
| CONCLUSION | 88 |
| BIBLIOGRAPHIE | 92 |
| ANNEXES | 98 |

ETAT DE LA QUESTION

ETAT DE LA QUESTION

Les problèmes d'identification, dont la détermination de l'âge est un aspect prépondérant, représentent une part importante de l'activité médico-légale que ce soit à la suite de la découverte d'un corps ou d'un squelette.

De nouvelles méthodes d'estimation de l'âge au décès ou d'un sujet vivant sont actuellement à la disposition des anthropologues (Baccino et *al.* 1999) mais l'apport de l'odontologie présente toujours un intérêt majeur (Haertig et *al.* 1985).

Si, pour la détermination du sexe, nous disposons, en général, de méthodes fiables, il en va différemment de l'estimation de l'âge particulièrement après l'âge de 20 ans. Les spécialistes se satisfont généralement des caractères de la croissance et du développement pour les sujets jeunes et des renseignements déduits des pathologies dégénératives chez les sujets plus âgés. En revanche, la détermination de l'âge des adultes de moins de 60 ans, par exemple, se révèle plus délicate et les méthodes anthropologiques disponibles présentent de nombreux biais.

Depuis plusieurs années un consensus se dégage sur la fiabilité des méthodes d'estimation de l'âge au décès des adultes. Les résultats, vis-à-vis des tests de validité des méthodes existantes, ont montré que les marqueurs de la sénescence du squelette humain (utilisés dans quasiment toutes les méthodes) sont variables et que cette variabilité doit être prise en compte dans l'élaboration d'une méthode d'estimation de l'âge.

Pour cerner avec précision l'information que constitue l'âge, il est donc nécessaire de comprendre les paramètres biologiques qui induisent les changements du squelette avec l'âge et de définir une méthode simple en essayant d'éliminer les biais identifiés dans les autres méthodes odontologiques. L'âge biologique subit une extrême variabilité entre les individus d'une même population ou entre les populations (Iscan, 1998). Ainsi l'estimation de l'âge chronologique ne peut être qu'imprécise.

Chez le sujet vivant, l'apparence physique et l'état de santé d'un individu ne correspondent pas toujours à son âge chronologique. L'âge biologique d'un individu se réfère à la situation d'un organisme, en fonction de la longévité potentielle qui lui reste. Certains individus subissent une sénescence plutôt lente, d'autres plus rapide (Schmitt, 2001).

Si les fonctions courantes de réparation sont moins bien contrôlées, cela induit une défaillance graduelle des fonctions physiologiques. Du fait de l'interaction entre le patrimoine génétique et le milieu environnant, la sénescence et son ampleur varient d'un individu à l'autre. Le statut

socio-économique, les habitudes de vie influencent la sénescence par la différence de nutrition, de développement et d'exposition à des facteurs iatrogènes (Milner *et al*, 2000).

On peut penser que les individus dont le potentiel somatique est supérieur ne présentent pas nécessairement un squelette « âgé » alors qu'au contraire, un individu jeune peut avoir un squelette paraissant plus « âgé ». La perte osseuse est donc variable entre les populations ; il faudra tenir compte des facteurs agissant sur la sénescence dans l'élaboration d'une formule d'estimation de l'âge ce qui n'est pas forcément le cas de celles existantes aujourd'hui.

En ce qui concerne les méthodes odontologiques, elles se basent également sur la sénescence du tissu dentaire, lui aussi variable et subissant l'influence de paramètres qui ne sont, par ailleurs, pas liés à l'âge (Mandojana *et al*, 2001). L'usure dentaire de l'émail est spécifique pour une population donnée selon ses habitudes alimentaires. La cavité pulpaire diminue avec l'âge par croissance continue de dentine secondaire ; or celle-ci est étroitement liée aux phénomènes pathologiques, notamment, la parodontolyse. Il faudra en tenir compte lors de l'élaboration d'un modèle.

Les écueils méthodologiques sont également à l'origine de l'insuffisance des modèles existants. La répétabilité et la reproductibilité de la méthode sont une condition indispensable ; elles doivent l'être pour n'importe quel observateur expérimenté ou non. Ces problèmes de lecture touchent un bon nombre de méthodes d'estimation de l'âge (Lynnerup *et al*, 1998).

Le deuxième impératif méthodologique est de travailler sur un échantillon de référence d'âge connu, d'analyser la relation entre l'âge chronologique et les indicateurs d'âge. Dans la plupart des méthodes, l'étude de corrélation se fait par le test statistique du coefficient de corrélation « r ». Ce test indique si la corrélation entre l'indicateur et l'âge est significative ou non. Lorsque cette technique statistique est utilisée, « r » doit être complété par un coefficient de détermination qui mesure la part réelle de l'âge sur l'indicateur soit « r² » (Schmitt, 2001). Pour que ceci soit valable, il faut que la distribution par âge soit la plus homogène possible.

En résumé, une nouvelle méthode odontologique d'estimation de l'âge du vivant ou au décès doit avant tout tenir compte des écueils mis en évidence dans les méthodes existantes.

Dans notre pratique quotidienne odontologique, nous sommes confrontés au problème de l'alvéolyse osseuse tant au niveau de nos diagnostics que de nos traitements. Cette manifestation de la sénescence nous a paru un bon support à l'élaboration d'une nouvelle méthode odontologique de l'estimation de l'âge dans un but d'application médico légale ou anthropologique. Chaque individu semble subir une perte osseuse à un rythme qui lui est propre, suggérant ainsi la même notion de variabilité humaine que celle évoquée

précédemment. Cet aspect du vieillissement vraisemblablement lié à l'âge nous est suffisamment familier et les facteurs qui vont influencer sa relation avec l'âge sont aussi bien documentés (Ramfjörd, 1993). Il nous permet de travailler sur le vivant avec des échantillons d'âge connus et d'effectifs suffisants qui procurent des structures d'âge relativement homogènes. Cet indicateur semble donc réunir un certain nombre d'avantages permettant de pallier les insuffisances des méthodes existantes et ouvrant la voie à une manière complémentaire d'estimation de l'âge.

Rappels histologiques

L'os alvéolaire va être le vecteur de notre étude. Il assure la liaison de l'organe dentaire au maxillaire. Il est d'une part relié à l'os basal et il reçoit d'autre part les fibres desmodontales dont l'autre extrémité est noyée dans le ciment radiculaire. (Borel, 1994)

Trois parties sont à distinguer :

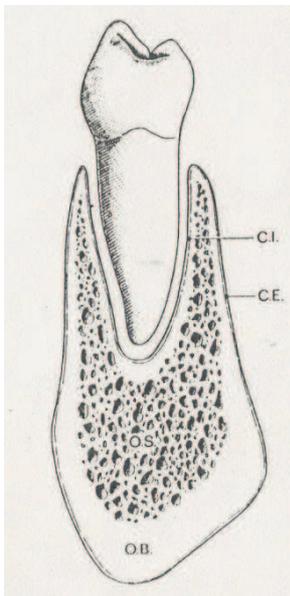


Fig. 1. : Structure des tissus osseux (selon Ramfjörd, édition Masson)

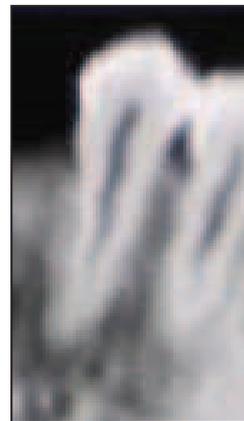


Fig. 2 : Image tomodynamométrique des structures parodontales

- ✓ La corticale externe : (CE) qui prolonge la corticale de l'os basal. Histologiquement, elle présente la même structure que l'os basal avec des lamelles accolées. En raison de remaniements constants qui interviennent, on note la présence d'ostéoclastes et d'ostéoblastes. Les ostéoclastes sont responsables de destructions cavitaires grossièrement

cyllindriques où s'organisent secondairement des lamelles concentriques autour d'un canal central constituant les systèmes de Havers.

- ✓ La corticale interne ou lamina dura : (CI) qui est percée d'orifices assurant le passage des vaisseaux sanguins et lymphatiques, forme la paroi de l'alvéole. Elle n'est pas recouverte de périoste.
- ✓ L'os spongieux : (OS) constitué d'espaces lacunaires séparés par des trabécules osseuses qui affectent une disposition propre à assurer la meilleure transmission des pressions directes ou indirectes exercées sur l'os.

L'os alvéolaire se transforme continuellement pour assurer la constance de ses rapports anatomiques avec les dents. L'apparition de lamelles osseuses au fond de l'alvéole compense l'éruption passive des dents qui est due à l'abrasion. Selon un processus identique, la face distale des alvéoles s'épaissit pour répondre, par exemple, à une migration mésiale.

A côté de sa capacité d'adaptation, l'os alvéolaire présente une certaine labilité ; toute irritation, tout phénomène iatrogène, traumatique ou hormonal entraînent une destruction parfois irréversible de cette structure.

Par ailleurs, le parodonte évolue selon un phénomène de vieillissement ; c'est un processus lent mais continu pendant toute la vie de l'individu. (Socransky *et al*, 1984) Ici encore, l'amplitude de l'involution varie selon les individus. Elle est toujours liée à des facteurs locaux ou généraux. (Paulander et Wennstrom, 2004)

Pour de nombreux auteurs (Greene et Suomi 1977 ; Greene, 1977 ; Kabasawa et Lavstedt, 1996 ; Russel, 1967), la prévalence et la sévérité de l'ostéolyse semblent augmenter avec l'âge pour être constante à l'âge mûr. De fait, il semble intéressant, dans un but de prévention et d'efficacité thérapeutique, de pouvoir réaliser des prédictions d'alvéolyse future.

Par ailleurs, la mise en évidence d'une relation entre alvéolyse et âge entraîne des perspectives intéressantes en anthropologie médico-légale dans l'estimation de l'âge d'une personne vivante ou décédée quelque soit l'état du corps.

Le vieillissement des tissus bucco-dentaires : caractéristiques et manifestations

Le parodonte évolue par un phénomène de vieillissement, processus lent mais continu pendant toute la vie de l'individu (Socransky *et al*, 1984). Après 40 ans, 64 % des patients ont perdu au moins 40 % de leur soutien osseux (Linden, 1988).

Mais l'amplitude de l'involution varie selon les individus : elle est toujours liée à des facteurs locaux ou généraux. (Paulander et Wennstrom, 2004)

Parmi les risques individuels, certains paramètres concernent des risques majeurs modifiables (tabagisme, mode de vie, hygiène bucco-dentaire) ou non modifiables (maladies systémiques et génétiques).

a) Facteurs comportementaux :

Les facteurs locaux sont les premiers facteurs aggravants du phénomène d'alvéolyse.

Il s'agit de restaurations dentaires inadaptées comme les couronnes ou les obturations débordantes qui favorisent l'accumulation de plaque dentaire et augmentent les risques d'agression de la gencive. Les problèmes occlusaux, les parafunctions et la présence de tartre conduisent aux mêmes conséquences.

Le tabac, en entraînant une mauvaise vascularisation de la gencive, influence l'apparition des premières lésions en diminuant les défenses immunitaires. De plus, le tabagisme en tant que facteur environnemental affecte l'initiation et la progression de la parodontite en fonction de la dose (le risque est considéré comme léger si la consommation par jour est inférieure à 5 cigarettes, le risque est qualifié d'élevé à partir de 20 cigarettes par jour). Les fumeurs semblent selon Machtei (1999) et Bolin (1986) subir une alvéolyse à progression plus rapide que les non fumeurs.

En ce qui concerne l'hygiène, toutes les conférences de consensus qui se sont réunies (Société Française de Parodontologie, American Academy of Periodontology, MGEN, ANAES, UFSBD) s'accordent à dire que l'alvéolyse résultant d'une atteinte inflammatoire d'origine infectieuse, fait intervenir une dizaine de souches bactériennes, avec une composante multifactorielle comprenant des facteurs exogènes

et des facteurs endogènes. L'élimination de la plaque et la maintenance parodontale ont une répercussion sur ce phénomène. (Dersot *et al*, 1986).

Une hygiène buccale déficiente est présentée par Russel (1967) et Greene (1977) comme un facteur irritatif affectant le parodonte.

Le stress s'avère influencer directement sur la qualité de la défense immunitaire.

La malnutrition semblerait avoir un rôle négligeable.

b) Facteurs génétiques ou systémiques

Les facteurs génétiques ou héréditaires sont l'un des premiers facteurs à influencer la résorption alvéolaire.

Le niveau de l'action sera multiple : il s'agit de défauts de fibroblastes et anomalies des tissus épithéliaux et conjonctifs, des déficiences de la phosphatase alcaline, des défauts fonctionnels des polymorphonucléaires et des excès de production des cytokines (Gibert *et al*. 2003).

Les facteurs congénitaux interviennent directement, comme dans le syndrome de Papillon-Lefèvre ; celui-ci se traduit par une kératite palmo-plantaire marquée, mais aussi par une forme de parodontite destructrice progressant particulièrement vite chez les adolescents. Mais ces facteurs ont aussi une influence apparemment indirecte. La susceptibilité à diverses maladies est contrôlée par des gènes. On pense que le HLA de classe II joue un rôle dans la susceptibilité aux parodontites, chez l'Homme. Plus spécifiquement, les HLA-DR4 et DQ3 exprimés par les monocytes du sang périphérique sont associés à une susceptibilité accrue à ces maladies. (Reinhardt RA *et al*, 1991).

Certains médicaments ont des effets indésirables, comme par exemple certains anxiolytiques, qui vont entraîner une sécheresse buccale et une baisse de vigilance favorisant une mauvaise élimination de la plaque. Ils perturbent le métabolisme tissulaire ou le fonctionnement du système immunitaire et rendent certains sujets plus vulnérables aux agressions bactériennes parodontales.

Les classes de médicaments qui engendrent des perturbations du parodonte sont :

- les antiépileptiques de type Phénytoïne (Daly, 1992),
- la nifédipine, antagoniste du calcium (famille des dihydropyridines),
- la cyclosporine (Fu *et al*, 1999).

L'activité hormonale et plus précisément le niveau d'imprégnation hormonale est le facteur essentiel évalué lors de l'interrogatoire du patient. Pour Sooriyamoorthy et Gower (1989), les corticostéroïdes, les androgènes, les œstrogènes et la progestérone influent sur les tissus gingivo-dentaires.

Certains autres auteurs ont démontré une sensibilité accrue du parodonte aux bactéries et autres agents irritatifs pendant la grossesse (Hugosson, 1970). Il existe une corrélation entre les scores parodontaux et le taux de progestérone dans le sang pendant la gestation. L'augmentation induite de la perméabilité des capillaires sanguins gingivaux serait la cause de cette sensibilité.

D'autres études épidémiologiques considèrent les changements de la puberté et de la ménopause comme des facteurs associés (Curilovic *et al*, 1977).

En outre, d'autres travaux concluent à une influence positive du traitement substitutif hormonal sur l'alvéolyse et sur la perte d'attache. (Ronderos *et al*, 2000 ; Viale, 2003) Selon Borel (1994), certaines maladies systémiques peuvent créer une perturbation de la sécrétion d'hormones, jouer un rôle dans le métabolisme du calcium (parathyroïdes, surrénales, thyroïde) ou entraîner des carences en vitamine A, C et D (arrêt de l'ostéogénèse). Ces facteurs sont, cependant, rarement retrouvés chez les patients.

En ce qui concerne les désordres circulatoires, Renvert et Ohlsson (2004) ont mis en évidence une association entre parodontopathies et maladies cardiaques. Les maladies du système cardiovasculaire peuvent entraîner, lorsqu'elles sont mal compensées, des modifications de la vascularisation locale par ischémie. Eisenman et Johnson (2005) notent une réduction proportionnellement à l'âge de la circulation artérielle périphérique en relation avec la perte osseuse et dentaire.

Pour Borel (1994), les troubles endocriniens peuvent être responsables d'une perturbation dans le métabolisme du calcium, de carences en certaines vitamines qui provoquent un arrêt de l'ostéogénèse ainsi que d'une sensibilité accrue aux infections, aux attaques bactériennes et des ischémies.

Pour les sujets atteints de diabète, la destruction parodontale chez l'Animal apparaît plus rapide mais chez l'Homme les effets de la maladie sont moins tranchés. Une étude démontre qu'à long terme les malades présentent davantage de poches profondes que des témoins du même âge (45 ans). Une autre étude montre que l'accumulation de tartre est identique mais que la destruction parodontale est supérieure chez les malades au bout de 3 ans. Il existe un désaccord sur l'association de la sévérité de la maladie endocrine avec la sévérité de la parodontite. Bien que des modifications de la vascularisation, du métabolisme du collagène, de la flore buccale ou un défaut immunitaire aient été évoqués isolément ou de concert, le premier facteur étiologique de ces parodontites est inconnu. De plus, le chimiotactisme, la phagocytose, la bactéricidie et la collagénolyse sont altérés dans les neutrophiles des diabétiques. Il semblerait que dans le diabète juvénile la parodontite soit associée au défaut de chimiotactisme des polynucléaires. La flore buccale des diabétiques subit aussi des changements ; il semble que les *Campylobacter* soient prédominants, mais d'autres études ont fait état de la présence de staphylocoques et de *Klebsiella* (Ionescu et al 2004).

Selon les données fournies par la littérature, il existe peu de corrélations prouvées entre alvéolyse et pathologies respiratoires. Quelques cas d'association entre perte osseuse et obstructions chroniques du poumon ont été enregistrés (Garcia et al, 2001). La bronchite chronique est la forme la plus commune d'obstruction pulmonaire chronique. Le tabac en est généralement le facteur responsable bien que l'exposition prolongée à une pollution de l'air ou à des toxines puisse représenter une cause.

Pour les pathologies de type inflammatoires, il faut évoquer les affections intestinales inflammatoires favorisant des hyperplasies gingivales et des attaques à progression rapide du parodonte (Colella et Riegler, 1999). Les sarcoïdoses engendrent des hypertrophies et des ulcérations gingivales ou des parodontites mais l'association avec une altération du chimiotactisme des leucocytes est floue. Des hyperplasies gingivales et des parodontites à progression rapide ont été décrites chez ces malades atteints d'affections intestinales inflammatoires. Une altération du chimiotactisme des neutrophiles a été signalée, de même qu'un abaissement de leur contenu en lysozyme ; certains ont cependant noté une hyperactivité de ces cellules.

Des gingivites et des ulcérations gingivales sont également signalées sur des malades atteints de polyarthrite rhumatoïde ; un élargissement du desmodonte est noté dans des sclérodermies et une forme de parodontite dans le syndrome de Sjögren. Enfin, les granulomatoses de Wegener sont à l'origine de lésions gingivales ressemblant aux granulomes pyogéniques multiples. Elles touchent plusieurs papilles inter-dentaires et peuvent provoquer une érosion rapide de l'os sous-jacent ; les lésions parodontales peuvent apparaître en premier dans cette maladie (Parsons *et al*, 2008).

Domaine d'activité de l'anthropologue médico-légal

La mission d'expertise médico-légale repose sur les causes, la date du décès et l'identification du cadavre : c'est dans ce dernier cadre que l'odontologiste intervient. L'odontologie trouve son intérêt majeur en identification reconstructive, dans les situations de découvertes de restes humains putréfiés, décomposés, carbonisés, squelettisés ou fragmentés. La nécessité de « reconstituer » l'individu au travers de méthodes de détermination de l'âge au décès et du sexe trouve sa justification dans les techniques de cette spécialité.

| | | MISSION D'EXPERTISE | |
|--|---|----------------------------|--|
| | | Identification comparative | Identification reconstructive |
| Cadavre - ancien ou contemporain - individuel ou collectif - en milieu ouvert ou fermé | Identité inconnue (putréfiés, décomposés, carbonisés, squelettisés ou fragmentés) | | - Âge ++++ - Sexe ++ si fragment dentaire uniquement disponible |
| | Identité présumée | | - Âge + - Sexe En complément des méthodes anatomiques |

Possible

Impossible

Fig. 3 : *Activité médico-légale de l'odontologiste*

Les techniques de détermination de l'âge

Lorsque les éléments humains à examiner n'ont pas d'identité supposée, en présence de sépultures collectives (charniers), de catastrophes de masse ouvertes (tremblements de terre, séismes) ou fermées (crash aérien), le but est de collecter les éléments identifiants.

L'âge est le critère le plus difficile à déterminer.

Le degré de difficulté dépend des circonstances, c'est-à-dire de la dégradation du corps mais aussi de la tranche d'âge à laquelle appartient l'individu.

Le matériel résistant le mieux aux agressions (taphonomiques, thermiques..) est la dent.

Les différentes techniques odontologiques existantes d'estimation de l'âge dépendent de la maturation générale de l'individu.

- a) Chez l'Enfant et l'Adolescent, la détermination de l'âge est basée essentiellement sur des planches comparatives de stade d'éruption (méthodes de Fortier et Ubelaker) ou sur des calculs à partir des stades de maturation dentaire (méthode de Demirjian).

Les techniques nécessitent en sus d'un examen externe, des radiologies (panoramiques dentaires) et des documents relatifs à des populations de référence ; le sexe et très probablement le milieu socio-économique jouent un rôle non négligeable.

Pour l'étude des stades d'éruption, nécessitant l'identification des dents déciduales et permanentes, quelques repères notables sont les premières dents de lait (incisives) vers 6 mois, la première dent définitive (1^{ère} molaire) vers 6 ans et l'ensemble des dents définitives, sauf dents de sagesse, vers 12 ans (l'éruption de toutes les dents étant effective vers 21 ans).

L'étude du stade de formation dentaire se fait au niveau de la couronne, de la racine, mais aussi de l'apex (souvent en leur attribuant à chacun un score par rapport à des tables et schémas de référence, différents suivant le sexe : méthode de Demirjian). La moyenne de scores sur plusieurs dents améliore la précision de l'évaluation.

Pourtant, les méthodes « osseuses » basées sur l'apparition et le stade de fusion épiphysaire restent fiables - notamment l'humérus proximal, la tête du fémur, la partie distale du radius, la crête iliaque antérieure et la clavicule (extrémité interne) - car ce sont celles qui fusionnent en dernier entre 16 et 25 ans (planches de Greulich et Pyle pour le poignet et Tanner et Whitehouse pour l'ensemble des os). Il faut tenir compte de la différence de vitesse de fusion en fonction du sexe.

- b) Chez l'Adulte, la détermination de l'âge peut être faite à partir de l'examen des sutures crâniennes. En ce qui concerne l'odontologie, différentes méthodes sont proposées allant de la méthode au double critère de non destruction et de non préparation de la dent (Lamendin) jusqu'à certaines qui évaluent plus de dix variables, et nécessitent section de la dent, examen microscopique, voire équipement radiographique (Gustafson, 1947). L'étude du taux de racémisation de l'acide aspartique extrait de la dentine a été utilisée de façon plus ancienne que pour l'os et semble un indicateur intéressant de l'âge ; quoique les difficultés pratiques de réalisation de cette méthode en limitent sa diffusion.

Définition d'une problématique

a. Complexité des méthodes :

Chez le sujet de moins de 20 ans, l'évaluation de l'âge se faisant essentiellement sur le stade d'éruption dentaire, il devient difficile d'apprécier l'âge dentaire après 12 ans ; d'autre part, l'âge d'éruption de la dent de sagesse présente un haut niveau de variabilité. Si on se base sur l'étude de la calcification dentaire, la méthodologie devient complexe et nécessite des observations subjectives (début de minéralisation, d'éruption, formation complète de la couronne et de la racine...) ainsi que des comparaisons à des tables de référence. Pour les études histologiques, les coupes fines des dents (150 μ) sont nécessaires ; les difficultés techniques sont importantes.

Chez l'Adulte, les méthodes odontologiques les plus utilisées sont celles de Gustafson et de Lamendin.

Celle de Gustafson (1947) met en jeu plusieurs variables dont l'observation peut être aléatoire, nécessite une préparation des dents impliquant le sacrifice de l'organe et des moyens techniques complexes et coûteux (section, examen microscopique).

Elle est basée sur l'étude de 6 critères histologiques : l'usure des faces occlusales, l'état du parodonte, l'apposition de dentine secondaire dans la cavité pulpaire, l'apposition cémentaire, la résorption radiculaire et la transparence radiculaire.

Pour celle de Lamendin (1981), la méthode est plus simple, plus rapide et non destructrice ; mais elle repose entre autre, sur la mesure d'une variable, là encore

aléatoire, la transparence radulaire mesurée à partir de l'apex et sur celle de la hauteur de parodontolyse.

b. Estimation problématique selon la classe d'âge et selon la technique :

- Chez l'Enfant et l'Adolescent, l'exploitation de la maturation dentaire pour la détermination de l'âge repose sur la chronologie d'apparition des dents déciduales et définitives. Cet examen se fait de façon immédiate sur le cadavre squelettisé, il pourra en revanche être nécessaire de procéder à une exérèse des maxillaires en cas de persistance des parties molles de la face. Chez le sujet vivant, l'examen se fera radiologiquement (orthopantogramme).

Ces techniques permettent à un opérateur entraîné de déterminer l'âge osseux ou dentaire d'un individu à plus ou moins 6 mois ; certains auteurs critiquent néanmoins leur utilisation au motif que l'âge osseux ou dentaire ne correspondrait pas nécessairement à l'âge chronologique de l'individu (variations en fonction des facteurs nutritionnels et environnementaux) (Jousset *et al.* 2006).

- Chez l'Adulte, l'estimation de l'âge se fait, non plus à l'aide de marqueurs de la croissance ou de la maturation, mais à l'aide de marqueurs dégénératifs.

Les techniques odontologiques sont surtout basées sur un examen morphométrique des dents monoradiculées (Gustafson, Lamendin).

Il faut retenir que ces techniques sont nettement moins précises que celles utilisables lors de l'enfance ou l'adolescence.

La méthode de Gustafson, déjà critiquée pour sa difficulté de mise en œuvre, est également remise en cause en raison d'un manque possible de fiabilité de la courbe de régression proposée. (Lucy et Pollard, 1995).

La méthode de Lamendin est une méthode plus facile mais ne permet une estimation fiable que pour les adultes de plus de 40 ans (Lamendin *et al.*, 1990) jusqu'à 69 ans (erreurs moyennes inférieures à 10 ans).

Il est de plus démontré que cette méthode surestime l'âge des sujets jeunes et sous-estime celui des sujets âgés en cas de maladies parodontales installées (Foti *et al.*, 2001).

Chacune des techniques utilisées dans cette tranche d'âge a une marge d'erreur qui lui est propre. C'est ici que l'estimation d'âge est la plus problématique.

- Chez le sujet âgé, les techniques de détermination de l'âge sont jusqu'à présent demeurées extrêmement décevantes. La chronologie des processus dégénératifs affectant le squelette ou les tissus mous est en effet très variable d'une personne à l'autre.

Les parodontologistes ont par ailleurs montré que chez les sujets ayant une parfaite hygiène dentaire, il n'existe que peu de perte d'attache. Les erreurs de sous-estimation sont possibles dans la technique de Lamendin chez les sujets âgés à très bonne hygiène (Jousset *et al.* 2006).

c. **Objectif à atteindre :**

Le domaine de l'identification médico-légale a connu un fort développement ces dernières années avec l'apparition de nouvelles techniques et la création de nombreux projets de recherche. Ceci est le résultat d'une augmentation des exigences sur le plan de la précision des identifications et de la quantité de celles-ci (conflits modernes en Afrique de l'ouest, dans les Balkans, terrorisme, catastrophes naturelles, découverte de sépultures de masse militaires anciennes comme Vilnius, Kaliningrad), ou d'épidémies notamment de peste (Vieille Charité à Marseille, Martigues).

Les enjeux sont de fournir des techniques simples, rapides, les moins onéreuses possibles tout en augmentant leur fiabilité.

Actuellement, les principaux obstacles observés sont à la fois techniques, comme nous l'avons vu au chapitre précédent, mais aussi éthique : limitation des prélèvements sur cadavre (loi bioéthique).

L'estimation de l'âge à partir du niveau d'alvéolyse, semble séduisante si on est en mesure de travailler sur la dent et l'os alvéolaire, uniquement, en nous affranchissant de la composante gingivale. Ainsi la méthode proposée pourrait être utilisée par mesure directe sur radiographie, dans un contexte d'anthropologie funéraire ou d'anthropologie médico-légale.

Si le mécanisme de l'alvéolyse a déjà été mis en évidence par de nombreux auteurs à partir d'études longitudinales et transversales (Laurell et Romao, 2003 ; Page et Martin, 2003 ; Kelly, 1973 ; Norderyd, 1998), les protocoles utilisés étaient toujours lourds,

obligeaient à un examen clinique approfondi. Des mesures et examens cliniques (complétés de sondages parodontaux) étaient confrontés à des mesures radiologiques (rétro alvéolaires, bite wings, panorex) en utilisant des indices parodontaux connus (Persson et Hollender, 1998 ; Persson et Tzannetou, 2003)

Les données obtenues étaient collectées sur des bases informatiques et étaient exploitées par méthode statistique (Ramfjôrd, 1993 ; Russel, 1967 ; Renvert et Persson, 2004 ; Eickholz, 2004).

L'objectif de cette étude est de présenter un protocole similaire au précédent mais simplifié.

Il s'appuie sur des techniques radiologiques modernes (TDM) qui s'affranchissent d'examen clinique mais sont également transposables à des mesures directes sur pièces squelettiques et n'exploitent pas les données gingivales (Papapanou et Wennstrom, 1989). Ce protocole a pour but de répondre aux questions précédemment exposées et de proposer un modèle d'estimation de l'âge simple, du niveau de précision au moins aussi performant que ceux existants, essentiellement pour les classes d'âges pour lesquelles l'estimation est la plus difficile (20/60 ans).

MATERIEL
ET
METHODE

I - MATERIEL ET METHODE

1.1. Matériel

1.1.1. Echantillon

L'étude a été menée sur une population de 500 sujets issus de consultations spontanées pour réhabilitation bucco-dentaire de type implantaire.

Le recueil des données s'est déroulé en cabinet dentaire dans le cadre d'un exercice privé et en milieu hospitalier.

Les séries provenaient de quatre zones géographiques différentes afin d'obtenir une image de la région marseillaise. Les répartitions dans chaque zone n'ont pas été équitables mais basées, uniquement sur l'effectif de patients disponibles.

Les tranches d'âge, de pathologie générale ou bucco-dentaire et de niveau socio-économique n'ont donc pas été sélectionnées.

1.1.2. Interrogatoire des patients

Un questionnaire approfondi (**annexe 1**) est nécessaire lors de toute consultation odontologique dans un but aussi bien thérapeutique que médico-légal. Dans le cadre de cette étude, nous avons choisi un questionnaire administré en face à face permettant, par ailleurs, le consentement éclairé du patient. Les items relevés ont eu pour but de caractériser l'alvéolyse de la population étudiée.

Il a permis de collecter :

- des données administratives : âge, état civil, adresse, profession,
- les pathologies bucco-dentaires et générales déclarées dont le patient était atteint,

- les habitudes comportementales c'est-à-dire l'hygiène, le tabagisme.

Les aspects biologiques tels que la génétique et l'immunité n'ont pas pu être pris en compte lors d'un interrogatoire clinique classique et ne sont pas intervenus dans ce travail. Les patients ayant une pathologie parodontale et ceux ayant arrêté de fumer depuis moins de 2 ans n'ont pas été inclus dans l'étude.

Les patients examinés étaient donc indemnes de maladies parodontales ou ont été traités à ce stade.

1.1.3. Examens tomodensitométriques

L'étude a été réalisée à partir de planches tomodensitométriques des maxillaires (TDM) prescrites dans un but pré-implantaire. Les patients, au moment de l'examen, n'étaient pas édentés et n'avaient pas subi de soins bucco-dentaires. Il s'agissait d'une situation clinique à un instant « t » sans aucune sélection du patient, ni du traitement.

Les clichés ont été issus de différents services de radiologie et ont tous été de type Dentascan.

La TDM est capable de donner des images des structures alvéolaires de très bonne qualité sans superposition. En effet, Schuller *et al.* (1993) ont examiné 10 patients atteints de parodontite marginale profonde par des méthodes classiques et par des TDM. La comparaison a montré une très nette supériorité de la TDM en ce qui concerne les pertes alvéolaires. L'absence de superposition donne une excellente définition des racines et de l'os alvéolaire. Bien que la définition de l'image soit inférieure à celle des techniques traditionnelles (rétro-alvéolaire, panoramique dentaire), la TDM évaluant la perte osseuse et la profondeur d'attache est suffisamment précise. Par contre, la dose d'irradiation est supérieure. Les nouvelles générations d'appareils la minimisent cependant. Nous avons retenu l'avantage de pouvoir disposer d'un rapport 1/1, permettant une mesure directe sur film, et l'absence de déformations.

1.1.4. Outils statistiques

Les données ont été recueillies sur un tableau Excel ® et exploitées par les logiciels statistiques SAS® et SYSTAT 8.0®.

1.2. Méthode

Des études longitudinales estimant la valeur de l'alvéolyse ont été réalisées grâce à l'utilisation d'indices parodontaux (Jansson *et al*, 2002) : ceux de Russel (1967) et Ramfjörd (1993) sont les plus connus. Des investigations radiologiques venaient compléter le matériel d'étude (Charpentier et François, 1974) : c'étaient généralement des panoramiques dentaires, des radiologies rétro alvéolaires ou bite wings et des TDM. Les mesures directement effectuées sur le film ou numérisées donnaient un bon niveau de précision (Kullman, 1995).

Nous avons retenu cette méthodologie de mesure sur film validée dans la littérature pour mener notre recherche, en optant pour des TDM de type dentascan.

La banque de données a donc été constituée de variables individuelles et comportementales, obtenues à partir de l'interrogatoire des patients et de mesures du niveau d'alvéolyse effectuées sur radiographies.

1.2.1. « Indice parodontal »

Pour évaluer le niveau d'alvéolyse de chaque individu, nous avons créé un indicateur moyen de la résorption osseuse.

Parmi les indices parodontaux utilisés en odontologie, l'indice de Ramfjörd dont Rams *et al* (1993) ont démontré la fiabilité, précise la perte d'attache, n'est pas réversible et est évalué à partir de 6 dents seulement : 16, 21, 24, 36, 41, 44 (la dent distale étant prise en compte en cas d'absence d'une d'entre elles).

L'évaluation avec un nombre restreint de dents a donné une approximation satisfaisante du niveau de résorption des maxillaires. (Marthaler et Engelberger, 1971)

L'indice parodontal a donc été construit à partir de mesures effectuées sur ces 6 dents.

1.2.2. Mesure de l'alvéolyse

Les mesures ont été effectuées avec un pied à coulisse digital d'une précision de 0,01 mm ; son amplitude permettant des mesures entre 0 et 150 mm.

La distance jonction émail ciment/sommet de la crête osseuse au niveau mésial et distal des 6 dents de Ramfjörd a été directement mesurée sur les coupes panoramiques des tomodensitométries. Les valeurs ont été relevées sur un tableau Excel©. La moyenne des 12 mesures nous a donné le niveau d'alvéolyse de chaque sujet.

1.2.3. Variables individuelles et comportementales

L'âge pour chaque sujet a été calculé en années (exprimées au centième), en fonction de la date de naissance et de la date de l'examen.

Le sexe a également été relevé et ordonné en 1 pour les hommes et 2 pour les femmes.

Devant l'aspect multifactoriel de l'influence hormonale, nous avons choisi d'utiliser l'entité « imprégnation hormonale » développée par Viale (2003). Cette variable dans sa cotation 1 a regroupé les femmes non ménopausées ayant une activité hormonale physiologique.

La cotation 2 a regroupé les femmes en période péri ménopausique ayant des perturbations de la sécrétion hormonale ou les femmes sous hormonothérapie substitutive.

La cotation 3 a regroupé les femmes ménopausées sans traitement hormonal substitutif ou souffrant de perturbations importantes de la sécrétion hormonale (ostéoporose) et symptômes calorifères.

Pour l'analyse, nous avons regroupé en 0 les patientes ayant une imprégnation hormonale naturelle ou substitutive (cotation 1 et 2) et en 1 les patientes ménopausées sans traitement (cotation 3) ; les hommes n'ayant pas été, bien entendu, pris en compte.

Le patient a été questionné sur la fréquence des brossages, le nombre de visites annuelles chez le dentiste, la présence de saignement gingival et la présence de tartre. Les poches parodontales et dentisterie iatrogène ont été estimées sur les TDM. L'ensemble a permis de classer en 1 les patients qui avaient une hygiène correcte et une absence de dentisterie iatrogène, en 2 une hygiène moyenne ou l'existence d'une dentisterie iatrogène et en 3, une mauvaise hygiène associée à une dentisterie iatrogène.

L'habitude tabagique a été prise en compte : les fumeurs ont été classés en 1 et les non fumeurs en 0.

De plus nous avons établi une classification ordinale de la sévérité du tabagisme ; les non fumeurs ont été cotés en 0, ceux fumant entre 1 et 4 cigarettes par jour en 1, entre 5 et 9, en 2 et plus de 10, en 3.

Nous avons également regroupé les patients ayant une mauvaise hygiène (cotation 3) et les fumeurs (cotation 1, 2, 3) afin de créer une entité booléenne nommée « pathologie comportementale », cotée 1 en présence et 0 en l'absence des critères.

Lorsque le patient ne prenait aucun des médicaments cités en introduction, il était noté 0 et 1 s'il en prenait au moins un.

La pathologie endocrinienne a été cotée 0 ou 1 selon son absence ou son existence de même que pour les troubles circulatoires, les obstructions pulmonaires chroniques et les affections intestinales inflammatoires.

1.2.4. Echantillons

- 500 TDM ainsi que les questionnaires médico-administratifs des patients correspondants ont été inclus dans l'étude, constituant l'échantillon d'apprentissage pour la modélisation et la validation,
- 30 TDM tirées au sort parmi les 500 TDM ont constitué l'échantillon de faisabilité,

- un 3^{ème} échantillon d'application a été constitué de 50 TDM, indépendants des 500 TDM précédentes, documentées, d'âge et de sexe connus,
- un 4^{ème} échantillon d'application a été constitué par 32 crânes de séries anciennes, complets, dentés et d'âges estimés connus.

1.2.5. Méthode

1°) Sur l'échantillon de faisabilité, les mesures mésiales et distales des 6 dents de Ramfjörd ont été effectuées aléatoirement à 2 reprises par 2 observateurs différents.

2°) Sur le 1^{er} échantillon (échantillon d'étude), les mesures d'alvéolyse ont été réalisées en mésial et en distal des 6 dents de Ramfjörd, puis moyennées. Les différents critères énumérés selon les cotations précisées précédemment ont été également relevés afin de mettre en évidence les liens entre l'alvéolyse et ces critères, de modéliser l'alvéolyse et de valider la ou les modélisations éventuelles.

3°) Une application des modélisations obtenues a été menée à la fois sur les échantillons de validation, contemporain et ancien.

1.2.6. Analyses statistiques

○ Analyse descriptive :

L'analyse descriptive a permis de décrire la population étudiée, de faire ressortir la variabilité des données qui y sont associées. Ces données ont été sélectionnées à partir des références bibliographiques (Ramfjörd, 1993), et l'absence de colinéarité entre les variables explicatives vérifiées lors de l'élaboration du modèle.

▪ Tris à plat :

La fréquence des items qualitatifs validés dans la littérature comme étant des facteurs associés au phénomène d'alvéolyse (sexe, imprégnation hormonale, hygiène, tabagisme, pathologies

comportementales, drogues et médicaments, troubles endocriniens, troubles circulatoires, obstruction pulmonaire chronique, affection inflammatoire chronique) a été calculée.

La moyenne des items quantitatifs (âge, alvéolyse) a, par ailleurs, été réalisée.

▪ **Tris croisés :**

Nous avons effectué différentes analyses multivariées :

1. Faisabilité des prises de mesures :

Les 2 séries de mesures mésiales et distales des 2 observateurs ont été testées par une analyse de variance à 2 facteurs croisés pour tester les mesures intra et inter observateurs.

2. Un lien entre alvéolyse et sexe a été recherché par comparaison de moyennes (test de Student pour échantillons indépendants) et test de corrélation de Pearson.

3. Nous avons ensuite testé les liens entre alvéolyse et âge selon les différents critères relevés : sexe, imprégnation hormonale chez les femmes, hygiène, tabagisme, pathologie comportementale, prise de médicaments, pathologie endocrinienne, pathologie circulatoire, pathologie respiratoire, pathologie inflammatoire intestinale chronique.

4. Modélisation :

- En fonction de « l'indice parodontal » obtenu à partir des 500 mesures mésiales et distales des 6 dents de Ramfjörd, nous avons établi 2 formules de prédiction en fonction de l'alvéolyse uniquement et ajusté sur les différentes variables individuelles.

- Afin d'étudier la relation entre l'alvéolyse et l'âge, nous avons appliqué un modèle de régression par la méthode des moindres carrés ordinaires.

5. Validation et optimisation des modèles :

- Nous avons déterminé différentes classes d'âge afin de mettre en évidence celles pour lesquelles la prédiction est plus précise

L'échantillon a été divisé en 10 classes : 9/18 ans, 18/24 ans, 25/29 ans, 30/34 ans, 35/39 ans, 40/44 ans, 45/49 ans, 50/54 ans, 55/59 ans, 60 ans et plus.

- Pour chaque classe d'âge considérée, une étude comparative de 3 indicateurs a été menée à partir du MAE, du RMSE et du MAPE :

- ✓ Le MAE (Mean Absolute Error) étant l'erreur absolue moyenne, quantité utilisée pour mesurer l'erreur de prédiction ; comme son nom l'indique, l'erreur absolue moyenne est une moyenne des différences entre la valeur estimée et la valeur mesurée,
- ✓ Le RMSE ((Root Mean Square Error) étant la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne qui permet de quantifier la différence entre un estimateur et la vraie valeur de la quantité étant estimée,
- ✓ Le MAPE (Mean Absolute Percentage Error) étant l'erreur moyenne absolue exprimée en pourcentage.

Ces indicateurs se sont basés sur les résidus issus des différents modèles de régression et ont été définis comme suit :

$$\forall j \in \{1, 2, \dots, 10\}$$

J : classe d'âge

$$MAE_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} |y_i - \hat{y}_i|$$

$$RMSE_j = \sqrt{\frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

$$MAPE_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}$$

où n_j désigne l'effectif de la $j^{\text{ième}}$ classe d'âge

Une lecture concordante de ces trois indices nous a permis une analyse précise de la performance du modèle.

Les indices ont été calculés sur chaque classe d'âge et sur chacune des 2 formules permettant éventuellement de conclure à la formule de meilleure prédiction.

- L'optimisation finale des formules a été obtenue par la technique du Bootstrap, créant 5 000 échantillons issus d'un tirage aléatoire avec remise de 500 individus parmi 500.

Les 3 indicateurs ont été recalculés pour chacune des 10 classes d'âge sur l'échantillon « Bootstrapé ».

Nous avons ainsi, obtenu 2 nouveaux modèles de prédiction optimisés assortis de leur niveau de précision en fonction de la tranche d'âge.

6. Applications des modèles :

L'application des 2 modèles a été effectuée sur l'échantillon contemporain et les résultats analysés par une comparaison des moyennes appariées.

L'application du modèle simple a été effectuée sur l'échantillon ancien (en l'absence de documentation comportementale des cas). Une comparaison des bien et mal classés a été faite par rapport à leur classe d'âge estimée.

RESULTATS

II - RESULTATS

2.1. Faisabilité des mesures

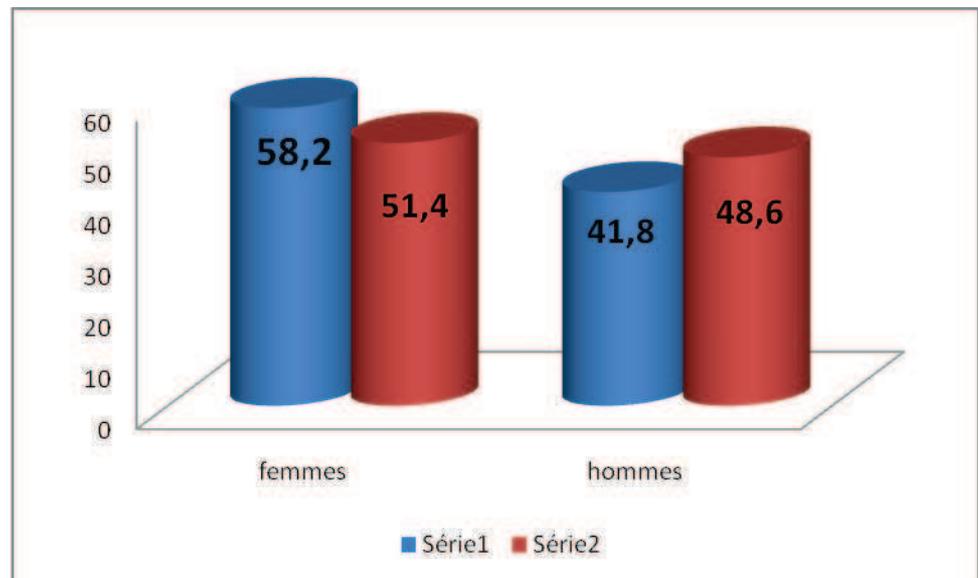
L'analyse de variance à 2 facteurs croisés n'a pas mis en évidence de différence significative intra et inter observateurs (ANOVA ; $p=0,96$). La technique de mesure était donc répétable et reproductible.

2.2. Analyse descriptive

2.2.1. Echantillon d'apprentissage (sexe, âge)

Le sex-ratio des 500 TDM et questionnaires des patients de l'échantillon d'apprentissage était de 1,39 en faveur des femmes.

(Annexe 2)



Série1= échantillon d'étude
Série 2=population française

Fig.6 : Répartition par sexe de l'échantillon par rapport à la population française (Hescot et al, 1997)

L'âge des sujets de l'échantillon était compris entre 9 à 88 ans avec une moyenne à 47,39 ans et une médiane à 48,87 ans, les 25^{ème} et 75^{ème} percentiles se situant respectivement à 35,7 ans et à 59,1 ans.

| percentiles | AGE |
|-------------------|-------|
| 25 ^{ème} | 35,69 |
| 50 ^{ème} | 48,87 |
| 75 ^{ème} | 59,11 |

Tab.7 : Répartition des moyennes d'âge selon les percentiles

L'échantillon a été dichotomisé en 10 classes d'âge : les moins de 18 ans, les 18/25 ans puis à partir de 25 ans, en 7 classes d'âge de 5 ans et enfin, les plus de 60 ans.

| Classe d'âge | Numéro de la classe d'âge j | N |
|--------------|-------------------------------|-----|
| < 18 | 1 | 15 |
| [18 ; 25[| 2 | 30 |
| [25 ; 30[| 3 | 36 |
| [30 ; 35[| 4 | 39 |
| [35 ; 40[| 5 | 47 |
| [40 ; 45[| 6 | 44 |
| [45 ; 50[| 7 | 53 |
| [50 ; 55[| 8 | 70 |
| [55 ; 60[| 9 | 51 |
| >60 | 10 | 115 |

Tab.8 : Effectifs par classe d'âge

Entre 25 et 45 ans, le pourcentage d'individus a été à peu près équilibré pour chaque classe d'âge (entre 7 et 9%). Il a été observé un pourcentage plus important entre 45 et 55 ans.

La répartition par sexe a montré au sein de chaque classe d'âge une représentation des femmes plus importante comme pour le sex-ratio de l'échantillon à l'exception des classes d'âge 30/35 ans, des 45/50 ans et des plus de 60 ans qui comptaient plus d'hommes. **(Annexe 3)**

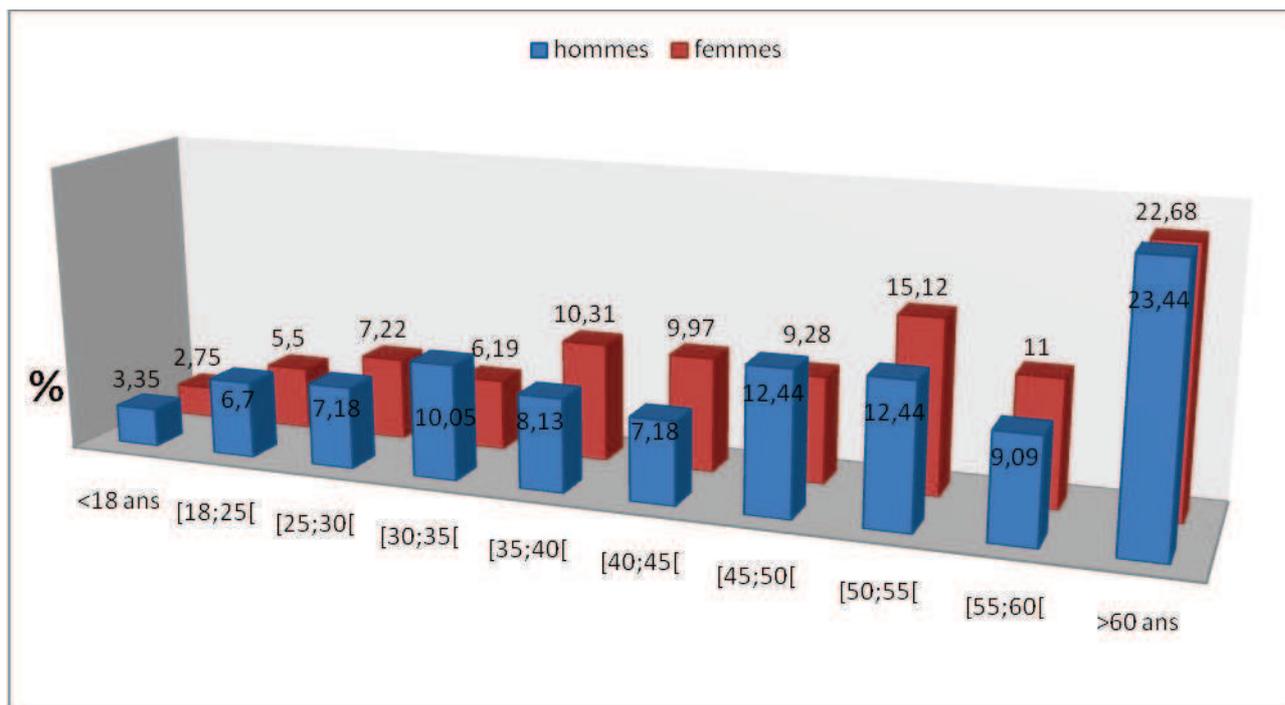


Fig.9 : Répartition des classes d'âge par sexe

2.2.2. Alvéolyse

L'alvéolyse relevée de l'échantillon d'apprentissage était comprise entre 0,68 mm et 9,15 mm avec une moyenne de 3 mm et une médiane de 2,7 mm. **(Annexe4)**

L'alvéolyse par secteur dégagait une médiane équivalente sur les 4 secteurs (environ 2,55 mm) mais une moyenne sensiblement plus élevée pour le secteur 1 (3,2 mm) par rapport aux 3 autres secteurs (environ 2,9 mm). Il est à noter que la somme des moyennes d'alvéolyse par secteur a été différente de la moyenne de l'alvéolyse totale.

(Annexe 5)

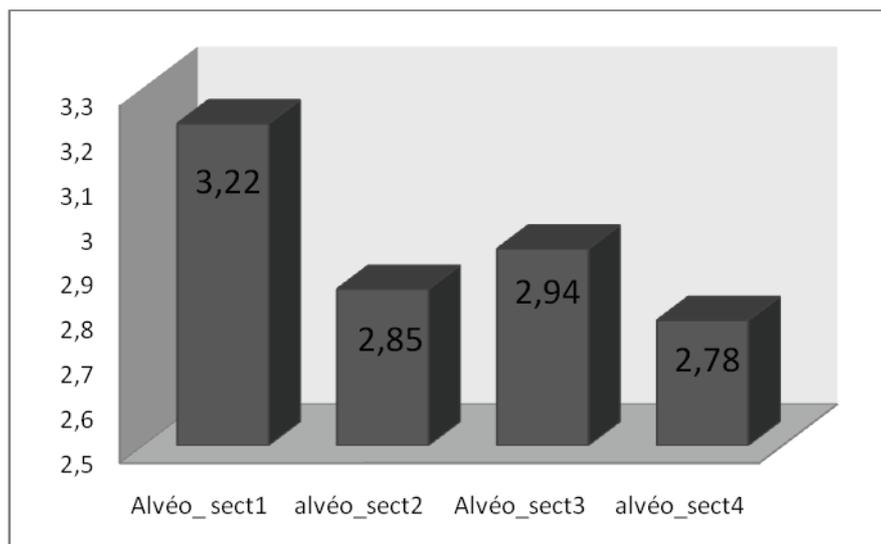


Fig. 10 : Niveau d'alvéolyse par secteur dans l'échantillon d'apprentissage

En ce qui concerne la latéralisation, l'alvéolyse n'était pas significativement différente des 2 côtés avec des médianes et des moyennes respectivement de 2,55 et de 2,9 mm. **(Annexe 6)**

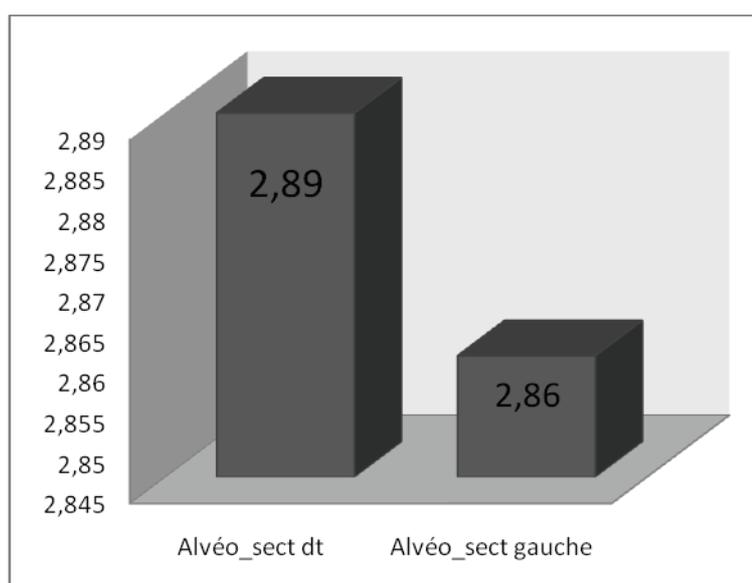


Fig. 11 : Niveau d'alvéolyse par latéralité dans l'échantillon d'apprentissage (en mm)

Il en était de même pour les 2 maxillaires avec une médiane de 2,6 mm et une moyenne de 2,9 mm. **(Annexe 7)**

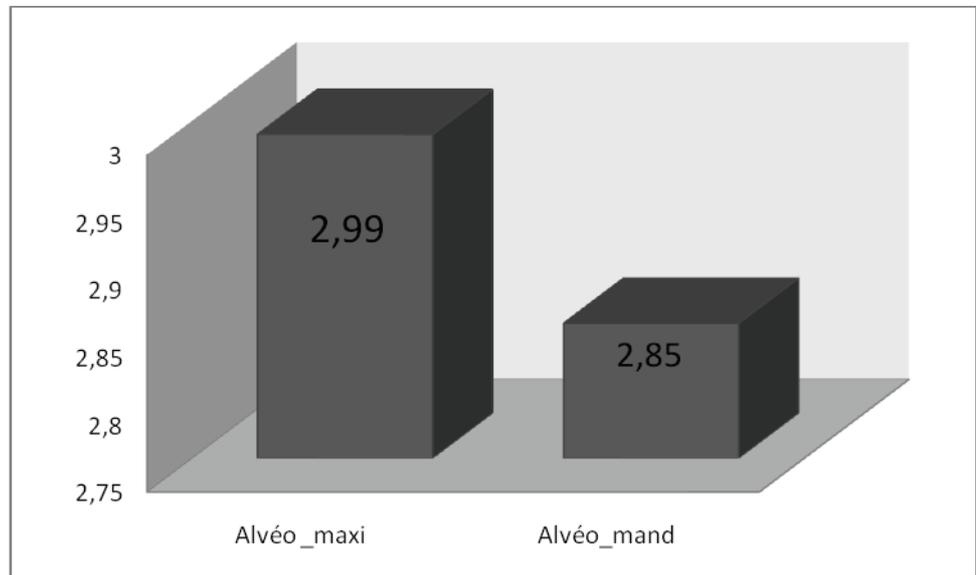


Fig.12 : Niveau d'alvéolyse par arcade dans l'échantillon d'apprentissage (en mm)

La 16 a été la dent la plus atteinte par la résorption alvéolaire (3,22 mm) suivie de la 24 (3 mm) et de la 36 (2,95 mm).

Les autres dents étaient légèrement moins atteintes. **(Annexe 8)**

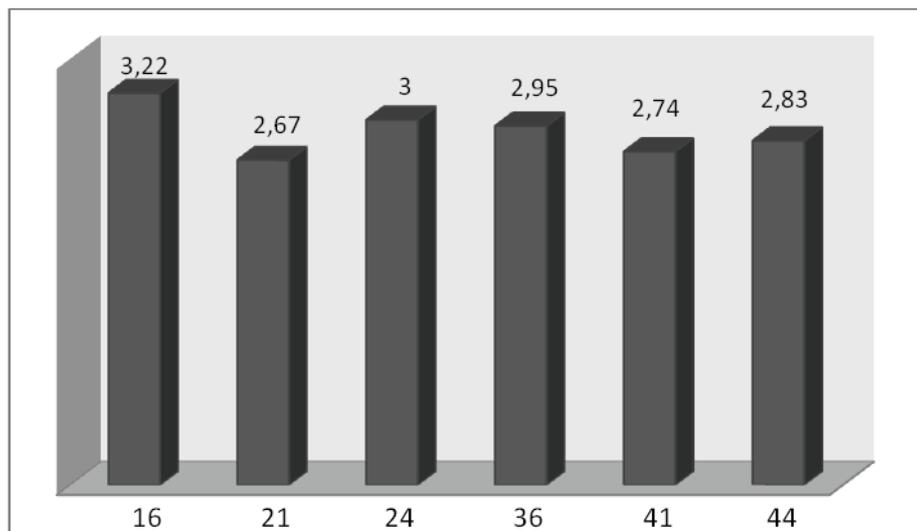


Fig.13 : Niveau d'alvéolyse par dent dans l'échantillon d'apprentissage (en mm)

Le niveau moyen d'alvéolyse était significativement plus important en présence de chacun des facteurs que nous avons supposés aggravants lors de l'élaboration de la méthode d'étude (test de Student unilatéral, $p < 10^{-4}$). L'augmentation du niveau d'alvéolyse a été de l'ordre d'1 mm. **(Annexe 9)**

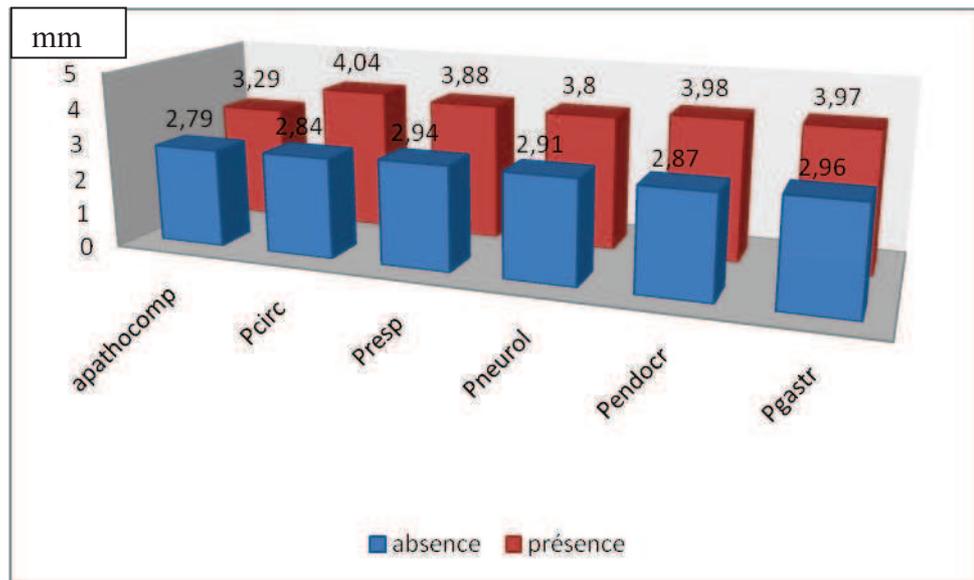


Fig.14 : Moyenne de l'alvéolyse par facteur dans l'échantillon d'apprentissage (en mm)

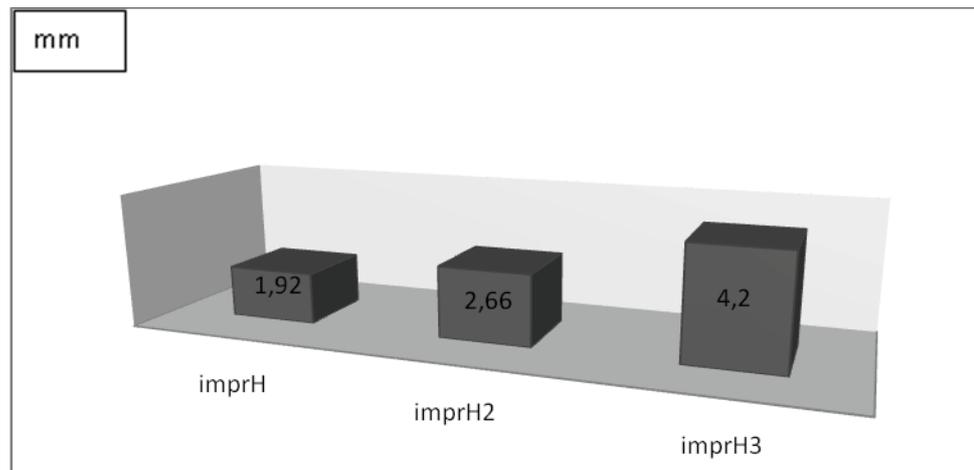


Fig.15 : Moyenne de l'alvéolyse en fonction du niveau d'imprégnation hormonale chez les femmes dans l'échantillon d'apprentissage

2.2.3. Caractéristiques individuelles et comportementales

Les patientes n'ayant aucune perturbation hormonale (76) étaient moins nombreuses que celles ayant une imprégnation hormonale de substitution (108) ou sans (107).

On a constaté que 37 % des patientes suivaient un traitement hormonal substitutif, le reste était des femmes ménopausées sans traitement (37 %) ou non ménopausées (26 %). **(Annexe 10)**

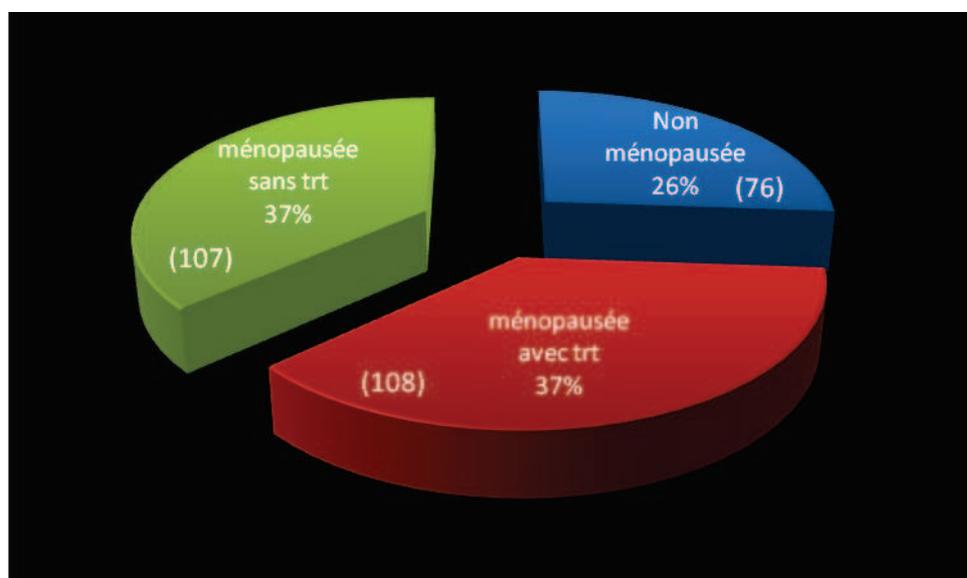


Fig.16 : Répartition du niveau d'imprégnation hormonale chez les femmes

D'autre part, il est à souligner que les femmes imprégnées « naturellement » ou « artificiellement » représentaient presque les 2/3 des patientes de l'échantillon (63,2 %). **(Annexe 11)**

Les patients présentaient une hygiène de bonne qualité pour 60,2 % ou moyenne pour 32,2 %.

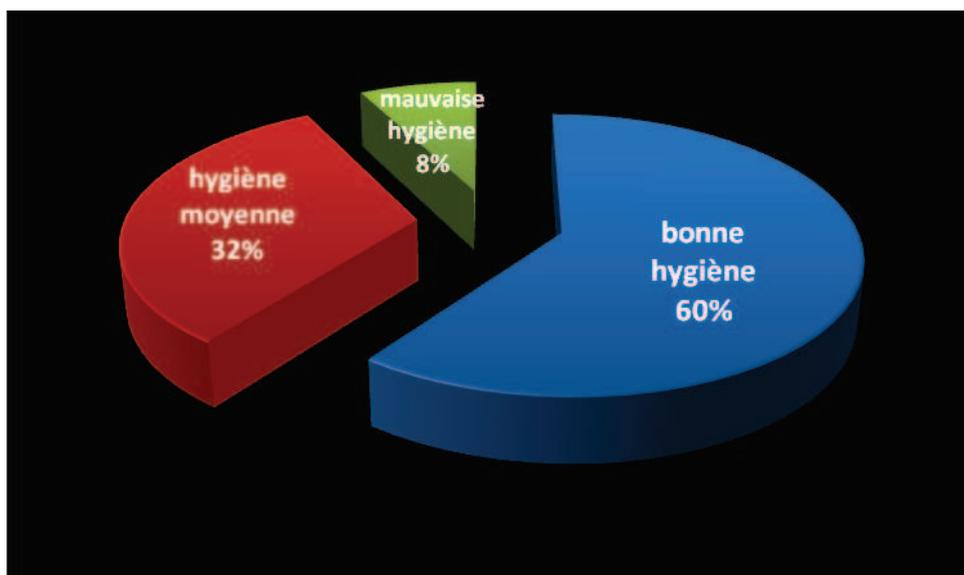


Fig. 17. : Répartition du niveau d'hygiène dans l'échantillon d'apprentissage

Les patients sans hygiène ne représentaient que 8 % de l'effectif. **(Annexe 12)**

Les habitudes tabagiques étaient réparties de façon équilibrée entre les fumeurs et les non fumeurs (42 % de fumeurs contre 58 % de non fumeurs). **(Annexe 13)**

En termes de sévérité, il était à noter que les gros fumeurs représentaient 6,2 % de l'effectif. **(Annexe 14)**

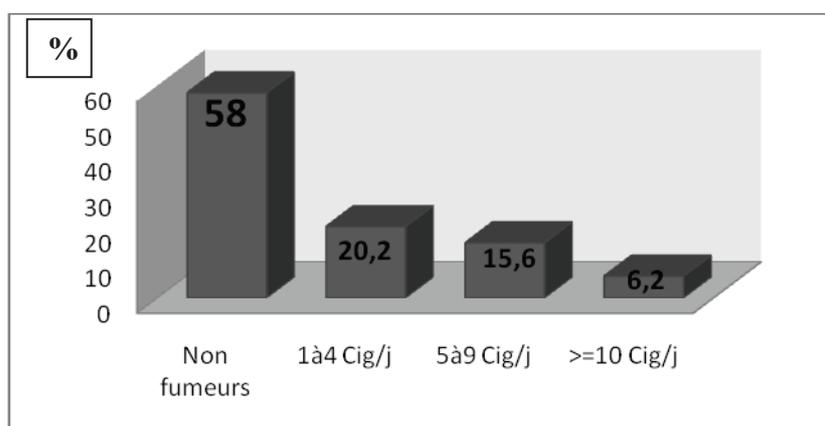


Fig.18 : Répartition du niveau de tabagisme dans l'échantillon d'apprentissage

Les hommes représentaient majoritairement les fumeurs et les femmes les non fumeurs (2/3). **(Annexe 15)**

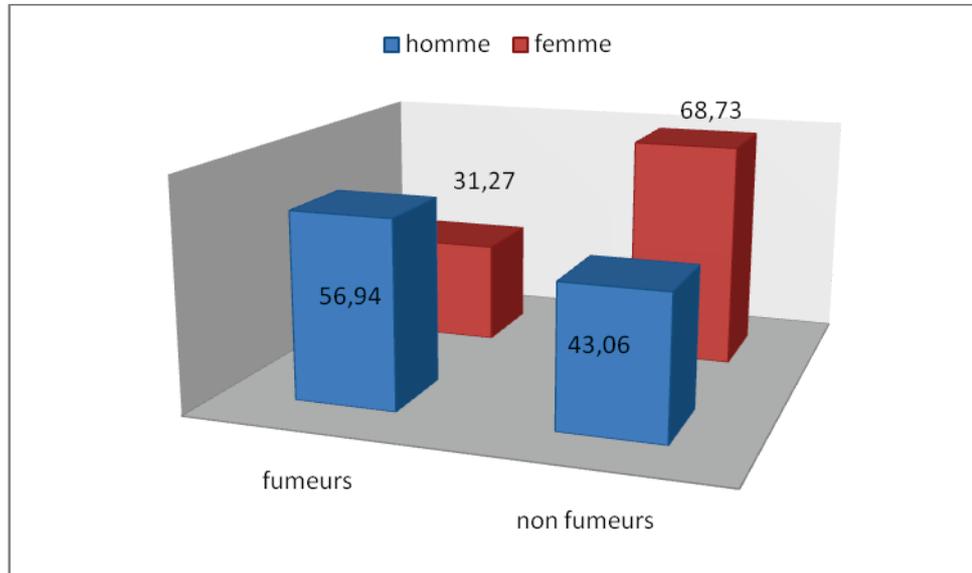


Fig.19 : Proportion de fumeurs (ou non fumeurs) suivant le sexe dans l'échantillon d'apprentissage

Les patients réputés à « pathologie comportementale » c'est-à-dire avec mauvaise hygiène et/ou comportement tabagique représentaient 44 % de l'échantillon. **(Annexe16)**

Les autres variables que nous avons relevées avaient une fréquence faible en termes de représentation

Les patients traités par les drogues et médicaments étaient peu nombreux (51). **(Annexe 17)**

Ceux ayant déclaré une pathologie endocrinienne étaient exclusivement diabétiques (62). **(Annexe 18)**

Les troubles circulatoires étaient les plus représentés (68) et étaient généralement des affections d'obstruction artérielle. **(Annexe 19)**

L'effectif de patients atteints d'obstruction pulmonaire chronique était faible (36) et essentiellement représenté par des pathologies de bronchite chronique en relation avec le tabac ou l'asthme.

(Annexe 20)

Enfin, les inflammations intestinales chroniques étaient peu représentées (22). La faible proportion d'individus ayant déclaré souffrir d'une pathologie gastrique nous a conduits à ne pas considérer cette variable dans nos modèles. **(Annexe 21)**

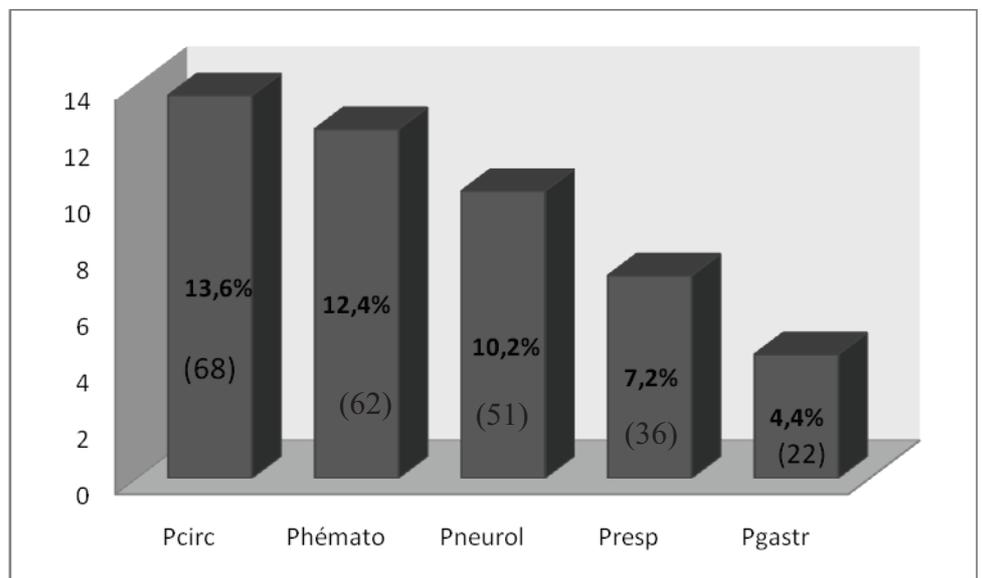


Fig.20 : Répartition des pathologies dans l'échantillon d'apprentissage

2.3. Lien entre l'alvéolyse et le sexe

Aucune différence significative de l'alvéolyse selon le sexe n'a été mise en évidence ($t, p=0,41$). La moyenne d'alvéolyse était de 2,97 mm pour les hommes vs 3,04 mm pour les femmes.

2.4. Liens entre alvéolyse et variables individuelles et comportementales

Il existait un lien significatif entre le niveau d'alvéolyse et l'âge qui va dans le sens d'une aggravation de l'alvéolyse avec l'augmentation de l'âge.

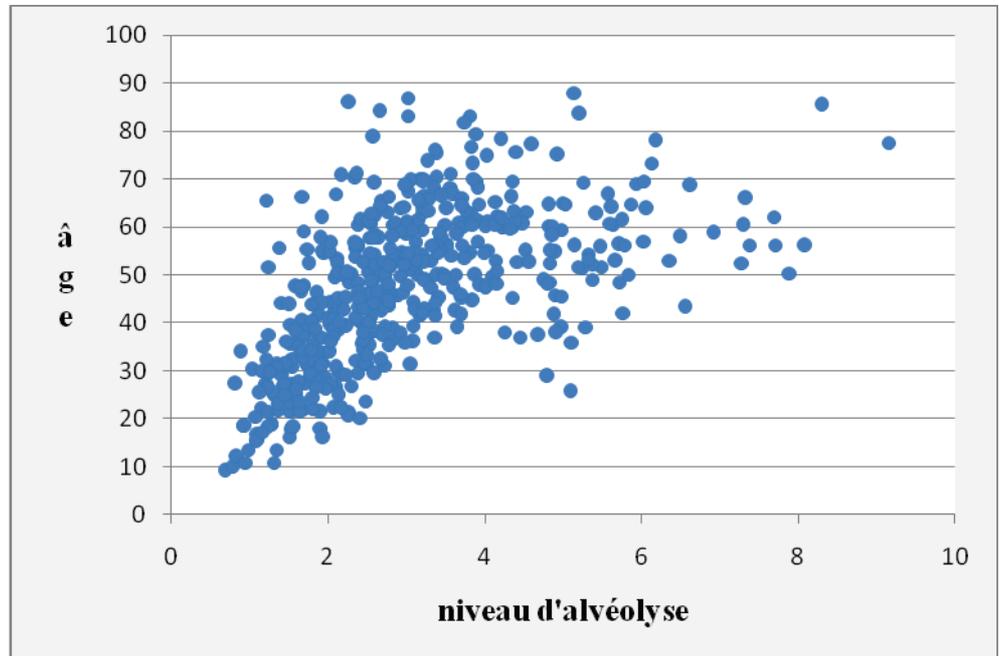


Fig. 21 : Variation de l'alvéolyse en fonction de l'âge

D'après l'allure du nuage de points, il est apparu que la relation entre l'âge et le niveau d'alvéolyse n'était pas linéaire mais plutôt quadratique ; c'est pourquoi nous nous sommes intéressés à un modèle de régression dans lequel un terme quadratique a été rajouté. Cette allure quadratique est confirmée dans la section 2.5.1. Les « p » associés aux variables alvéo et alvéo^2 sont toutes les 2 inférieures à 10^{-4} .

On peut néanmoins remarquer que cette augmentation est relativement linéaire pour des valeurs physiologiques d'alvéolyse (inférieures à 4 mm) ; lorsque l'aggravation de l'alvéolyse est sévère, la linéarité n'est plus la règle.

L'analyse des liens entre alvéolyse, variables individuelles et comportementales a mis en évidence un certain nombre d'informations.

Pour les valeurs d'alvéolyse jusqu'à 4 mm, sans distinction de classes d'âge, plusieurs variables ont influencé l'alvéolyse de manière conditionnelle.

Nous avons retrouvé une influence significative de l'imprégnation hormonale sur l'alvéolyse chez les femmes (ANOVA ; $p < 0,001$), allant dans le sens d'une aggravation du phénomène.

Le niveau d'hygiène a influencé, dans le même sens, l'alvéolyse (ANOVA ; $p = 0,039$) tout comme l'habitude tabagique (ANOVA ; $p = 0,027$) et la prise de médicaments (ANOVA ; $p = 0,004$).

Enfin, le facteur endocrinien (ANOVA ; $p = 0,006$), les troubles circulatoires (ANOVA ; $p = 0,001$), les obstructions pulmonaires chroniques (ANOVA ; $p = 0,037$) ou les affections intestinales inflammatoires chroniques (ANOVA ; $p = 0,069$) augmentaient la sévérité de l'alvéolyse.

(Annexe 22)

2.5. Modélisation de l'âge

2.5.1. Estimation de l'âge à partir du niveau d'alvéolyse

Une modélisation de l'âge à partir du niveau d'alvéolyse uniquement, a été réalisée par la méthode des moindres carrés ordinaires sur l'échantillon d'apprentissage ($n = 500$) avec l'âge comme variable à expliquer et l'alvéolyse comme variable explicative ; nous avons obtenu le modèle mathématique suivant. **(Annexe 23)**

$$\hat{\text{Age}} = 7.68233 + 19.54336 (\text{Alvéolyse}) - 1.72465 (\text{Alvéolyse}^2)$$

avec l'âge en années et le niveau d'alvéolyse en millimètres

| Variable | Coeff. | Erreur std | p | IC à 95 % | |
|------------------------|----------|------------|--------|-----------|----------|
| Constante | 7.68233 | 2.41144 | 0.0015 | 2.94446 | 12.42020 |
| Alvéolyse | 19.54336 | 1.38692 | <.0001 | 16.81841 | 22.26832 |
| Alvéolyse ² | -1.72465 | 0.17524 | <.0001 | -2.06895 | -1.38035 |

Tab.22 : Paramètres du modèle de prédiction de l'âge en fonction de l'alvéolyse

La racine carrée de l'erreur quadratique moyenne, elle-même définie comme la moyenne arithmétique des carrés des écarts (appelés aussi résidus), s'est élevée à 11,88 ans (RMSE) donnant donc une erreur de prédiction équivalente aux autres méthodes odontologiques, la variable âge étant expliquée à hauteur de 44 % (R^2 ajusté = 0,44).

2.5.2. Estimation de l'âge à partir du niveau d'alvéolyse, ajusté sur différents facteurs socio-démographiques et épidémiologiques

Une régression multiple ajustée sur le sexe avec les 4 pathologies déclarées retenues (pathologies circulatoires, pathologies endocriniennes, prise de médicaments, pathologies respiratoires) et sur la variable de pathologie comportementale a été calculée (**Annexe 24**) :

| Variable | Coef. | Erreur std | p | IC à 95 % | |
|----------------------------|----------|------------|--------|-----------|----------|
| Constante | 8.04181 | 2.41412 | 0.0009 | 3.29853 | 12.78510 |
| Alvéolyse | 19.63342 | 1.36178 | <.0001 | 16.95777 | 22.30906 |
| Alvéolyse ² | -1.79851 | 0.17149 | <.0001 | -2.13546 | -1.46157 |
| Homme | 0.81489 | 1.10111 | 0.4596 | -1.34858 | 2.97836 |
| Pathologie comportementale | -3.80836 | 1.09552 | 0.0006 | -5.96084 | -1.65588 |
| Pathologie circulatoire | 5.24060 | 1.64334 | 0.0015 | 2.01176 | 8.46945 |
| Pathologie endocrinienne | 2.76789 | 1.65403 | 0.0949 | -0.48196 | 6.01774 |
| Pathologie neurologique | 3.01375 | 1.77812 | 0.0907 | -0.47991 | 6.50741 |
| Pathologie respiratoire | 2.26371 | 2.11880 | 0.2859 | -1.89932 | 6.42673 |

Tab.23 : Modèle de prédiction de l'âge ajusté

Aucune des 3 pathologies déclarées (pathologies respiratoire, gastrique et endocrinienne) n'ont été statistiquement et significativement associées à l'âge ($p > 0,05$) et ont donc été rejetées du modèle final.

A partir d'une régression linéaire multiple, pour expliquer l'âge à partir des variables explicatives retenues (alvéolyse et pathologies influentes), nous avons obtenu le modèle mathématique suivant, où *Pathologie comportementale* et *Pathologie circulatoire* sont codées binaires en 1 ou 0 selon leur présence ou non :

$$\hat{\text{Age}} = 8,705 + 19,583 (\text{Alvéolyse}) - 1,757 (\text{Alvéolyse}^2) - 3,713 \times \text{Pathologie comportementale} + 6,231 \times \text{Pathologie circulatoire}.$$

De fait, en fonction des caractéristiques individuelles, 4 formules de prédiction pourront être applicables pour l'estimation de l'âge :

| L'individu a une pathologie comportementale | L'individu a une pathologie circulatoire | Age estimé |
|---|--|--|
| oui | oui | $8,705 + 19.583 x \text{Alvéolyse} - 1,757 x \text{Alvéolyse}^2 + 2.518$ |
| oui | non | $8,705 + 19.583 x \text{Alvéolyse} - 1,757 x \text{Alvéolyse}^2 - 3,713$ |
| non | oui | $8,705 + 19.583 x \text{Alvéolyse} - 1,757 x \text{Alvéolyse}^2 + 6,231$ |
| non | non | $8,705 + 19.583 x \text{Alvéolyse} - 1,757 x \text{Alvéolyse}^2$ |

Fig.24 : Formules de prédiction de l'âge en fonction des variables d'ajustement

Les erreurs de prédictions sont légèrement réduites (RMSE= 11,58 ans) et la variable expliquée à hauteur de 47 % (R^2 ajusté = 0,47) ce qui constitue une légère amélioration du modèle ajusté par rapport au modèle simple ce qui semble normal puisqu'il y a davantage de variables explicatives. **(Annexe 25)**

| Variable | Coeff. | Erreur std | p | IC à 95% | |
|----------------------------|----------|------------|--------|----------|----------|
| Constante | 8.70547 | 2.35950 | 0.0002 | 4.06959 | 13.34134 |
| Alvéolyse | 19.58349 | 1.36041 | <.0001 | 16.91059 | 22.25639 |
| Alvéolyse ² | -1.75679 | 0.17096 | <.0001 | -2.09267 | -1.42090 |
| Pathologie comportementale | -3.71315 | 1.06009 | 0.0005 | -5.79598 | -1.63031 |
| Pathologie circulatoire | 6.23127 | 1.57681 | <.0001 | 3.13321 | 9.32934 |

Tab.25 : Paramètres du modèle ajusté de prédiction de l'âge

2.6. Validation des modèles

La validation de nos modèles s'est appuyée sur l'analyse des 3 indicateurs définis dans la méthode et selon des classes d'âge.

Les classes d'âges déterminées comportaient des effectifs équilibrés à l'exception des moins de 18 ans et des plus de 60 ans.

Entre 25 et 60 ans, l'effectif moyen de chaque classe quinquennale était de 48 personnes environ avec un minima de 36 et un maxima de 70.

Nous n'avons pas eu de classes d'âge manquantes et les valeurs observées étaient statistiquement exploitables.

L'analyse des 3 indicateurs (MAE, RMSE et MAPE) définis plus haut, a fait ressortir des valeurs faibles de ceux-ci entre 25 et 60 ans, la minimisation de ces indices indiquait une bonne précision du modèle dans ces tranches d'âge. Le modèle ajusté a présenté une légère supériorité (moyenne des erreurs de prédiction en valeur absolue 7,1 ans contre 7,4 ans par exemple).

L'erreur absolue moyenne la plus faible a concerné les 30/35 ans dans le modèle ajusté avec une erreur moyenne absolue de 6,09 ans.

Les erreurs les plus importantes de prédiction ont été rencontrées chez les plus jeunes (moins de 25 ans) et les plus âgés (plus de 60 ans) avec des erreurs absolues moyennes de plus de 12 ans.

La différence la plus faible entre les observations réelles et la réponse prédite par le modèle (évaluée par la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne ou RMSE), s'est retrouvée chez les 30/35 ans et s'établissait à 7,29 ans dans le modèle ajusté. D'une manière générale, les 3 indicateurs étaient concordants quant à la précision du modèle et sur les tranches d'âge pour lesquelles les prédictions étaient les plus précises.

| Classe d'âge | Numéro de la classe d'âge j | N | Modèle non ajusté | | | Modèle ajusté | | |
|--------------|-------------------------------|-----|-------------------|-------|----------|---------------|-------|----------|
| | | | MAE | RMSE | MAPE (%) | MAE | RMSE | MAPE (%) |
| < 18 | 1 | 15 | 14,32 | 14,87 | 1,03 | 15,34 | 15,85 | 1,11 |
| [18 ; 25[| 2 | 30 | 12,40 | 13,55 | 0,58 | 11,63 | 12,68 | 0,54 |
| [25 ; 30[| 3 | 36 | 9,86 | 12,45 | 0,36 | 9,27 | 11,95 | 0,34 |
| [30 ; 35[| 4 | 39 | 6,09 | 7,92 | 0,19 | 5,42 | 7,29 | 0,17 |
| [35 ; 40[| 5 | 47 | 9,33 | 11,99 | 0,25 | 8,78 | 11,38 | 0,23 |
| [40 ; 45[| 6 | 44 | 6,79 | 8,58 | 0,16 | 6,88 | 9,15 | 0,16 |
| [45 ; 50[| 7 | 53 | 7,04 | 8,58 | 0,15 | 6,54 | 8,36 | 0,14 |
| [50 ; 55[| 8 | 70 | 6,36 | 7,79 | 0,12 | 5,99 | 7,55 | 0,11 |
| [55 ; 60[| 9 | 51 | 6,85 | 9,04 | 0,12 | 6,99 | 9,35 | 0,12 |
| >60 | 10 | 115 | 13,33 | 16,42 | 0,19 | 12,86 | 15,89 | 0,18 |

Fig.26 : Précision des modèles par tranche d'âge : comparaison des 3 indicateurs de précision

2.7. Optimisation des modèles

Dans le but d'affiner l'estimation, la méthode du bootstrap a été appliquée sur les 500 cas permettant d'obtenir 2 nouveaux modèles sur l'échantillon virtuel « bootstrapé ». En pratique, l'échantillon Bootstrap a été traité par le logiciel SAS®. Nous avons obtenu :

1. Un modèle d'estimation de l'âge ne prenant en compte que l'alvéolyse comme variable explicative. **(Annexe 26)**

$$\hat{\text{Age}} = 6,86749 + 20,15836 (\text{Alvéolyse}) - 1,82180 (\text{Alvéolyse}^2)$$

2. Un modèle d'estimation de l'âge prenant en compte l'alvéolyse et les variables pathologiques pertinentes comme variables explicatives. **(Annexe 27)**

$$\hat{\text{Age}} = 7,88020 + 20,20743 (\text{Alvéolyse}) - 1,85219 (\text{Alvéolyse}^2) - 3,75543x \text{ Pathologie comportementale} + 6,10180 x \text{ Pathologie circulatoire.}$$

Les coefficients des 2 nouvelles formules ont peu varié par rapport à ceux des modèles précédemment calculés. En revanche, la méthode du bootstrap a permis d'améliorer le

modèle en minimisant le RMSE quel que soit le modèle, le modèle ajusté demeurant sensiblement plus satisfaisant (RMSE= 11,35 VS 11,71).

| Valeur du RMSE | Echantillon d'apprentissage | Echantillon bootstrapé |
|-----------------|-----------------------------|------------------------|
| Modèle standard | 11,88 | 11,71 |
| Modèle ajusté | 11,58 | 11,35 |

Fig.27 : Valeurs des racines carrées de l'erreur quadratique moyenne selon le modèle et la méthode

L'étude comparative des erreurs de prédiction par classe d'âge selon les 3 mêmes indicateurs (MAE, RMSE, MAPE) a mis en évidence de meilleures précisions pour chacun des modèles (ajusté ou non) dans les tranches d'âge entre 25 et 60 ans. Les résultats ont été similaires à ceux obtenus par calcul sur l'échantillon d'apprentissage mais les moyennes des erreurs de prédiction en valeur absolue et les différences entre les observations réelles et la réponse prédite par le modèle ont été légèrement plus faibles. L'erreur absolue moyenne la plus faible concernait toujours, les 30/35 ans dans le modèle ajusté avec une erreur moyenne absolue de 6,12 ans.

| Classe d'âge | Numéro de la classe d'âge j | N | Modèle non ajusté | | | Modèle ajusté | | |
|--------------|-------------------------------|-----|-------------------|-------|----------|---------------|-------|----------|
| | | | MAE | RMSE | MAPE (%) | MAE | RMSE | MAPE (%) |
| < 18 | 1 | 15 | 14,09 | 14,34 | 1,02 | 15,11 | 15,66 | 1,10 |
| [18 ; 25[| 2 | 30 | 12,30 | 13,50 | 0,57 | 11,52 | 12,61 | 0,53 |
| [25 ; 30[| 3 | 36 | 9,84 | 12,44 | 0,35 | 9,25 | 11,94 | 0,34 |
| [30 ; 35[| 4 | 39 | 6,12 | 7,99 | 0,19 | 5,47 | 7,36 | 0,17 |
| [35 ; 40[| 5 | 47 | 9,39 | 12,02 | 0,25 | 8,85 | 11,41 | 0,24 |
| [40 ; 45[| 6 | 44 | 6,83 | 8,58 | 0,16 | 6,92 | 9,12 | 0,16 |
| [45 ; 50[| 7 | 53 | 7,06 | 8,58 | 0,15 | 6,57 | 7,95 | 0,14 |
| [50 ; 55[| 8 | 70 | 6,22 | 7,67 | 0,12 | 5,87 | 7,44 | 0,11 |
| [55 ; 60[| 9 | 51 | 6,75 | 8,99 | 0,12 | 6,90 | 9,32 | 0,12 |
| >60 | 10 | 115 | 13,39 | 16,50 | 0,19 | 12,90 | 15,97 | 0,18 |

Fig.28 : Précision des modèles « Bootstrap » par tranche d'âge selon les trois indicateurs de précision

En résumé, nous retiendrons comme modèle final :

- Formule de prédiction de l'âge en fonction de l'alvéolyse :

Modèle 1 simple

$$\hat{\text{Age}} = 6,86748 + 20,15836 (\text{Alvéolyse}) - 1,82180 (\text{Alvéolyse}^2)$$

- Formule d'estimation de l'âge à partir du niveau d'alvéolyse ajusté sur les différentes variables socio-démo-épidémiologiques :

Modèle 2 complet

$$\begin{aligned} \hat{\text{Age}} = & 7,88020 + 20,20743 (\text{Alvéolyse}) - 1,85219 (\text{Alvéolyse}^2) \\ & - 3,75543 \times \text{Pathologie comportementale} \\ & + 6,10180 \times \text{Pathologie Circulatoire} \end{aligned}$$

(avec l'âge en années, le niveau d'alvéolyse en millimètres, les variables comportementales codées en 1 ou 0, suivant leur existence ou non)

2.8. Applications des modèles

2.8.1. Modèle 1 - « Collections ostéologiques »

Le modèle simple a été appliqué à partir de mesures directes faites sur 32 crânes complets anciens (XVIII^{ème} siècle) sans documentation des cas mais de classes d'âges estimées connues.

(Annexe 35)

Sur cet échantillon, nous avons eu 50 % d'estimations concordantes, en ne tolérant aucune marge d'erreur, avec les âges préalablement estimés par les anthropologues à partir de plusieurs méthodes ostéologiques et odontologiques.

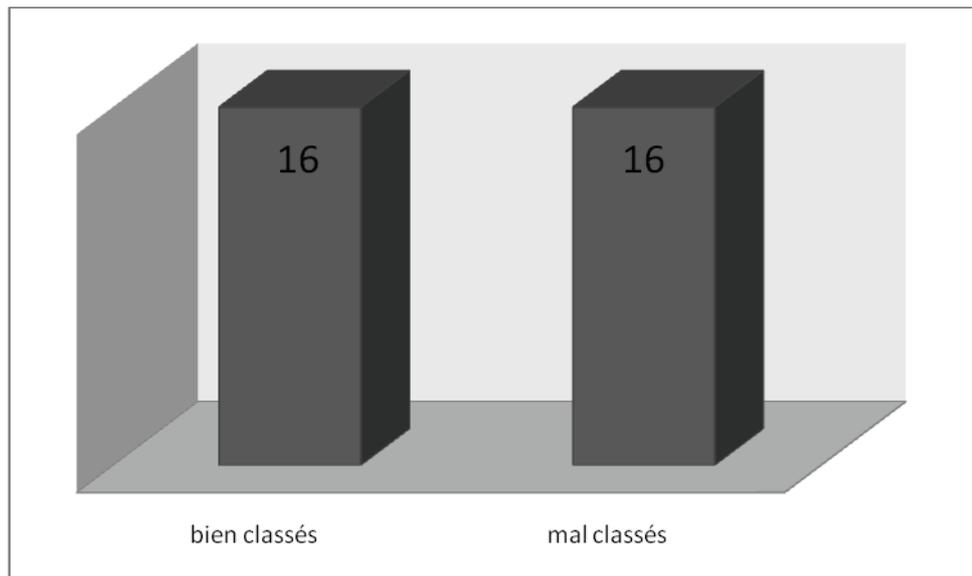


Fig.29 : Effectif des bien et mal classés dans l'échantillon de 32 crânes.

2.8.2. Modèle complet sur une population contemporaine

Le modèle 2 complet a été appliqué aux mesures d'alvéolyse faites sur l'échantillon d'application contemporain constitué et documenté (n=50). (Annexe 34)

Aucune différence significative de comparaison des moyennes des âges réels et estimés n'a été mise en évidence (t apparié, p=0,058).

La distribution des résidus a donné des erreurs de prédictions principalement entre - 5 et + 5 ans (64 % des résidus), et à 96 % entre - 10 et + 10 ans ; les 2 erreurs importantes (26 et 33 ans) concernaient des patients très âgés. **(Annexes 30 et 31)**

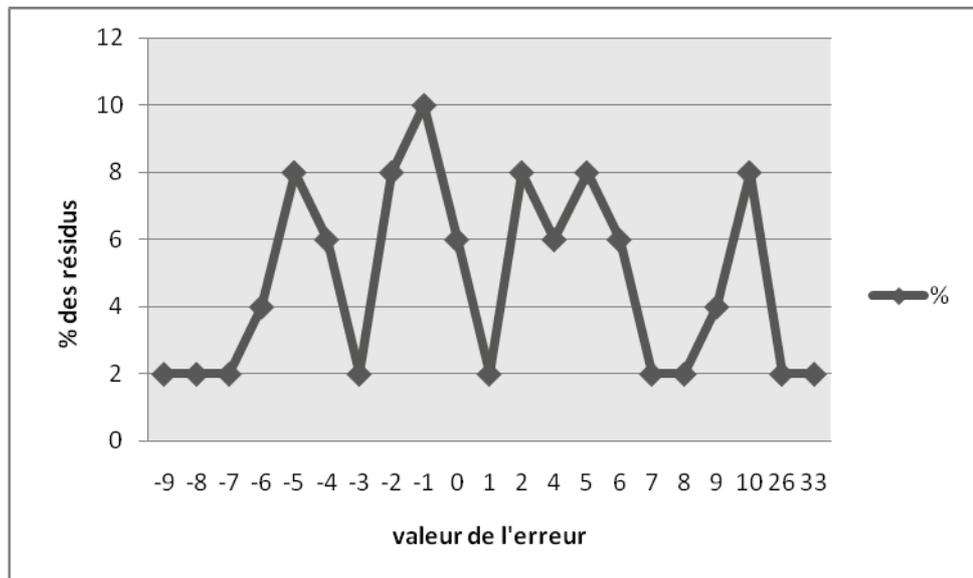


Fig. 30 : Distribution des résidus (âge réel-âge estimé) calculé sur l'échantillon d'application

DISCUSSION

III - DISCUSSION

3.1. A propos de la méthodologie :

Construction de l'indice d'alvéolyse:

Afin d'obtenir une estimation du niveau d'alvéolyse chez un patient, il semble logique de mesurer la perte d'attache sur les 32 dents des maxillaires. L'intérêt d'une telle procédure est discutable en anthropologie médico-légale dans la mesure où les dents ne sont jamais toutes présentes.

Le problème est de savoir combien de dents peuvent être mesurées au minimum et lesquelles choisir pour avoir une image fidèle du niveau d'alvéolyse. L'indice de Ramfjörd fournit une évaluation de la résorption osseuse par validation d'un indice sur 6 dents seulement. Cet indice évalue les 4 faces de 6 dents, les 16, 21, 24, 36, 41 et 44, considérées comme les plus pertinentes des arcades ; si une de ces dents est absente, sa voisine distale la remplace. Si celle-ci est absente, la mesure sera considérée comme manquante. Ceci aura pour conséquence un nombre de données par secteur quelquefois différents du nombre d'individus. L'utilisation d'un nombre restreint de dents réparties sur les deux arcades désignées comme pertinentes par un indice validé s'est imposé.

La deuxième problématique était de savoir comment mesurer cette alvéolyse. Les méthodes existantes faisaient appel à des examens cliniques accompagnés de sondages parodontaux. Afin d'être utilisable sur terrain de fouille comme en salle d'autopsie, une nouvelle méthode se devait de s'affranchir de la « composante gingivale » et de manipulations complexes. Nous avons choisi de mesurer la distance séparant la Jonction émail ciment (JEC) du sommet de la crête directement sur tomodynamométrie et applicables cliniquement sur os sec. Le matériel s'est limité à un négatoscope et à un pied à coulisse digital.

Les pieds à coulisse numériques affichent directement la mesure avec un afficheur à cristaux liquides monté sur la partie coulissante. Ils utilisent le principe du

potentiomètre linéaire. Ses principaux avantages sont : la lecture directe avec une précision de $\pm 0,02$ mm, la remise à zéro du curseur à n'importe quelle position du bec, l'enregistrement informatique via une prise RS232 pour permettre la réalisation de statistique ou autre évitant les erreurs de report des mesures. Ce matériel présente un coût d'utilisation modique et une simplicité d'utilisation quel que soit le lieu de mesure, justifiant notre choix.

Les deux grands avantages de la tomодensitométrie par rapport à la radiologie sont l'absence de superposition des structures et une meilleure résolution en contraste. Le cliché panoramique de la TDM est à l'échelle 1 et permet donc une mesure directe sur le cliché. En médecine légale, l'utilisation de la tomодensitométrie est de plus en plus prépondérante dans le cadre de l'autopsie virtuelle et place notre méthode dans la lignée de l'évolution de la discipline. Ainsi nous avons pu proposer une méthode transposable à l'os sec utilisable sur le sujet vivant et sur le sujet mort (squelette).

Facteurs de confusion :

1. Le questionnaire:

Le type de questionnaire choisi a été le questionnaire administré en face à face. L'élaboration du questionnaire est une phase très importante du sondage. La qualité du questionnaire conditionne largement la pertinence de l'enquête. Nous avons choisi des questions simples, dans des termes intelligibles au plus grand nombre, avec des réponses courtes. Certains questionnaires peuvent être biaisés, la manière de poser la question influençant plus ou moins fortement la réponse. C'est pourquoi nous avons choisi un enquêteur unique et un questionnaire administré en face à face.

Ce choix nous a permis de répondre au cahier des charges afin de tenir compte des principaux biais rencontrés dans ce type d'étude

2. L'obtention du consentement :

Les patients venant consulter pour une réhabilitation prothétique implantaire, leur accord pour une exploitation des mesures issues de leur examen radiologique était acquis de fait. Tout acte implantaire nécessite une analyse

chiffrée de la quantité osseuse résiduelle et son analyse. Le questionnaire en face à face a permis d'obtenir le consentement éclairé des patients après explication de l'emploi des données collectées.

3. *Le bassin de recrutement :*

Pour éviter les biais d'ordre socio-économiques, nous avons enquêté dans des cabinets privés, cliniques et hôpitaux publics de différents quartiers de l'agglomération marseillaise et des agglomérations environnantes avec une répartition géographique équilibrée.

3.2. A propos des données épidémiologiques

3.2.1. Population

- *Répartition de l'échantillon par sexe :*

Si les femmes ne déclarent pas plus de problèmes dentaires que les hommes, elles ont des antécédents de prise en charge dentaire plus fréquents que les hommes. Pendant la période d'enquête, les femmes ont été plus nombreuses à avoir recours à des soins dentaires : 58,2 % contre 41,8 % des hommes.

Ceci peut expliquer la légère différence de la répartition par sexe de notre échantillon par rapport à la répartition nationale.

Ce résultat est en accord avec le rapport de Hescot *et al* (1997) sur la situation de la santé dentaire en France. Cette étude met en évidence un nombre plus important de soins chez les femmes (dents obturées, dents absentes remplacées) et conclue vis-à-vis des consultations systématiques que ces sujets ont ou ont eu plus besoin de soins, sont sensibilisés à la nécessité d'un suivi régulier, consultent sans besoin apparent ; ils ont bénéficié d'un dépistage infra clinique mettant en évidence des besoins de soins.

▪ *Répartition par âge :*

Le vieillissement est un changement démographique inéluctable à l'horizon 2030, en raison de l'arrivée aux grands âges des générations nombreuses nées pendant les Trente Glorieuses.

Selon le scénario central, l'âge moyen en France métropolitaine passerait ainsi de 39,0 ans en 2005 à 42,6 ans en 2030 (INSEE 2005)

Nous nous sommes retrouvés dans la même tendance démographique ; notre échantillon d'étude présentait une moyenne d'âge, tout sexe confondu, de 47,39 ans soit une valeur légèrement plus élevée que la moyenne régionale ou nationale donnée par l'INSEE en 2005 ; **(Annexe 21)**

Lorsque nous avons comparé la répartition de l'âge de notre population d'étude à la population française, nous avons constaté que les jeunes de moins de 25 étaient moins représentés dans l'échantillon (9,15 % vs 30,8 %) et que la classe d'âge la plus documentée a été les 45/55 ans (34,64 % vs 13,6 %). Les autres classes d'âge avaient une répartition similaire à celles de la population française (INSEE, 2010)

Cette répartition des âges, identique selon le sexe, peut s'expliquer par le mode de recrutement de l'échantillon que nous avons choisi, à partir de consultations implantaires.

Les jeunes venant consulter pour une agénésie sont peu nombreux, tandis que les 45/55 ans sont ceux qui sollicitent le plus ce type de traitement. **(Annexe 32)**

3.2.2. Niveau d'alvéolyse :

Les patients retenus dans l'étude ont consulté essentiellement pour des pertes dentaires.

La valeur minimale d'alvéolyse de notre étude s'est située à 0,7 mm et la maximale à 9,15 mm ; ces valeurs correspondent à la distance physiologique qui sépare le bord coronaire de l'os alvéolaire de la

jonction émail ciment (Ramfjörd et al, 1993). On constate que les valeurs aux alentours de 1 mm sont associées aux 9/25 ans. Il semblerait que la maladie parodontale et les facteurs individuels et comportementaux, lorsqu'ils étaient présents, n'ont pas agi assez longtemps pour augmenter l'alvéolyse. De plus, les pertes dentaires sont souvent d'ordre traumatique ou agénésique chez les plus jeunes.

La médiane et la moyenne se situaient dans des valeurs correspondantes à la tranche d'âge des 50 ans ; c'est-à-dire 3 mm. Ces valeurs ne correspondent pas à des valeurs d'attaque sévère de maladie parodontale qui donne, d'après l'échantillon, des valeurs plutôt de l'ordre de 9 mm. En revanche, les facteurs aggravants ont influencé suffisamment le parodonte pour créer ce phénomène d'alvéolyse. La valeur d'alvéolyse croît ensuite avec l'âge avec un nombre de sextants touchés de plus en plus élevé.

L'étude de Pilot *et al* (1992) relève la même tendance à un niveau mondial. Il souligne un nombre élevé de sextants édentés par patient dans la plupart des pays quel que soit leur statut économique. Les formes les plus avancées de l'alvéolyse se situaient aux alentours de 50 ans. Dans la tranche d'âge de 35 à 44 ans, il ne semblait plus exister de sujets parodontalement sains. Dans la tranche d'âge des plus de 45 ans, la sévérité de l'alvéolyse augmentait et s'accompagnait d'un accroissement de l'édentement, expliquant les données manquantes de l'échantillon à partir de cet âge.

Nous avons, par ailleurs, observé que le secteur 1 était le plus atteint par le phénomène d'alvéolyse ainsi que l'arcade maxillaire par rapport à l'arcade mandibulaire. Cela peut être expliqué par le fait que la mesure ne repose que sur une dent pour le secteur 1 (la 16) et par la nature de l'os maxillaire (os composé d'une grande partie de tissus spongieux dont la résistance aux agressions est plus faible que les tissus osseux corticaux).

En ce qui concerne les dents, la 16 a subi l'alvéolyse la plus marquée, suivie de la 24 ; ceci résultant vraisemblablement de la nature histologique du maxillaire. Ces données sont à modérer car elles

résultent de la mesure d'un nombre limité de dents (1 ou 3 au maximum).

3.2.3. Données individuelles et comportementales

- *Imprégnation hormonale :*

De nombreuses études suggèrent qu'il pourrait y avoir un lien entre la perte des dents ou la résorption osseuse et l'ostéoporose en général (Tezal et al, 2000 ; Krall et al, 1996). Il nous a paru inévitable d'en tenir compte comme facteur d'ajustement dans l'étude du mécanisme de l'alvéolyse. Nous avons bien retrouvé des moyennes d'alvéolyse supérieures chez les femmes ménopausées, alors que le traitement hormonal substitutif a semblé avoir une action positive sur les valeurs d'alvéolyse.

Afin d'examiner le rôle du déficit hormonal sur la résorption alvéolaire nous avons utilisé une entité « booléenne » créée par Viale en 2003 : l' « imprégnation hormonale ».

Les femmes dites imprégnées étaient celles non ménopausées et celles sous hormonothérapie substitutive. On pouvait dès lors comparer les 2 populations et obtenir une cotation binaire statistiquement exploitable.

Nous avons observé une prépondérance de femmes « hormonalement imprégnées » (63,23 %) avec 37 % de femmes sous hormonothérapie substitutive. Certaines études montrent une augmentation du pourcentage des femmes sous THS de 33 % en 1995 à 42 % en 2001, puis une diminution progressive des prescriptions devant les risques inhérents à ce traitement (Anderson et *al.*, 2004). Nos résultats semblent conformes aux données épidémiologiques reconnues. Ces résultats montrent la rapidité des médecins à abandonner tout schéma thérapeutique établi devant des études démontrant le danger de l'utilisation de certains médicaments.

Ce facteur, bien qu'ayant une action sur le lien alvéolyse/âge n'a pas eu d'incidence dans l'élaboration de la formule d'estimation de l'âge. En effet, en l'absence de lien entre l'alvéolyse et sexe, nous avons élaboré

un modèle unisexe écartant de ce fait, les facteurs exclusivement féminins comme l'imprégnation hormonale.

▪ *Niveau d'hygiène de la population étudiée :*

Il faut souligner le niveau satisfaisant de l'hygiène du panel étudié. 60 % des patients avaient une bonne hygiène alors que seulement 7,6 % des patients avaient une mauvaise hygiène et des restaurations iatrogènes.

Cette tendance est en liaison avec les campagnes d'hygiène et de santé bucco-dentaire en France. Par ailleurs, les patients étudiés venaient consulter pour un traitement implantaire ou prothétique. Cela suppose dans la pratique un niveau socio-économique plus élevé et donc un meilleur niveau d'hygiène et d'accès aux soins.

Le niveau d'hygiène, dichotomisé en 3 classes, n'a pas pu être exploité directement dans la régression statistique. Nous avons vu que seule la classe 3 « mauvaise hygiène » était importante et nous avons inclus cette variable dans l'item « pathologie comportementale » afin de respecter un codage binaire.

▪ *Habitudes tabagiques :*

Quarante deux pour cent des patients de notre étude présentaient une habitude tabagique. Cette valeur est en accord avec les données nationales qui se situent aux environs de 30 %. (Freour P et Tessier JF, 2004). Les hommes étaient majoritairement fumeurs à l'opposé des femmes.

En France on dénombrait environ 13,5 millions de fumeurs en 2007 (15 millions en 2003), parmi lesquels 16,5 % fumaient plus de 20 cigarettes par jour. Dans notre étude, la classe des gros fumeurs était réduite à 6,2 %, les patients venant consulter pour une réhabilitation de type implantaire étant conscients de la contre-indication que constitue le tabac dans le phénomène d'ostéointégration. Par ailleurs, le chiffre de 20,2 % des patients fumant moins de 5 cigarettes par jour démontre la

motivation des patients à réduire leur consommation tabagique afin d'avoir accès au traitement implantaire. **(Annexe22)**

L'incidence du tabac n'a pas été exploitée quantitativement pour les mêmes raisons que celles exposées pour le facteur hygiène. Seul le fait de fumer a eu une répercussion sur l'alvéolyse ; nous avons donc regroupé le tabagisme et la mauvaise hygiène sous le critère « pathologie comportementale ».

▪ *Création d'une entité « pathologie comportementale cumulée » :*

Les résultats ont fait apparaître un effet conjugué de la mauvaise hygiène et du tabagisme sur le lien entre alvéolyse et âge ; d'un point de vue statistique, il a été plus aisé de prendre en compte l'unique entité booléenne « pathologie comportementale » en y incluant les fumeurs et/ou les patients présentant une mauvaise hygiène. La cotation quantitative du niveau de tabagisme et du niveau d'hygiène a présenté un intérêt épidémiologique.

L'incidence des pathologies comportementales a été prise en compte de manière significative dans l'élaboration du modèle.

▪ *Prise de médicaments neurologiques :*

Nous avons relevé un pourcentage important de prise de médicaments à visée neurologique, pratiquement tous de type psychotrope (10,2 %). Ce phénomène de santé publique démontre que les psychotropes prennent une part importante dans la vie des Français et dans les dépenses de santé. Ces chiffres attirent l'attention sur le fait qu'une partie importante de personnes qui consomment des antidépresseurs ou autres psychotropes, barbituriques, ne souffrent pas tous de dépression mais de phénomènes d'angoisse de stress et de « mal être » avec une adéquation entre pathologie et traitement déficiente.

La France consomme 3 fois plus de psychotropes que l'Angleterre et l'Allemagne.

Durant l'année 1997, 12 % des Français âgés de plus de 15 ans ont consommé un ou plusieurs psychotropes dont 7,9 % un anxiolytique,

4,7 % un hypnotique, 3,6 % un antidépresseur et 1,5 % un neuroleptique. Une inadéquation d'utilisation des antidépresseurs est flagrante ; les prescriptions sont fondées sur l'existence d'une plainte mono symptomatique (tristesse par exemple) qui est alors assimilée à une dépression. De plus, de nombreuses prescriptions sont reconduites en l'absence de symptômes et la durée des prescriptions excède un an dans la moitié des cas. Les coprescriptions, notamment entre antidépresseurs et anxiolytiques ou entre anxiolytiques et hypnotiques sont fréquentes mais rarement justifiées au long cours.

Les incidences de la prise des médicaments ont été manifestes sur la santé bucco-dentaire en induisant une hygiène moins rigoureuse que chez les autres patients. Cette incidence n'a pourtant pas été sélectionnée dans le modèle et n'intervient pas dans l'estimation de l'âge. Cela confirmerait ce rôle connexe vis-à-vis d'autres facteurs comme l'hygiène et non pas une action directe sur le parodonte.

▪ *Pathologies endocrines :*

Dans l'échantillon d'étude, les pathologies endocrines rencontrées étaient représentées par des diabètes de type I ou II.

La prévalence du diabète traité atteint pour la France 3,8 % correspondant à environ 2,4 millions de personnes. A cette prévalence du diabète traité, il faut ajouter les personnes non traitées et celles traitées par régime alimentaire seul et dont les effectifs ne sont pas connus.

La prévalence du diabète augmente avec l'âge et atteint chez les plus de 70 ans 17,7 % chez les hommes et 11,5 % chez les femmes.

Une étude antérieure a mis en évidence des variations géographiques de la prévalence du diabète traité selon un axe Nord-Est/Sud-Est. La prévalence du diabète traité est maximale en PACA. (Bonaldi et *al.* 2006)

Ces différents paramètres et l'âge moyen élevé de notre échantillon permettent de comprendre la valeur élevée que nous avons retrouvée dans notre échantillon (12,4 %).

Ces chiffres s'expliqueraient aussi par certaines conditions socio-économiques rencontrées chez certains groupes de patients mais surtout par des modifications de l'activité physique et des apports alimentaires. Ce facteur dont l'incidence sur le lien alvéolyse/âge a été démontrée n'a pas été retenu dans le calcul du modèle et n'influence pas directement l'âge estimé.

▪ *Pathologies circulatoires :*

Les maladies cardiovasculaires sont aujourd'hui la première cause de mortalité en France, à l'origine de près de 170 000 décès chaque année (32 % des décès).

Elles constituent en outre la troisième cause de décès prématurés, après les tumeurs et les morts violentes. Avant 65 ans, 12 % des décès féminins et 16 % des décès masculins lui sont imputables, représentant environ 16 000 décès par an (MONICA, 1998). Les maladies cardiovasculaires responsables d'une part importante de ces décès sont d'une part les cardiopathies ischémiques, qui représentent la cause déclarée de 27 % des décès liés à l'appareil circulatoire (45 000 décès), d'autre part les maladies vasculaires cérébrales (25 % - 42 000 décès).

Deux Français sur 3 de plus de 35 ans, sont actuellement suivis et traités pour une maladie cardiovasculaire (soit 30 % environ de la population) (Cogo, *Arch. Intern. Méd.* 1994).

Dans notre échantillon, les patients nous ont déclaré des pathologies circulatoires obstructives. Le chiffre est relativement faible (13,6 %) dans la mesure où le choix du traitement implantaire a écarté les autres pathologies circulatoires graves, en particulier en exercice privé. De plus la région PACA semble plus épargnée que les régions du Nord de la France de part l'influence de la nutrition de type « régime méditerranéen ».

Ce facteur influence l'âge estimé par son action locale sur l'os alvéolaire et entre directement dans le modèle au même titre que les pathologies comportementales.

▪ *Pathologies respiratoires :*

Les pathologies broncho pulmonaires chroniques obstructives atteignent les adultes de plus de 40 ans et leur fréquence augmente avec l'âge. En France, la BPCO concerne 3 à 4 millions de personnes, soit 6 à 8 % de la population adulte (Ministère de la Santé, juillet 2005) ; cela correspond bien aux 7,2 % relevés dans notre étude.

Le tabagisme en est la cause principale ; les asthmes peuvent évoluer vers une BPCO et la pollution semble jouer un rôle certain. Ces pathologies n'ont pas été retenues dans le modèle conséquence probable de leur lien avec le tabagisme ; en effet, c'est à ce titre qu'elles influencent l'alvéolyse et non pas par action directe de la pathologie sur le parodonte comme c'est le cas pour les pathologies circulatoires.

▪ *Pathologies inflammatoires intestinales chroniques :*

Les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin qui nous ont été signalées comprenaient exclusivement des maladies de Cröhn et des recto-colites ulcéro-hémorragiques. Les chiffres obtenus démontrent qu'il s'agit bien de maladies rares, et leur faible représentation ne nous a pas permis d'exploiter ce facteur de risque sur le plan statistique. Les premiers symptômes, relativement précoces, apparaissent vers 20/30 ans, classe d'âge dont notre effectif est faible, rendant la représentativité de cette maladie d'autant plus symbolique. Ces maladies affectent la qualité de vie des personnes atteintes et la santé bucco-dentaire. Le faible effectif de ces pathologies nous a conduits à les écarter de l'étude considérant à 5 % le seuil de fréquence minimal statistiquement exploitable, leur représentation ne dépassant pas les 4,4 %.

Leur incidence n'a donc pas été retenue dans le modèle.

3.3. Effets des variables individuelles et comportementales sur le lien Alvéolyse /Age

Effet de l'âge :

L'étude a montré une très nette corrélation entre l'aggravation de l'alvéolyse et l'âge. L'action du vieillissement des structures et de la maladie parodontale s'accumulent avec le temps et font de l'âge un facteur d'aggravation important de l'alvéolyse. De nombreuses études concluent de la même manière en particulier celle d'Albandar (1991). Il démontre que l'altération des tissus parodontaux débute vers 30 ans et est conséquente vers 50 ans. Il souligne par ailleurs qu'il est difficile de faire la distinction entre phénomène de vieillissement et signe de maladie parodontale.

L'ensemble des résultats présents tend à démontrer que l'association de l'alvéolyse avec l'âge ne reflète pas nécessairement le processus de vieillissement en lui-même, mais plutôt la durée pendant laquelle les facteurs individuels et comportementaux (hygiène, imprégnation hormonale, tabac...) ont agi sur le parodonte. Ainsi, pour des valeurs d'alvéolyse physiologiques ou faiblement pathologiques (< 4 mm), le lien défini par le graphe est linéaire.

En revanche, pour des valeurs pathologiques d'alvéolyse, la linéarité n'est plus observée du fait de la prépondérance de l'action de la maladie parodontale et des facteurs de risque par rapport au facteur âge. C'est pourquoi nous avons proposé l'exclusion des patients atteints de maladies parodontales en évolution dans le cadre de ce travail.

Ce résultat explique par ailleurs, une partie de la variabilité de l'alvéolyse, de son mécanisme et confirme l'hypothèse méthodologique initiale.

Effet du niveau d'imprégnation hormonale :

Les tests statistiques nous donnent un lien significatif entre imprégnation hormonale et niveau d'alvéolyse. L'analyse des données suggère que les patients imprégnés ont un niveau d'alvéolyse moyen aux alentours de 3 mm. Lorsque l'imprégnation devient faible le niveau d'alvéolyse croît de manière franche (3,5 mm). Par ailleurs, plus l'imprégnation diminue chez la femme, plus l'alvéolyse augmente pour atteindre des seuils pathologiques.

Le syndrome menstruel, la grossesse et le traitement hormonal de substitution peuvent affecter l'acquisition et la sévérité de certaines infections bactériennes parasitaires et

virales. Il existe dans la gencive des récepteurs pour la progestérone et les œstrogènes ; le tissu est donc un organe cible pour les hormones sexuelles (Styrt, 1991).

Pour d'autres auteurs (Tezal *et al*, 2000), l'incidence de la maladie parodontale et de l'alvéolyse augmenterait chez la femme ménopausée. En effet, la perte osseuse est un trait commun entre ostéoporose et maladie parodontale. Ces deux pathologies ont des facteurs de risque commun et apparaissent après 35 ans. Une partie de la fonte osseuse du parodonte pourrait être influencée par la fonte osseuse en général.

On peut ainsi conclure, d'après les résultats de cette enquête sur la plupart des jeunes femmes en bonne santé, l'influence des changements hormonaux peut être facilement contrôlée par une élimination efficace de la plaque. La santé parodontale est donc généralement meilleure chez les jeunes femmes. Cette tendance s'annule avec l'augmentation de l'âge.

En revanche, ce facteur n'intervient pas directement dans l'estimation de l'âge puisque le lien alvéolyse/âge n'est pas influencé par le sexe. Nous avons proposé un seul modèle pour les deux sexes excluant tous facteurs exclusivement féminins.

Effet du niveau d'hygiène :

Un lien fort entre le niveau d'hygiène et la valeur de l'alvéolyse s'est confirmé. Cette notion est soulignée depuis longtemps dans la littérature.

Löe *et al* (1978) a montré, par exemple, dans une population présentant une mauvaise hygiène orale, des lésions parodontales avancées. A l'heure actuelle de nombreuses études indiquent clairement que la méthode de prévention de l'alvéolyse la plus efficace est le contrôle de plaque par des moyens mécaniques.

Nos résultats font ressortir un bon niveau d'hygiène chez les patients de l'échantillon et une consommation importante de soins.

L'influence de l'hygiène sur le lien alvéolyse/âge, peut expliquer un biais retrouvé dans notre modèle : les sujets âgés dont l'hygiène est satisfaisante ont, par exemple, un niveau d'alvéolyse peu dégradé aboutissant à une sous-estimation de l'âge.

Cette tendance se retrouve dans les autres méthodes odontologiques en particulier celle de Lamendin (Foti, 2001)

Effet du Tabagisme :

L'action du tabac sur l'alvéolyse est probable. La conséquence de l'usage du tabac est une aggravation du phénomène de perte osseuse. Le tabac semble, par ailleurs, prédisposer aux parodontites, à la formation de plaque et de tartre.

Bokor-Bratic (2002) arrive aux mêmes conclusions et constate que les fumeurs, même avec une bonne hygiène, présentent une alvéolyse plus sévères que les non fumeurs. Ils présenteraient des variations qualitatives de la flore sous gingivale.

Il semblerait que l'action du tabac soit également mécanique. Dans la modélisation, le tabagisme est une composante essentielle de l'entité « pathologie comportementale » et intervient au même titre que l'hygiène dans le calcul de l'estimation de l'âge.

La mauvaise hygiène et le tabagisme corrigeront l'âge estimé en le minimisant dans la mesure où le facteur pathologie comportementale a tendance à « faire vieillir » le parodonte et à surestimer l'âge prédit.

Effet de certaines maladies générales :

Certaines pathologies peuvent perturber le métabolisme tissulaire ou le fonctionnement du système immunitaire. Ces modifications peuvent rendre des sujets plus vulnérables aux agressions bactériennes parodontales et générer le phénomène d'alvéolyse.

- Certains patients de l'échantillon suivent des traitements médicaux qui ont aggravé leur alvéolyse .D'après Daly (1992) ce sont surtout le traitement antiépileptique de type Phénytoïne, responsable d'hypertrophies gingivales et les traitements neuroleptiques qui aggravent l'alvéolyse par la détérioration de l'hygiène buccale mais également les psychotropes d'une manière générale. Cette notion a été démontrée au niveau de la population étudiée. En fait, ces traitements induisent des perturbations du niveau d'hygiène et de l'immunité qui eux sont liés à l'alvéolyse.

- En ce qui concerne les pathologies endocriniennes, l'échantillon comprend un nombre significatif de cas touchés et ce sont exclusivement des diabètes de type I ou II. L'analyse statistique met en évidence une association entre diabète et aggravation de l'alvéolyse.

Des modifications de la vascularisation, du métabolisme du collagène et de la flore buccale sont évoquées par la plupart des auteurs.

- Les perturbations de la circulation sanguine sont des facteurs aggravant la perte osseuse. Des techniques de Doppler ont permis à Eiseman et Johnson (2005) de mesurer le flux de circulation artérielle au niveau d'un maxillaire et ont démontré le rôle de l'obstruction artérielle dans le phénomène d'alvéolyse et la perte dentaire.

Un lien entre pathologie circulatoire et alvéolyse se retrouve sur le plan statistique. Les patients concernés par un problème circulatoire étaient essentiellement atteints d'artériosclérose.

- L'obstruction pulmonaire chronique considérée comme corrélée à l'alvéolyse est peu représentée dans l'échantillon d'apprentissage et revêt essentiellement la forme de bronchite chronique. Les tests effectués permettent d'admettre un lien de ce facteur avec l'alvéolyse. Garcia (2001) conclut de la même manière et affirme que si cette association est biologiquement plausible, elle demeure purement spéculative. La bronchite chronique est majoritairement induite par le tabagisme et la pollution. On peut penser que c'est à ce titre qu'elle est liée à l'alvéolyse.

- Enfin il faut évoquer le rôle des affections intestinales inflammatoires. Elles provoquent des hyperplasies gingivales et une parodontite à progression rapide. (Colella et Riegler, 1999)

Les cas de maladie inflammatoire chronique de l'intestin relevés dans l'échantillon sont faibles et mais ont néanmoins permis de conclure à un lien de cette affection avec l'alvéolyse.

Les facteurs d'état de santé et de maladies systémiques constituent en résumé des facteurs prédisposant au même titre que les pathologies comportementales (habitudes de vie, facteurs locaux). Parmi ceux-ci, seul le facteur circulatoire, représentant la pathologie la plus représentée dans l'échantillon, entre dans la constitution de la formule d'estimation de l'âge. Les autres sont, soit liées aux pathologies comportementales (médicaments, obstructions pulmonaires chroniques), circulatoires (endocriniennes) soit statistiquement non significatives (atteintes inflammatoires intestinales chroniques)

Tableau de classification des facteurs liés au phénomène d'alvéolyse :

| Facteurs prédisposants | | |
|--|--|---|
| <p>Habitudes de vie <i>Mauvaise hygiène buccale</i></p> <p><i>Tabagisme</i></p> <p><i>Absence de consultation dentaire</i></p> | <p>Conditions, états de santé et maladies systémiques <i>Changements hormonaux chez la Femme Ostéoporose, Ostéopénie</i> <i>Stress</i> <i>Certains médicaments (Phénytoïne, nifedipine, cyclosporine, etc.)</i> <i>Maladies inflammatoires de l'intestin</i> <i>Diabète, hyperthyroïdisme</i> <i>Maladies circulatoires</i> <i>Obstructions pulmonaires chroniques</i> - (littérature) - <i>Respiration buccale</i> <i>Xérostomie</i> <i>Transplantation d'organe</i> <i>Maladies héréditaires (trisomie 21)</i> <i>Neutropénies, leucémie et Cancer</i> <i>VIH, SIDA</i></p> | <p>Facteurs locaux liés à la dentition <i>État des gencives, des dents et du parodonte.</i> <i>Obturations et prothèses dentaires inadéquates.</i> <i>Facilité à faire du tartre</i> <i>Malocclusion</i></p> |

3.4. Discussion sur les modèles de prédiction de l'âge proposés :

Intérêt d'une méthode simple de modélisation de l'âge :

Depuis plus de 20 ans, les études menées en France sur la problématique de la détermination de l'âge en médecine légale ont consisté à valider les techniques existantes. Les orientations actuelles sont d'en développer des nouvelles, simples, rapides et précises afin que magistrats et officiers de police d'une part et anthropologues de terrain d'autre part, puissent y faire appel systématiquement et ne plus se contenter de données visuelles et factuelles.

La méthode que nous proposons dans cette étude a pour ambition de remplir ce cahier des charges et d'être complémentaire des autres méthodes anthropologiques et odontologiques. L'augmentation du nombre des médecins et odontologistes formés aux techniques médico-légales permettra par ailleurs, de favoriser leur présence sur les lieux de fouilles et de levée de corps, de privilégier leur investigation directe sur site avec les avantages pratiques que cela suppose.

La problématique de l'estimation de l'âge des populations anciennes ou des populations sans renseignements socio, démo-épidémiologiques :

Notre objectif était, entre autres, de proposer une solution à l'estimation de l'âge d'une personne décédée dont l'identité n'était pas connue. Cette situation très problématique en médecine légale se rencontre lorsque nous devons examiner des cadavres squelettisés ou des restes osseux mais aussi des cadavres putréfiés, fragmentés et/ou carbonisés, ou en anthropologie funéraire lors de fouilles.

- Considérations sur la formule. Pour ces cas, la modélisation de l'âge proposée utilise le seul critère « alvéolyse ».

Ce critère tel que nous l'avons exposé dans le chapitre sur la méthodologie se mesure aussi bien sur radiologie que directement sur crâne sec permettant une détermination de l'âge sur le site.

Contrairement à la méthode de Lamendin, la constante autorise une estimation de l'âge des sujets de moins de 25 ans (cste= 7,68).

La mesure de l'alvéolyse telle qu'exposée ne fait pas appel à des critères suggestifs tels que la translucidité radiculaire (absente chez les plus jeunes et souvent illisible), ni à des techniques mutilantes qui endommageraient le matériel observé (important en anthropologie).

- Evaluation de la performance du modèle. La variabilité intra et inter observateur de la méthode est faible.

Le critère alvéolyse explique une part correcte de la variabilité de l'âge au décès du moins comparable aux autres méthodes odontologiques.

Notre méthode permet, également, une estimation de l'âge exploitable pour les 25/60 ans ouvrant ainsi un champ d'investigation plus large puisque la méthode de Lamendin n'est fiable que pour les plus de 40 ans. (Lamendin et al, 1990)

De plus, l'erreur moyenne absolue est de 7,47 ans en moyenne sur cette tranche d'âge avec 6,09 ans comme meilleure valeur et

9,86 ans pour la moins favorable. Le modèle de Lamendin donne une valeur plus élevée de 11 ans.

La problématique de l'estimation de l'âge des populations récentes ajusté sur différents facteurs socio, démo-épidémiologiques :

Dans le cas d'une identité supposée d'un individu dont on connaît les critères pathologiques, il est possible d'estimer l'âge en l'ajustant sur un certain nombre de variables individuelles et comportementales connues.

- Discussion autour de la recherche des facteurs pathologiques associés à l'âge :

La méthode de modélisation que nous avons choisie nous a permis d'étudier la relation entre des variables dépendantes et des variables indépendantes. Certaines variables indépendantes ont pu être exclues du modèle de régression sans perte d'information et de précision tandis que d'autres ont été sélectionnées afin d'assurer la qualité des modèles de prédiction du modèle de régression final choisi.

Le faible effectif des patients souffrant d'affection intestinale inflammatoire chronique ne nous a pas permis de considérer cette variable dans le modèle (effectif étant statistiquement non utilisable).

En revanche, la variable *Pathologie comportementale* constituée par la mauvaise hygiène et/ou le tabagisme ainsi que les variables pathologies circulatoires, hématologiques, respiratoires et prise de médicaments présenteraient un nombre d'individus suffisants pour être pris en compte.

Ces variables ont été appréhendées par l'analyse de la littérature et l'observation ; il nous est apparu nécessaire de rechercher leurs implications sur le schéma expérimental en les confirmant *à posteriori* par le calcul. Ceci a finalement permis d'étudier l'association de certaines variables en neutralisant l'influence d'autres variables qui peuvent être tout simplement liées aux

précédentes. Il en résulte que les 3 pathologies déclarées utilisées dans la régression (respiratoire, hématologique, prise de médicaments) n'étaient pas statistiquement associées à l'âge.

Il semblerait, par exemple, que les pathologies respiratoires soient associées au tabagisme qui lui, intervient dans le modèle tandis que la prise de certains médicaments type neuroleptiques soit associée à l'hygiène du patient.

Il ressort que ce sont bien les facteurs les plus représentés dans notre population qui ont été inclus dans le modèle afin d'augmenter sa précision (P circulatoire, pathologie comportementale).

L'intérêt a été de proposer 2 modèles documentés ou non ; l'un applicable aux populations contemporaines sans présomption d'identité (donc sans indices ante mortem) et aux populations anciennes, l'autre applicable aux populations avec présomption d'identité et accès aux dossiers et antécédents médicaux.

- Considérations sur le modèle :

La modélisation de l'âge proposée utilise le critère alvéolyse, la variable pathologie comportementale et pathologies circulatoires.

La quantité d'informations à recueillir est donc encore faible et facilement exploitable dans le cadre d'une identification.

La méthodologie classique d'un examen médico-légal prévoit outre un examen détaillé des examens radiologiques et des prélèvements multiples pour investigations toxicologiques, anatomo-pathologiques et odontologiques.

Notre formule est donc exploitable directement dans le cadre d'une expertise médico-légale sans investigation supplémentaire coûteuse.

De même que pour le cas des populations anciennes, l'investigation peut se faire chez les moins de 25 ans (cste= 8,7)

- Evaluation de la performance du modèle :

Les modèles permettent une prédiction de l'âge satisfaisante.

L'erreur moyenne absolue du modèle complet est un peu moins importante que dans le modèle simple et s'établit à 7,12 ans.

Les performances de ce modèle sont ici encore, proches de celles de Lamendin.

- Proposition d'un outil pratique de calcul de l'âge :

1) Tableau de calcul :

Selon les conditions rencontrées, avec ou sans documentation du cas, avec ou sans existence de pathologies (3), nous avons à notre disposition 4 modèles d'estimation de l'âge.

| L'individu a une pathologie comportementale | L'individu a une pathologie circulatoire | Age estimé |
|---|--|--|
| oui | oui | $7,88020 + 20.20743 \times \text{Alvéolyse} - 1.85219 \times \text{Alvéolyse}^2 + 2,26257$ |
| oui | non | $7,88020 + 20.20743 \times \text{Alvéolyse} - 1.85219 \times \text{Alvéolyse}^2 - 3.75543$ |
| non | oui | $7,88020 + 20.20743 \times \text{Alvéolyse} - 1.85219 \times \text{Alvéolyse}^2 + 6,10180$ |
| non | non | $7,88020 + 20.20743 \times \text{Alvéolyse} - 1.85219 \times \text{Alvéolyse}^2$ |

Fig.31 : Tableau synthétique des équations finales d'estimation de l'âge en fonction des deux valeurs d'ajustement

2) Programme informatique simple :

Un logiciel a été développé afin d'automatiser le calcul d'estimation de l'âge. Celui-ci a été construit à partir d'un logiciel de programmation, Microsoft Visual Basic 6.0© pour le développement de Windows 32 bits et permettant la programmation orientée objet. En répondant oui ou non à chacune des 2 variables du modèle ajusté et en entrant la valeur d'alvéolyse, on obtient un âge.

Vers un travail par classe d'âge :

En odontologie médico-légale, la réponse à une problématique d'estimation d'âge doit proposer une probabilité d'âge autour d'un intervalle de prédiction.

Ces classes d'âges doivent être assez larges pour ne pas exclure des âges potentiels ; c'est pourquoi nous avons choisi des tranches d'âges de 5 ans, entre 25 et 60 ans.

En ce qui concerne les moins de 25 ans, notre méthode a donné des résultats inutilisables avec des erreurs moyennes absolues de 14 ans chez les moins de 18 ans et de 12 ans chez les 18/25 ans.

Toutefois, certains auteurs critiquent l'utilisation des méthodes basées sur la maturation dentaire au motif que l'âge dentaire ne correspondrait pas nécessairement à l'âge chronologique de l'individu (variations en fonction de l'origine géographique, facteurs nutritionnels...).

En dessous de 40 ans, la méthode de Lamendin n'est pas applicable (Lamendin, 1990). Il a été démontré que cette méthode surestime l'âge des plus jeunes.

Nos modèles ont fourni des résultats équivalents à la méthode de Lamendin dans les classes d'âge : 30/35 ans, 40/45 ans et 50/55 ans.

Pour les classes d'âges 25/30 ans et les 35/40 ans, la précision du modèle est moins bonne mais permet de déterminer un âge avec des marges d'erreur de 9,84 ans et 9,39 ans. En revanche, chez les plus de 60 ans, les erreurs moyennes absolues ne sont pas négligeables et le modèle proposé est moins satisfaisant que les autres modèles odontologiques. Il sous-estime l'âge des sujets âgés tout comme celui de Lamendin. En effet, en présence d'une hygiène satisfaisante, peu de perte d'attache et d'alvéolyse existent chez le sujet âgé. Ainsi des erreurs par sous-estimation sont possibles chez le sujet âgé à bon niveau d'hygiène bucco-dentaire. (Foti *et al*, 2001)

Dans cette étude, nous avons sélectionné des patients dont le parodonte était sain, en sachant que si on minimisait les erreurs dans les tranches d'âge de 25 à 60 ans, on allait créer des erreurs importantes de sous estimation chez les sujets âgés.

Nos résultats ont débouché sur les mêmes conclusions, qu'il s'agisse du modèle non ajusté ou du modèle ajusté sur les différentes variables individuelles et comportementales.

Intérêt de la création d'un échantillon « bootstrap »

Nous avons réalisé un échantillon « Bootstrap » sur lequel nous avons déterminé de nouvelles formules d'estimation d'âge. Ce rééchantillonnage s'il ne rajoute aucune information supplémentaire (toute information étant contenue dans l'échantillon initial), permet d'extraire de l'échantillon de base, l'information souhaitée ; en l'occurrence l'âge.

Le calcul statistique sur cet échantillon a permis d'améliorer la robustesse du modèle prédictif et de renseigner sur la stabilité de celui-ci. Nous avons pu réaliser des estimations légèrement plus précises sans avoir recours à de nouvelles observations.

Pour les populations anciennes, le RMSE est en effet passé de 11,88 à 11,71 ; la constante a été abaissée alors que l'équation est restée sensiblement identique.

Pour les populations récentes dont nous avons des renseignements socio-démographiques, nous avons pu tirer les mêmes conclusions ; le RMSE s'est légèrement amélioré, la constante a diminué et l'équation est similaire au modèle non « bootstrapé ».

Pour les 2 modèles, l'erreur moyenne absolue a été légèrement améliorée et les prédictions les plus fiables se font pour les 30/35 ans et les 50/55 ans avec des résultats supérieurs à ceux de la méthode de Lamendin.

3.5. Discussion sur les applications des 2 modèles

3.5.1. Discussion sur l'application du modèle « simple ».

Une application du modèle simple sur une collection ostéologique ancienne nous a semblé indispensable sur le plan anthropologique. Notre méthode a permis de donner une valeur d'âge et nous les avons comparées à des classes d'âges estimées par le biais de différentes méthodes anthropologiques. Pour les 32 individus, nous avons regardé si notre âge estimé appartenait ou pas à la classe d'âge estimée (1 ou 0) et calculé le nombre de paires pour lesquelles il y avait concordance.

Les résultats nous ont paru intéressants du point de vue de la méthodologie et des premiers résultats.

La méthode a été aisément applicable sur les crânes secs par mesure directe avec le pied à coulisse et avec une lecture aisée. Les pertes osseuses traumatiques ou taphonomiques ont été facilement discriminées des pertes osseuses qui sont dues à l'alvéolyse ; cela pouvait constituer un biais important de l'étude. La connaissance de la physiologie de l'os alvéolaire et du phénomène de résorption dû à l'alvéolyse ont suffi à en faire l'analyse.

En ce qui concerne les résultats, les premières mesures ont semblé prometteuses. Si les faibles pourcentages de prédictions concordantes (50 %) ont pu décevoir, il faut toutefois tempérer le résultat. L'effectif de crânes étudiés a été faible (32) pour permettre une étude statistique fiable. De plus, un certain nombre de squelettes était estimé comme étant des adultes jeunes ou vieux ; classes d'âges pour lesquelles notre méthode s'est révélée peu fiable. Si on tient compte des tranches d'âges pour lesquelles nous avons démontré une bonne précision d'estimation du modèle (25/60 ans) et que nous considérons une erreur d'estimation en valeur absolue de 5 ans comme correcte, le pourcentage de concordance des estimations a atteint 76 % (19 biens prédits sur 25 crânes).

3.5.2. Discussion sur l'application du modèle « ajusté ».

Le modèle ajusté a été appliqué aux mesures d'alvéolyse faites sur l'échantillon des 50 TDM documentées pour estimer l'âge des patients. Ce nouvel échantillon d'âge connu a représenté 10 % de l'effectif de l'échantillon qui a servi à élaborer le modèle ; ce qui nous a semblé constituer un effectif exploitable. Si la validation de ce modèle avait été réalisée par comparaison des 3 indicateurs d'erreurs, nous avons voulu constater sur une nouvelle série de patients, la pertinence des résultats que nous avons annoncés. L'absence de différence significative dans la comparaison des moyennes des âges réels et estimés nous a fourni un élément de validation supplémentaire.

La distribution des résidus a démontré que si on considérait les 25/60 ans (âges pour lesquels notre méthode a été validée), nous avons 74 % de bonnes prédictions avec une marge d'erreur de 5 ans acceptable, et aucune erreur de prédiction, avec une marge supérieure à 10 ans. Ces résultats sont du niveau des autres méthodes odontologiques, en particulier celle de Lamendin, et semblent fournir une précision satisfaisante.

IV - AUTRES PERSPECTIVES

A l'issue de l'étude menée sur les 550 patients de la région marseillaise, l'analyse des résultats et l'obtention de modèles de prédiction de l'âge nous a amené à réfléchir sur la réversibilité de ces modèles afin d'expliquer l'alvéolyse par l'âge. L'intérêt de prévention de la résorption alvéolaire nous a paru intéressant et présage un prolongement de ce travail pour la pratique odontologique.

L'obtention de modèles personnalisés de prédiction de l'alvéolyse peut constituer un outil de dépistage de la maladie parodontale et une prise de conscience des facteurs aggravants qui lui sont corrélés. Les chirurgiens dentistes devraient s'engager dans un traitement multidisciplinaire, faisant appel à des diabétologues, cardiologues, médecins généralistes.

4.1. Matériel et méthode

4.1.1. Matériel

L'étude a été menée sur une population de 250 sujets issus d'un des foyers de recrutements que nous avons renseigné dans le travail précédent. Cet échantillon provenait d'une patientèle de ville pour laquelle l'historique dentaire, le suivi thérapeutique et l'évolution finale du traitement étaient connus. Ces renseignements ont été indispensables pour l'interprétation des résultats et la validation sur un échantillon test.

Le recueil des données s'est déroulé de manière identique à celui de l'étude générale.

Les patients examinés étaient indemnes de maladies parodontales ou avaient été traités à ce stade.

Les données ont été recueillies sur un tableau Excel[®] et exploitées par les logiciels statistiques SAS[®] et SYSTAT 8.0[®]. (Ruquet et al, 2009)

Trois échantillons ont été constitués par tirage au sort : un échantillon de 200 TDM au sein duquel un sous échantillon de faisabilité de 30 TDM et un échantillon de validation de 50 TDM ont été randomisés.

4.1.2. Méthode

Les mesures ont été directement effectuées sur le film ou numérisées.

Nous avons retenu la méthodologie de l'étude sur l'âge.

L'indice parodontal a été calculé à partir de mesures effectuées, de la même manière, sur les 6 dents de Ramfjörd.

Les mesures ont été effectuées avec le même matériel (pied à coulisse digital). La distance Jonction émail ciment/sommet de la crête osseuse au niveau mésial et distal des 6 dents de Ramfjörd a été directement mesurée sur les coupes panoramiques des tomodensitométries. Les valeurs ont été relevées sur un tableau Excel[®]. La moyenne des 12 mesures nous a donné le niveau d'alvéolyse de chaque sujet.

L'âge de chaque sujet a été calculé, en années (exprimées au centième), à partir de la date de naissance et de la date de l'examen scannographique.

Le sexe, l'entité « imprégnation hormonale », les habitudes tabagiques ont été pris en compte et cotés similairement à l'étude princeps.

Il en a été de même pour les pathologies générales (prise de médicaments, pathologies endocriniennes, troubles circulatoires,

obstructions pulmonaires chroniques et affections intestinales inflammatoires).

Protocole de la méthode

Faisabilité des prises de mesures :

Sur l'échantillon de faisabilité (n=30), 2 séries de mesures mésiales et distales par 2 observateurs ont été effectuées afin de tester leur répétabilité et leur reproductibilité dans les mesures.

Liens entre alvéolyse et sexe, alvéolyse et âge :

Sur l'échantillon d'apprentissage (n=200), les liens de l'alvéolyse avec l'âge et le sexe ont été recherchés en fonction des différents critères relevés (sexe, imprégnation hormonale chez les femmes, hygiène, tabagisme, existence d'une pathologie comportementale, prise de médicaments, pathologie endocrinienne, pathologie circulatoire, pathologie respiratoire, pathologie inflammatoire intestinale).

Modélisation :

A partir des mesures de l'échantillon d'étude (n=200), 2 formules de prédiction de l'alvéolyse ont été établies en fonction de l'âge uniquement, et ajustées sur les différentes variables individuelles pertinentes, retenues statistiquement et cela pour chaque sexe.

Validation des modèles :

L'application des modèles obtenus sur l'échantillon de 50 TDM a permis de vérifier leurs validités respectives.

Analyses statistiques :

Les fréquences des items qualitatifs, associés au phénomène d'alvéolyse (sexe, imprégnation hormonale, hygiène, tabagisme,

pathologies comportementales, drogues et médicaments, troubles endocriniens, troubles circulatoires, obstruction pulmonaire chronique, affection inflammatoire chronique) ont été calculées.

Les items quantitatifs (âge, alvéolyse) ont été explorés par leurs moyennes et leurs médianes.

Liens entre alvéolyse et sexe, entre alvéolyse et âge

Les liens entre l'alvéolyse et le sexe puis entre l'alvéolyse et l'âge ont été testés par comparaison de moyennes (test de Student pour échantillons indépendants) et tests de corrélation de Pearson.

Liens entre alvéolyse, facteurs individuels et comportementaux et sexe

Les liens de l'alvéolyse en fonction des différents critères, ont été étudiés par analyse de variance à deux facteurs croisés

Modélisation

Une modélisation de la résorption alvéolaire en fonction du sexe et de l'âge a été recherchée puis en fonction de l'âge et du sexe ajustée sur les différents critères.

Validation des modèles

Les formules de régression obtenues ont été appliquées sur l'échantillon de validation (n=50). La valeur d'alvéolyse prédite a été comparée à celle calculée sur les radiologies.

4.2. Résultats

4.2.1. Faisabilité des mesures (n=30)

L'analyse de variance à 2 facteurs croisés n'a pas mis en évidence de différence significative intra et inter observateurs (ANOVA ; $p=0,96$). La technique de mesure était donc répétable et reproductible. **(Annexe 36)**

4.2.2. Analyse descriptive (n=200)

Le sex ratio était de 1,78 en faveur des femmes.

L'âge des sujets de l'échantillon était compris entre 16 à 85,6 ans avec une moyenne à 50,2 ans et une médiane à 50,5 ans (respectivement, 49,3 et 48,8 ans pour les femmes et 51,1 et 52,2 ans pour les hommes).

L'alvéolyse relevée de l'échantillon d'apprentissage était comprise entre 0,98 mm et 9,15 mm avec une moyenne de 3,1 mm et une médiane de 3,5 mm. **(Annexe 37)**

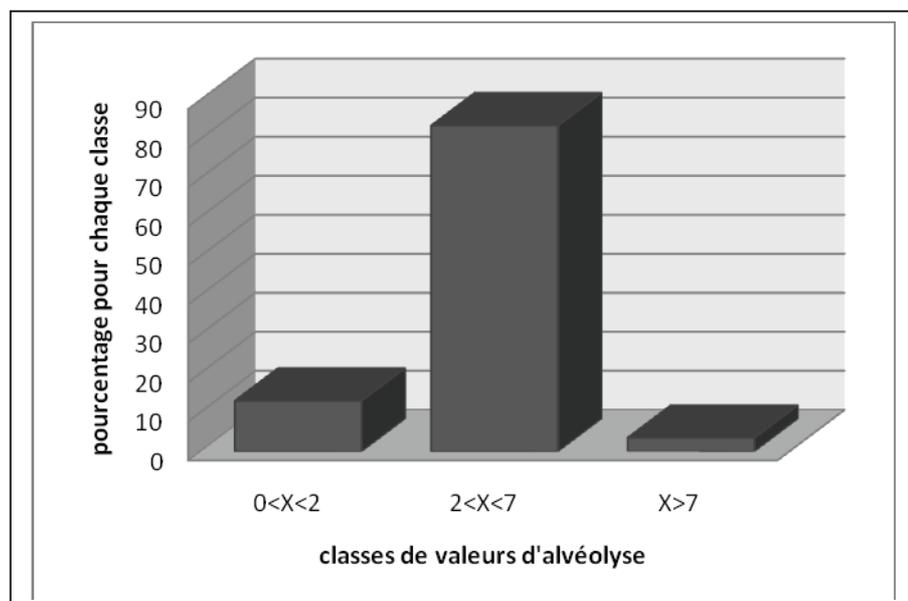


Fig. 32 : Répartition des valeurs d'alvéolyse

Les patientes n'ayant aucune perturbation hormonale étaient les moins nombreuses (76) face à celles présentant une perturbation hormonale modérée (64) ou importante (60), la plupart étant classée en 2 ou 3.

59 % des patients présentaient une hygiène de bonne qualité.

La majorité de l'échantillon était non-fumeur (122), 67 % des fumeurs étant des hommes.

Seulement, 31 patients prenaient des médicaments.

Les troubles endocriniens étaient peu représentés (32), la majeure partie étant des diabètes.

Trente trois patients avaient des troubles circulatoires.

L'effectif de patients atteints d'obstruction pulmonaire chronique était faible (19) et essentiellement représenté par des bronchites chroniques liées au tabac ou à l'asthme.

Enfin, les inflammations intestinales chroniques étaient peu représentées (11).

Les pathologies circulatoires et les inflammations chroniques intestinales touchaient plus les hommes dans les proportions de 19,4 et 8,3 % (contre 9,4 et 3,9 % des femmes) ; les pathologies pulmonaires, les troubles endocriniens et la prise de médicaments étaient prépondérants chez les femmes, respectivement pour 14,8, 20 et 18,75 % (contre 8,3 % chez les hommes). **(Annexe 38)**

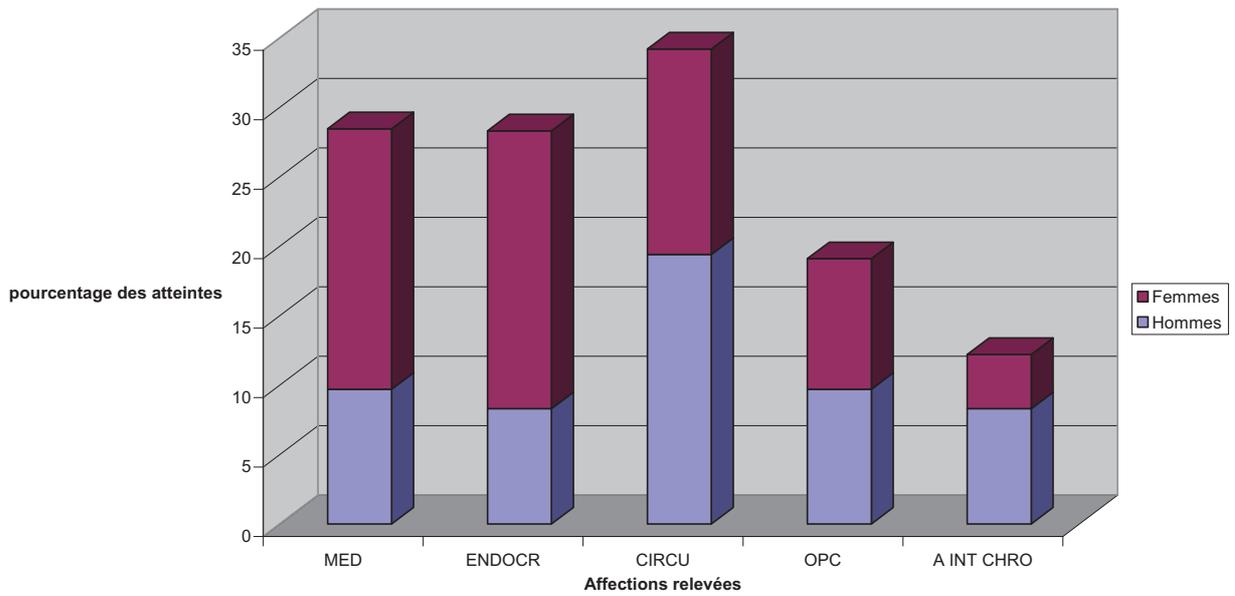


Fig. 33 : Répartition des pathologies en fonction du sexe (échantillon d'apprentissage)

4.2.3. Lien entre alvéolyse et âge

Une corrélation positive entre l'âge et l'alvéolyse a été mise en évidence ($r ; p=0,00$)

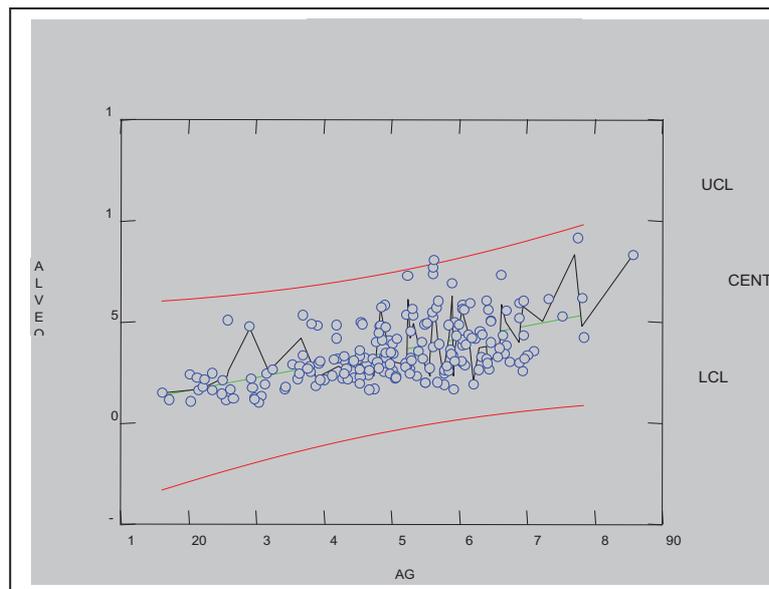


Fig. 34 : Variation de l'alvéolyse en fonction de l'âge

4.2.4. Liens entre alvéolyse et variables individuelles et comportementales

Les variables individuelles et comportementales influencent l'alvéolyse de manière différente.

Il est apparu une influence significative de l'hygiène ($p=0,40$), de l'hygiène en fonction du sexe (chez les hommes, la mauvaise hygiène entraînant une alvéolyse supérieure), du tabagisme ($p=0,00$), des troubles endocriniens, circulatoires et pulmonaires obstructifs ($p=0,00$) (ANOVA).

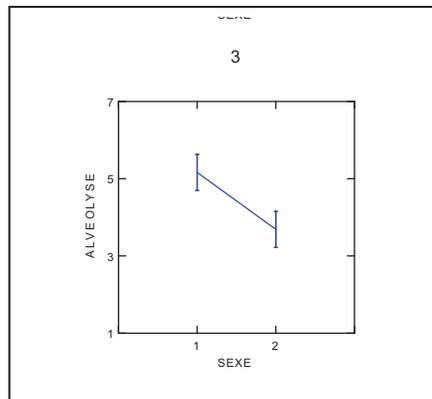


Fig. 35 : Lien en condition de mauvaise hygiène entre alvéolyse et sexe

| | ImprH | Hyg. | Tabac | Méd. | Endocrin. | Circu. | OPC | AIC | |
|-----------|-------|-------|-----------|------|-----------|--------|------|-----|----|
| Alvéolyse | NS | S *** | S* | S*** | NS | S** | S*** | S* | NS |
| | | | X SEXE | | | | | | |

* : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$

Fig. 36 : Tableau des liens entre alvéolyse et variables individuelles et comportementales

(Annexes 39 et 40)

4.2.5 - Modélisation de l'alvéolyse

Une modélisation du lien entre l'alvéolyse et l'âge selon le sexe a été obtenue : par régression linéaire simple (avec $r^2=0,88$ et $p=0,00$ chez les hommes et $r^2=0,89$ et $p=0,00$ chez les femmes) et par régression linéaire multiple, donnant une formule ajustée sur l'imprégnation hormonale et le tabagisme (avec $r^2=0,911$ et $p=0,00$ chez les hommes, et $r^2=0,90$ et $p=0,00$ chez les femmes). (**Annexe 41**)

Modélisation de l'alvéolyse en fonction de l'âge uniquement (MAS)

-sexe masculin :

$$\text{Alvéolyse} = 0,071 * \text{AGE}$$

$$r^2=0,883$$

-sexe féminin :

$$\text{Alvéolyse} = 0,069 * \text{AGE}$$

$$r^2=0,892$$

Modélisation de l'alvéolyse ajusté sur tous les items (MTI)

A partir de régressions linéaires pas à pas ascendantes deux modèles sont obtenus.

- sexe masculin :

$$\text{Alvéolyse} = (0,063 * \text{Age}) - (1,177 * \text{Imprégnation hormonale}) + (1,052 * \text{Tabac})$$

$$r^2=0,911$$

- sexe féminin :

$$\text{Alvéolyse} = (0,034 * \text{Age}) + (0,505 * \text{Imprégnation hormonale}) + (0,496 * \text{Tabac})$$

$$r^2=0,908$$

4.2.6. Validation des modèles prédictifs (n=50)

Parmi les 4 modèles appliqués de prédiction de l'alvéolyse en fonction de l'âge, les 2 modèles ajustés en fonction de l'imprégnation hormonale et du tabagisme se sont avérés de bonne estimation : aucune différence significative n'a été trouvée entre l'alvéolyse estimée et l'alvéolyse calculée sur les 50 TDM de l'échantillon de validation.

(Annexe 42)

En revanche, le modèle « simple » est mauvais prédicteur chez les hommes ($p=0,044$)

| ALVEOLYSE | MTI | MAS |
|-----------|------------|----------------|
| HOMME | N.S | p=0,044 |
| FEMME | N.S | N.S |

Fig. 37 : Significativité du test de Wilcoxon selon les modèles et le sexe (variable alvéolyse)

4.3. Discussion

4.3.1. Caractéristiques de l'échantillon

L'âge moyen de ces patients, tous sexes confondus, est d'environ 50 ans (49,14 pour les femmes, 50,14 pour les hommes).

En ce qui concerne l'alvéolyse, les résultats étaient également en accord avec ceux mis en évidence dans l'étude principale, n'appelant aucune conclusion particulière vis-à-vis de ce « sous échantillon ».

Il en était de même pour la distribution des facteurs individuels et comportementaux.

4.3.2. Effets des facteurs individuels et comportementaux sur l'alvéolyse

L'étude a montré une très nette corrélation entre l'aggravation de l'alvéolyse et l'âge. L'action du vieillissement des structures et de la maladie parodontale s'accumulent avec le temps et font de l'âge un facteur d'aggravation important de l'alvéolyse.

Cette nouvelle analyse n'a pas permis, comme nous l'avions noté précédemment, de retrouver de lien entre alvéolyse et sexe.

Le lien significatif entre le niveau d'hygiène et la valeur de l'alvéolyse que nous avons déjà mis en évidence se retrouve dans le sous échantillon. Ce lien est différent selon le sexe, ce qui constitue un élément nouveau de réflexion.

On pourrait supposer d'après les résultats que deux effets se sont neutralisés statistiquement.

Les hommes seraient ainsi plus sensibles à la maladie parodontale dès leur jeune âge.

Les femmes seraient peu atteintes jusqu'à 45 ans, puis la sensibilité des tissus gingivaux aux hormones stéroïdes circulantes deviendrait importante, les rendant à leur tour très prédisposées à la maladie parodontale.

Le phénomène d'alvéolyse pourrait donc être différent selon le sexe dans son mécanisme d'attaque, même s'il concerne indifféremment les hommes et les femmes.

Les résultats obtenus ont été les mêmes pour les autres facteurs (tabagisme, pathologies endocriniennes, circulatoires, obturations pulmonaires chroniques).

Par contre, nous n'avons pas établi de lien significatif entre prise de médicaments, affections intestinales chroniques et alvéolyse contrairement à ce qui était ressorti de l'étude générale. Ce résultat discordant est à mettre au crédit de l'insuffisance de représentation de ces deux facteurs (respectivement 31 et 11 cas).

4.3.3. Prédiction de l'alvéolyse

L'exploitation des mesures d'alvéolyse a permis de proposer des modèles prédictifs de la valeur de l'alvéolyse en fonction de l'âge. Les équations proposées respectent le cahier des charges car elles prennent en compte un nombre restreint de facteurs permettant une utilisation aisée de ces formules. L'intérêt de ce travail complémentaire est à visée essentiellement préventive.

Lorsqu'un patient consulte, il peut être intéressant de comparer son niveau réel d'alvéolyse à celui attendu. En cas de différence significative, on pourra chercher si des facteurs aggravants agissent sur le patient et mettre en place un plan de traitement appropriée.

Si le niveau d'alvéolyse du patient est très supérieur à celui donné par la formule on pourra redouter une atteinte parodontale sévère et on réalisera, par exemple, des thérapeutiques parodontales initiales ou chirurgicales.

Le modèle de régression intégrant tous les items semble prédire d'une manière satisfaisante l'alvéolyse. Il est de plus utilisable aussi bien chez l'homme que chez la femme et tire partie de l'interrogatoire médical systématique de toute consultation odontologique. Le nombre de variables est également restreint et son usage est simple.

L'action de l'âge, de l'imprégnation hormonale et du tabac qui sont effectivement les trois critères corrélés à l'alvéolyse, se retrouvent dans ce modèle.

Il faut toutefois souligner que cette équation de prédiction est issue d'un échantillon de taille restreinte et que le traitement statistique fait ressortir des erreurs d'estimation importantes.

C'est donc plus la méthodologie qui est à retenir que le résultat brut. Elle devra être poursuivie sur un échantillon de taille au moins comparable à celui de l'étude principale.

Si l'interrogatoire fait défaut ou ne semble pas significatif (troubles psychiatriques, absence de communication...) un modèle ne faisant intervenir que l'âge peut être utilisé chez les femmes.

CONCLUSION

CONCLUSION

L'anthropologie médico-légale a connu ces dernières années un fort développement avec l'apparition de nouvelles techniques. Les catastrophes naturelles, les guerres, les actes de terrorisme mais également les découvertes de charniers du passé sont plus que jamais d'actualité et s'accompagnent d'une demande accrue d'identification, en particulier, reconstructive. Dans ce domaine, l'odontologiste a un rôle important à jouer.

L'âge est un des critères les plus difficiles à appréhender de part la nature du matériel d'étude (os manquants, dégradés ou inutilisables) et de la part de la tranche d'âge à laquelle appartient l'individu. Par ailleurs, les méthodes médico-légales ou anthropologiques existantes (ostéologiques, histologiques, odontologiques) présentent de nombreux biais méthodologiques et ne sont pas toujours reproductibles par un opérateur non entraîné.

Baccino et collaborateurs ont comparé plusieurs méthodes individuelles : Suchey Brooks, Iscan, Lamendin et Kerley. (Baccino, 1999) La méthode odontologique de Lamendin donne selon lui les meilleurs résultats avec une erreur moyenne de 5 ou 6 ans, soulignant ainsi, l'intérêt de l'odontologie dans le domaine forensique.

La méthode de Lamendin n'est toutefois pas applicable pour les plus de 40 ans jusqu'à 69 ans. C'est pour cela que nous avons cherché à développer une méthode odontologique de précision similaire mais utilisable chez l'adulte jeune notamment en conservant l'avantage de la simplicité de la méthode Lamendin, en respectant l'intégralité du matériel anatomique d'investigation.

Nous avons réalisé notre étude sur un échantillon d'âge connu afin d'obtenir une population de référence identifiée. L'effectif de 500 patients nous a permis de prendre en compte la variabilité interindividuelle et d'avoir des classes d'âge suffisamment représentées pour être statistiquement utilisables. Les données ont été traitées en tenant compte de la variabilité de l'alvéolyse.

Afin de définir la population sur laquelle nous avons travaillé, cette étude a fourni un certain nombre de renseignements épidémiologiques concernant l'alvéolyse et les facteurs prédisposants qui participent à son aggravation.

Ainsi, nous avons pu mettre en évidence que l'alvéolyse ne résulte pas d'un simple phénomène de sénescence mais que le lien de l'alvéolyse avec l'âge est dépendant du nombre d'années durant lesquelles des facteurs aggravants auront agressé le parodonte. Les habitudes

tabagiques et la mauvaise hygiène ont influencé le lien entre l'alvéolyse et l'âge. Il en est de même pour la prise de certains médicaments (neuroleptiques, antiépileptiques) et de certaines pathologies systémiques (pathologies circulatoires, endocriniennes, respiratoires ou intestinales). Certaines de ces pathologies sont d'ailleurs liées entre elles, à l'instar du tabac avec les pathologies respiratoires ou la prise de médicaments avec le niveau d'hygiène. Ces facteurs participent à la variabilité de l'alvéolyse et nous en avons tenu compte dans l'élaboration des modèles.

La méthode s'est révélée répétable et reproductible avec un matériel simple (pied à coulisse, cliché tomodynamométrique) non iatrogène pour celui-ci.

Elle pourra être transposée en Anthropologie à l'étude de populations anciennes et en médecine légale dans une optique d'identification reconstructive.

Nous avons proposé un modèle estimant l'âge d'un individu à partir de l'alvéolyse seule et un second modèle ajusté sur les variables individuelles et comportementales pertinentes, les pathologies circulatoires et comportementales. Le calcul de la précision du modèle s'est fait par tranche d'âge et comparaison d'indicateurs de précision. Il ressort de cette analyse que notre formule prédit de manière correcte entre 25 et 60 ans et à fortiori entre 25 et 40 ans ; classe d'âge pour laquelle aucune méthode odontologique ne donne satisfaction. L'erreur moyenne de prédiction a été de l'ordre de 7 ans pour le modèle ajusté. Afin d'améliorer la robustesse du modèle prédictif et de renseigner sur sa stabilité, nous avons réalisé une méthode « bootstrap » sur l'échantillon de 500 TDM, obtenant un échantillon virtuel de 5 000 cas.

Les résultats ont été sensiblement les mêmes que ceux obtenus à partir de l'échantillon d'apprentissage mais les erreurs de prédiction et les racines carrées des erreurs quadratiques moyennes ont été légèrement diminuées.

La méthode complète, ajustée sur les facteurs socio démographiques et épidémiologiques et appliquée sur un échantillon « test » a confirmé un niveau de prédiction intéressant avec des erreurs de 5 ans en valeur absolue pour la majorité des prédictions et inférieures à 10 ans dans tous les cas. La simplicité de mise en œuvre de la méthode, son faible coût en facilitera son utilisation, que l'on soit sur le terrain ou en salle d'autopsie.

Ce travail pourrait être poursuivi en réalisant des associations de techniques ostéologiques ou odontologiques afin de rechercher une éventuelle augmentation de la prédiction. Il semble s'agir d'une orientation intéressante et pluridisciplinaire initiée par Baccino et al, 1999.

L'application du modèle simple sur un échantillon ostéologique ancien a permis par ailleurs, de démontrer l'adéquation du matériel et de la méthode avec les besoins et les impératifs propres à l'anthropologie médico-légale. Son niveau de concordance dans l'estimation de l'âge par rapport aux autres techniques anthropologiques a semblé encourageant et nous autorise à proposer une prédiction fiable dans les cas où aucune méthode existante ne donne satisfaction. Elle a permis, également, de renforcer le faisceau de prédiction de l'âge en s'ajoutant aux autres méthodes anthropologiques habituellement utilisées.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

1. Albandar, J.M., V.S. Baghdady, and L.J. Ghose, *Periodontal disease progression in teenagers with no preventive dental care provisions*. J Clin Periodontol, 1991. **18**(5): p. 300-4.
2. Anderson, G.L., et al., *Effects of conjugated equine estrogen in postmenopausal women with hysterectomy: the Women's Health Initiative randomized controlled trial*. JAMA, 2004. **291**(14): p. 1701-12.
3. Baccino, E., et al., *Evaluation of seven methods of estimating age at death from mature human skeletal remains*. J Forensic Sci, 1999. **44**(5): p. 931-6.
4. Bokor-Bratic, M., *[Effects of smoking on the periodontium]*. Med Pregl, 2002. **55**(5-6): p. 229-32.
5. Bolin, A., et al., *Proximal alveolar bone loss in a longitudinal radiographic investigation. IV. Smoking and some other factors influencing the progress in individuals with at least 20 remaining teeth*. Acta Odontol Scand, 1986. **44**(5): p. 263-9.
6. Bonaldi C, R.I., Fagot-Campagna A, *Impacts du vieillissement de la population et de l'obésité sur l'évolution de la prévalence du diabète traité : situation de la France métropolitaine à l'horizon 2016*. Bull Epidémiol Hebd, 2006. **10**: p. 69-71.
7. Borel, J., *Manuel de prothèse partielle amovible*. 1994, Paris: Masson. 167.
8. Charpentier, J.F. and M.C. Francois, *[Radiographic study of the development of alveolar resorption as a function of age and sex at the level of the premolars and the first lower molars]*. Rev Belge Med Dent, 1974. **28**(4): p. 397-406.
9. Cogo, A., et al., *Acquired risk factors for deep-vein thrombosis in symptomatic outpatients*. Arch Intern Med, 1994. **154**(2): p. 164-8.
10. Colella, G., et al., *[Changes in the mouth mucosa in patients with chronic inflammatory intestinal diseases]*. Minerva Stomatol, 1999. **48**(9): p. 367-71.
11. Curilovic, Z., Z. Mazor, and H. Berchtold, *Gingivitis in Zurich schoolchildren. A reexamination after 20 years*. SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd, 1977. **87**(8): p. 801-8.
12. Daly, C.G., *Resolution of cyclosporin A (CsA)-induced gingival enlargement following reduction in CsA dosage*. J Clin Periodontol, 1992. **19**(2): p. 143-5.
13. Dersot, J.M., F. Mirot, and Y. Samama, *[Periodontal maintenance and prosthetic restoration]*. J Parodontol, 1986. **5**(4): p. 365-71.

14. Eickholz, P., et al., *Radiographic parameters for prognosis of periodontal healing of infrabony defects: two different definitions of defect depth*. J Periodontol, 2004. **75**(3): p. 399-407.
15. Eiseman, B., L.R. Johnson, and J.R. Coll, *Ultrasound measurement of mandibular arterial blood supply: techniques for defining ischemia in the pathogenesis of alveolar ridge atrophy and tooth loss in the elderly?* J Oral Maxillofac Surg, 2005. **63**(1): p. 28-35.
16. Foti, B., et al., *Limits of the Lamendin method in age determination*. Forensic Sci Int, 2001. **122**(2-3): p. 101-6.
17. Freour, P. and J.F. Tessier, *[Smoking habits in France among general practitioners and the general male population over a twenty-five year period (1966-1991)]*. Bull Acad Natl Med, 1993. **177**(1): p. 21-32; discussion 32-4.
18. Fu, E., et al., *Effects of cyclosporin A on alveolar bone: an experimental study in the rat*. J Periodontol, 1999. **70**(2): p. 189-94.
19. Garcia, R.I., M.E. Nunn, and P.S. Vokonas, *Epidemiologic associations between periodontal disease and chronic obstructive pulmonary disease*. Ann Periodontol, 2001. **6**(1): p. 71-7.
20. Greene, J.C. and J.D. Suomi, *Epidemiology and public health aspects of caries and periodontal disease*. J Dent Res, 1977. **56 Spec No**: p. C20-6.
21. Gustafson, G., *Microscopic examination of teeth as a means of identification*. J Am Dent Assoc, 1947. **35**: p. 720-724.
22. Haertig, A., K. Crainic, and M. Durigon, *[Medicolegal identification by the dental system]*. Presse Med, 1985. **14**(9): p. 543-5.
23. Hescot, P., D. Bourgeois, and J. Doury, *Oral health in 35-44 year old adults in France*. Int Dent J, 1997. **47**(2): p. 94-9.
24. Hugoson, A., *Gingival inflammation and female sex hormones. A clinical investigation of pregnant women and experimental studies in dogs*. J Periodontal Res Suppl, 1970. **5**: p. 1-18.
25. INSEE, *Population : éléments de bilan démographique pour 2005*. 2005.
26. INSEE, 2010.
27. Ionescu, O., et al., *[Oral manifestations of endocrine dysfunction]*. Ann Endocrinol (Paris), 2004. **65**(5): p. 459-65.
28. Iscan, M.Y., et al., *Sexual dimorphism in the humerus: a comparative analysis of Chinese, Japanese and Thais*. Forensic Sci Int, 1998. **98**(1-2): p. 17-29.

29. Jansson, L., S. Lavstedt, and M. Zimmerman, *Prediction of marginal bone loss and tooth loss--a prospective study over 20 years*. J Clin Periodontol, 2002. **29**(8): p. 672-8.
30. Jousset, A.F., C Gard, M Penneau, Cl Rougé-Maillart, *Détermination de l'âge des adultes en post-mortem: intérêt de l'utilisation des critères de Gustafson*. Colloques du Groupement des Anthropologistes de Langue Française (GALF), 2006. **11**: p. 271-277.
31. Kabasawa, M., et al., *Effect of age on physiologic and mechanically stressed rat alveolar bone: a cytologic and histochemical study*. Int J Adult Orthodon Orthognath Surg, 1996. **11**(4): p. 313-27.
32. Kelly, *Relationships of radiographic bone height, pocket depth and attachment level in a longitudinal study of periodontal diseases*. 1973, Michigan: Michigan.
33. Krall, W.J., et al., *Increased levels of spliced RNA account for augmented expression from the MFG retroviral vector in hematopoietic cells*. Gene Ther, 1996. **3**(1): p. 37-48.
34. Kullman, L., *Accuracy and precision in some dental radiographic methods. A methodological study with special considerations in age estimation in juveniles*. Swed Dent J Suppl, 1995. **104**: p. 1-38.
35. Lamendin, H., et al., *A simple technique for age estimation in adult corpses: the two criteria dental method*. J Forensic Sci, 1992. **37**(5): p. 1373-9.
36. Lamendin, H., et al., *[Estimation of age by a method of 2 dental criteria]*. Chir Dent Fr, 1990. **60**(539): p. 93-6.
37. Laurell, L., C. Romao, and A. Hugoson, *Longitudinal study on the distribution of proximal sites showing significant bone loss*. J Clin Periodontol, 2003. **30**(4): p. 346-52.
38. Linden, G., *Periodontal destruction and loss of the remaining natural teeth*. Community Dent Oral Epidemiol, 1988. **16**(1): p. 19-21.
39. Loë, h., *The gingival index, the plaque index and the retention index systems*. Journal of Periodontology, 1967. **38**: p. 610-616.
40. Lucy, D. and A.M. Pollard, *Further comments on the estimation of error associated with the Gustafson dental age estimation method*. J Forensic Sci, 1995. **40**(2): p. 222-7.
41. Lynnerup, N., J.L. Thomsen, and B. Frohlich, *Intra- and inter-observer variation in histological criteria used in age at death determination based on femoral cortical bone*. Forensic Sci Int, 1998. **91**(3): p. 219-30.
42. Machtei, E.E., et al., *Longitudinal study of predictive factors for periodontal disease and tooth loss*. J Clin Periodontol, 1999. **26**(6): p. 374-80.

43. Mandojana, J.M., et al., *Differences in morphological age-related dental changes depending on postmortem interval*. J Forensic Sci, 2001. **46**(4): p. 889-92.
44. Marthaler, T.M., B. Engelberger, and K.H. Rateitschak, *Bone loss in Ramfjord's index: substitution of selected teeth*. Helv Odontol Acta, 1971. **15**(2): p. 121-6.
45. Martrille, L., et al., *Comparison of four skeletal methods for the estimation of age at death on white and black adults*. J Forensic Sci, 2007. **52**(2): p. 302-7.
46. Milner, M., et al., *Bone density changes during two years treatment with tibolone or conjugated estrogens and norgestrel, compared with untreated controls in postmenopausal women*. Menopause, 2000. **7**(5): p. 327-33.
47. MONICA-France, *Registres français des cardiopathies ischémiques. Facteurs de risque et comportements de prévention dans la population des trois registres*. Monographie éditée par la Fédération Française de Cardiologie, 1998.
48. Norderyd, O. and A. Hugoson, *Risk of severe periodontal disease in a Swedish adult population. A cross-sectional study*. J Clin Periodontol, 1998. **25**(12): p. 1022-8.
49. Page, R.C., et al., *Longitudinal validation of a risk calculator for periodontal disease*. J Clin Periodontol, 2003. **30**(9): p. 819-27.
50. Papapanou, P.N. and J.L. Wennstrom, *Radiographic and clinical assessments of destructive periodontal disease*. J Clin Periodontol, 1989. **16**(9): p. 609-12.
51. Parsons, E.M. and J.V. Bono, *A new technique for establishing and maintaining an anteromedial knee portal*. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 2008. **37**(6): p. 323-4.
52. Paulander, J., et al., *Some risk factors for periodontal bone loss in 50-year-old individuals. A 10-year cohort study*. J Clin Periodontol, 2004. **31**(7): p. 489-96.
53. Persson, R.E., L.G. Hollender, and G.R. Persson, *Assessment of alveolar bone levels from intraoral radiographs in subjects between ages 15 and 94 years seeking dental care*. J Clin Periodontol, 1998. **25**(8): p. 647-54.
54. Persson, R.E., et al., *Comparison between panoramic and intra-oral radiographs for the assessment of alveolar bone levels in a periodontal maintenance population*. J Clin Periodontol, 2003. **30**(9): p. 833-9.
55. Pilot, T., et al., *Profiles of periodontal conditions in older age cohorts, measured by CPITN*. Int Dent J, 1992. **42**(1): p. 23-30.
56. Pinson, G., *France 2008 : pourquoi le nombre de naissances continue-t-il d'augmenter ?* Population et sociétés, 2009. **454**.
57. Ramfjörd, *Parodontologie et Parodontie, aspects théoriques et pratiques*. 1993: Masson.

58. Rams, T.E., et al., *Utility of Ramfjord index teeth to assess periodontal disease progression in longitudinal studies*. J Clin Periodontol, 1993. **20**(2): p. 147-50.
59. Reinhardt, R.A., G.K. Johnson, and L.M. DuBois, *Clinical effects of closed root planing compared to papilla reflection and fiber optic augmentation*. J Periodontol, 1991. **62**(5): p. 317-21.
60. Renvert, S., et al., *Analysis of periodontal risk profiles in adults with or without a history of myocardial infarction*. J Clin Periodontol, 2004. **31**(1): p. 19-24.
61. Renvert, S. and G.R. Persson, *Patient-based assessments of clinical periodontal conditions in relation to alveolar bone loss*. J Clin Periodontol, 2004. **31**(3): p. 208-13.
62. Ronderos, M., et al., *Associations of periodontal disease with femoral bone mineral density and estrogen replacement therapy: cross-sectional evaluation of US adults from NHANES III*. J Clin Periodontol, 2000. **27**(10): p. 778-86.
63. Ruquet, M.B., JJ; Tardivo D; Tosello A; Foti, B, *Characteristics and Prediction of the Alveolar Bone Loss: Essay of Modeling*. Odonto-Stomatologie Tropicale, 2009. **32**(4).
64. Russel, F.G., et al., *Na⁺ and H⁺ gradient-dependent transport of p-aminohippurate in membrane vesicles from dog kidney cortex*. Biochem Pharmacol, 1988. **37**(13): p. 2639-49.
65. Schmitt, A., *Age-at-death assessment of adult skeletons: reasons for hope*. Bulletins et mémoires de la société anthropologique de Paris, 2002. **14**(1-2).
66. Schuller, H., P.M. Jervoe-Storm, and M. Frentzen, *[The value of high resolution computed tomography (HRCT) in the diagnosis of deep forms of parodontitis]*. Rofo, 1993. **159**(4): p. 355-60.
67. Socransky, S.S., et al., *New concepts of destructive periodontal disease*. J Clin Periodontol, 1984. **11**(1): p. 21-32.
68. Solidarités, M.d.l.S.e.d., *Programme d'actions en faveur de la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO)*. 2005.
69. Sooriyamoorthy, M. and D.B. Gower, *Hormonal influences on gingival tissue: relationship to periodontal disease*. J Clin Periodontol, 1989. **16**(4): p. 201-8.
70. Styrt, B. and B. Sugarman, *Estrogens and infection*. Rev Infect Dis, 1991. **13**(6): p. 1139-50.
71. Tezal, M., et al., *The relationship between bone mineral density and periodontitis in postmenopausal women*. J Periodontol, 2000. **71**(9): p. 1492-8.
72. Viale, A, *Anthropologie du vieillissement: Période de la ménopause et état parodontal*. 2003: Marseille.

ANNEXES

ANNEXES

Annexe1 : QUESTIONNAIRE MEDICAL

Sexe

- Homme
- Femme

Date de naissance :

Profession :.....

1°/ Prenez vous actuellement des médicaments ?

- Oui, lesquels :
- Non

2°/ Fumez vous ?

- Oui
- Non

Si oui combien de Cigarettes par jour ?

3°/ Avez-vous, ou avez-vous eu une ou plusieurs affections ou traitements de la liste suivante ?

- Dépression
- Epilepsie
- Diabète
- Artériosclérose
- Infarctus du myocarde
- Bronchite chronique
- Affection intestinale inflammatoire
- Autres maladies ou traitements :.....

4°/ Brossage :

- Combien de fois vous brossez vous les dents par jour :.....
- Combien de fois allez-vous chez le dentiste par ans ?.....
- Saignez-vous souvent des gencives ?
 - Oui
 - Non

5°/ Pour les femmes :

- Etes-vous ou supposez vous être enceinte ?
 - Oui
 - Non

- Etes-vous ménopausées ?

- Oui
- Non

-Si oui, prenez vous un traitement hormonal substitutif ?

- Oui
- Non

- Souffrez-vous d'ostéoporose ?

- Oui
- Non

- Souffrez-vous de symptômes gênants dus à votre ménopause ?

- Oui
- Non

Date :.....

Annexe 2 : Répartition des 500 individus selon leur sexe

| SEXE | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|------|-----------|-------------|-------------------|------------------|
| 1 | 209 | 41.80 | 209 | 41.80 |
| 2 | 291 | 58.20 | 500 | 100.00 |

Annexe 3 : Répartition par sexe de l'âge

| FREQUENCE Pourcentage Pct en ligne Pct en col. | | | |
|---|--------------------|--------------------|------------|
| Table de clage par SEXE | | | |
| clage | SEXE(SEXE) | | Total |
| | 1 | 2 | |
| 1 | 7 1.40 46.67 | 8 1.60 53.33 | 15 3.00 |

| FREQUENCE | | | |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|
| Pourcentage | | | |
| Pct en ligne | | | |
| Pct en col. | | | |
| Table de clage par SEXE | | | |
| clage | SEXE(SEXE) | | Total |
| | 1 | 2 | |
| | 3.35 | 2.75 | |
| 2 | 14 2.80 46.67 6.70 | 16 3.20 53.33 5.50 | 30 6.00 |
| 3 | 15 3.00 41.67 7.18 | 21 4.20 58.33 7.22 | 36 7.20 |
| 4 | 21 4.20 53.85 10.05 | 18 3.60 46.15 6.19 | 39 7.80 |
| 5 | 17 3.40 36.17 8.13 | 30 6.00 63.83 10.31 | 47 9.40 |
| 6 | 15 3.00 34.09 7.18 | 29 5.80 65.91 9.97 | 44 8.80 |
| 7 | 26 5.20 49.06 12.44 | 27 5.40 50.94 9.28 | 53 10.60 |
| 8 | 26 5.20 37.14 12.44 | 44 8.80 62.86 15.12 | 70 14.00 |
| 9 | 19 3.80 | 32 6.40 | 51 10.20 |

| FREQUENCE Pourcentage Pct en ligne Pct en col. | | | |
|---|------------------------------|-------------------------------|---------------|
| Table de clage par SEXE | | | |
| clage | SEXE(SEXE) | | Total |
| | 1 | 2 | |
| | 37.25 9.09 | 62.75 11.00 | |
| 10 | 49 9.80 42.61 23.44 | 66 13.20 57.39 22.68 | 115 23.00 |
| Total | 209 41.80 | 291 58.20 | 500 100.00 |

Annexe 4 : Alvéolyse Moyenne des 500 individus

| Nb | Minimum | Maximum | Moyenne | Écart-type | 50e centile |
|-----------|----------------|----------------|----------------|-------------------|--------------------|
| 500 | 0.6787500 | 9.1566667 | 3.0089528 | 1.4403977 | 2.7137500 |

Annexe 5 : Niveau d'Alvéolyse par secteur des 500 individus

| Variable | Nb | Minimum | Maximum | Moyenne | Écart-type | 50e centile |
|-----------------|-----------|----------------|----------------|----------------|-------------------|--------------------|
| alveo_sect1 | 415 | 0.6700000 | 12.0500000 | 3.2236024 | 1.9792816 | 2.7750000 |
| alveo_sect2 | 446 | 0.5550000 | 13.6900000 | 2.8512780 | 1.5116132 | 2.4575000 |
| alveo_sect3 | 367 | 0.4700000 | 13.2250000 | 2.9476839 | 1.6842911 | 2.5800000 |
| alveo_sect4 | 395 | 0.6700000 | 8.6950000 | 2.7883882 | 1.3836457 | 2.4725000 |

Annexe 6 : Niveau d'Alvéolyse par latéralité des 500 individus

| Variable | Nb | Minimum | Maximum | Moyenne | Écart-type | 50e centile |
|------------------|-----|-----------|------------|-----------|------------|-------------|
| alveo_sectdroit | 389 | 0.7975000 | 7.7716667 | 2.8920900 | 1.4180515 | 2.6366667 |
| alveo_sectgauche | 425 | 0.5250000 | 10.1575000 | 2.8653098 | 1.4411959 | 2.5366667 |

| Variable | Nb | Minimum | Maximum | Moyenne | Écart-type | 50e centile |
|-------------|-----|-----------|------------|-----------|------------|-------------|
| alveo_maxi | 450 | 0.6325000 | 12.8700000 | 2.9955815 | 1.5604105 | 2.6466667 |
| alveo_mandi | 396 | 0.5725000 | 9.2383333 | 2.8494773 | 1.3821259 | 2.5758333 |

Annexe 8 : Niveau d'Alvéolyse par dent des 500 individus

| Variable | Nb | Minimum | Maximum | Moyenne | Écart-type | 50e centile |
|----------|-----|-----------|------------|-----------|------------|-------------|
| D16 | 415 | 0.5600000 | 11.9100000 | 3.4118554 | 2.1402972 | 2.8700000 |
| D21 | 413 | 0.4400000 | 9.5100000 | 2.7218886 | 1.4902848 | 2.4000000 |
| D24 | 422 | 0.6500000 | 13.7800000 | 3.0603081 | 1.8938030 | 2.5400000 |
| D36 | 367 | 0.4500000 | 15.9500000 | 3.0135422 | 1.8901230 | 2.5600000 |
| D41 | 379 | 0.5400000 | 10.3300000 | 2.7420053 | 1.5959617 | 2.3300000 |
| D44 | 380 | 0.6400000 | 13.5600000 | 2.8422105 | 1.4853405 | 2.5500000 |
| M16 | 415 | 0.5500000 | 12.7000000 | 3.0353494 | 2.1142841 | 2.4700000 |
| M21 | 413 | 0.0100000 | 10.5100000 | 2.6122276 | 1.4604773 | 2.3300000 |
| M24 | 422 | 0.6700000 | 13.6000000 | 2.9407346 | 1.7810887 | 2.4500000 |
| M36 | 367 | 0.4100000 | 14.1100000 | 2.8818256 | 1.7338463 | 2.5300000 |
| M41 | 379 | 0.5200000 | 9.6700000 | 2.7090237 | 1.5875019 | 2.2900000 |
| M44 | 379 | 0.5000000 | 9.0200000 | 2.8142744 | 1.4287995 | 2.5300000 |

Annexe 9 : Moyenne alvéolyse par facteur

apathocomp=0

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|----------------------------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
| 280 | 2.7911180 | 1.3394543 | 0.6787500 | 7.8790000 |

apathocomp=1

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|----------------------------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
| 220 | 3.2861970 | 1.5178345 | 1.0725000 | 9.1566667 |

PCIRC=0

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|----------------------------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
| 432 | 2.8459520 | 1.3323915 | 0.6787500 | 8.0770000 |

PCIRC=1

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|----------------------------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
| 68 | 4.0444873 | 1.6651000 | 1.5150000 | 9.1566667 |

PRESP=0

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|----------------------------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
| 464 | 2.9412997 | 1.3755083 | 0.6787500 | 8.0770000 |

PRESP=1

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|----------------------------------|--|--|--|--|
|----------------------------------|--|--|--|--|

| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
|----|-----------|------------|-----------|-----------|
| 36 | 3.8809259 | 1.9257323 | 1.2266667 | 9.1566667 |

PNEUROL=0

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|---------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
| 449 | 2.9190645 | 1.3714607 | 0.6787500 | 8.0770000 |

PNEUROL=1

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|---------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
| 51 | 3.8003219 | 1.7724866 | 0.9225000 | 9.1566667 |

PHEMATO=0

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|---------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
| 438 | 2.8710372 | 1.3391745 | 0.6787500 | 9.1566667 |

PHEMATO=1

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|---------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
| 62 | 3.9832594 | 1.7386695 | 1.6866667 | 8.3008333 |

PGASTR=0

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|---------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
| 478 | 2.9647452 | 1.4299651 | 0.6787500 | 9.1566667 |

PGASTR=1

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|---------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
| 22 | 3.9694621 | 1.3574733 | 1.6866667 | 6.5541667 |

FACTHORM=1

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|---------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
| 76 | 1.9254583 | 0.6731572 | 0.8058333 | 4.5175000 |

FACTHORM=2

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|---------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
| 108 | 2.6586698 | 0.8943186 | 1.0316667 | 6.5541667 |

FACTHORM=3

| Analysis Variable : Alveo | | | | |
|---------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Nb | Moyenne | Écart-type | Minimum | Maximum |
| 107 | 4.2062045 | 1.4395255 | 1.6541667 | 8.3008333 |

Annexe 10 : Niveau d'activité hormonale

| Imprégnation hormonale | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|------------------------|-----------|-------------|-------------------|------------------|
| 0 | 184 | 63.23 | 184 | 63.23 |
| 1 | 107 | 36.77 | 291 | 100.00 |

Annexe 11 : Répartition de l'imprégnation hormonale

| FACTHORM | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|-----------------|------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 76 | 26.12 | 76 | 26.12 |
| 2 | 108 | 37.11 | 184 | 63.23 |
| 3 | 107 | 36.77 | 291 | 100.00 |

| mauvaisehyg | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|--------------------|------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| 0 | 462 | 92.40 | 462 | 92.40 |
| 1 | 38 | 7.60 | 500 | 100.00 |

Annexe 13 : Répartition du tabagisme

| FUMEUR | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|---------------|------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| 0 | 289 | 57.80 | 289 | 57.80 |
| 1 | 211 | 42.20 | 500 | 100.00 |

Annexe 14 : Répartition du niveau de tabagisme

| CIGPARJ | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|----------------|------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| 0 | 292 | 58.40 | 292 | 58.40 |
| 1 | 64 | 12.80 | 356 | 71.20 |
| 2 | 86 | 17.20 | 442 | 88.40 |
| 3 | 40 | 8.00 | 482 | 96.40 |
| 4 | 16 | 3.20 | 498 | 99.60 |
| 5 | 1 | 0.20 | 499 | 99.80 |
| 8 | 1 | 0.20 | 500 | 100.00 |

Annexe 15 : Proportion de fumeurs (ou non fumeurs) suivant le sexe

| FREQUENCE | | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------|
| Pourcentage | | | |
| Pct en ligne | | | |
| Pct en col. | | | |
| Table de estfumeur par SEXE | | | |
| estfumeur | SEXE(SEXE) | | Total |
| | 1 | 2 | |
| 0 | 90 18.00 31.03 43.06 | 200 40.00 68.97 68.73 | 290 58.00 |
| 1 | 119 23.80 56.67 56.94 | 91 18.20 43.33 31.27 | 210 42.00 |
| Total | 209 41.80 | 291 58.20 | 500 100.00 |
| Statistique | DF | Valeur | Proba. |
| Khi-2 | 1 | 32.8942 | <.0001 |

Annexe 16 : Distribution du nombre de pathologies comportementales cumulées

| apathocomp | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|-------------------|------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| 0 | 280 | 56.00 | 280 | 56.00 |
| 1 | 220 | 44.00 | 500 | 100.00 |

Autres variables

Annexe 17 : Distribution de la prise de médicament neuro

| PNEUROL | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|----------------|------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| 0 | 449 | 89.80 | 449 | 89.80 |
| 1 | 51 | 10.20 | 500 | 100.00 |

Annexe 18 : Distribution des pathologies endocriniennes

| PENDOCRIN. | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|-------------------|------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| 0 | 438 | 87.60 | 438 | 87.60 |
| 1 | 62 | 12.40 | 500 | 100.00 |

Annexe 19 : Distribution des pathologies circulatoires

| PCIRC | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|--------------|------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| 0 | 432 | 86.40 | 432 | 86.40 |
| 1 | 68 | 13.60 | 500 | 100.00 |

Annexe 20 : Distribution des pathologies Respiratoires

| PRESP | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|--------------|------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| 0 | 464 | 92.80 | 464 | 92.80 |
| 1 | 36 | 7.20 | 500 | 100.00 |

Annexe 21 : Distribution des pathologies Intestinales

| PINTEST | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|----------------|------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| 0 | 478 | 95.60 | 478 | 95.60 |
| 1 | 22 | 4.40 | 500 | 100.00 |

Annexe 22 : Tableau des liens entre alvéolyse et âge et variables individuelles et comportementales

| | | | | | | | | |
|--|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Impr H | Hyg. | Tabac | Méd. | Endocrinien. | circulatoire. | Respiratoire. | Intestinal |
| | p<0,001 | p=0,039 | p=0,027 | p=0,004 | p=0,006 | p=0,001 | p=0,037 | p=0,069 |

Annexe 23 : Estimation de l'âge a partir du niveau d'Alvéolyse pour les cas ou on ne dispose pas d'info socio-démo, épidémiologiques.

| Variable | Coeff. | Erreur std | p | IC à 95 % | |
|--------------------------|----------|------------|--------|-----------|----------|
| Constante | 7.68233 | 2.41144 | 0.0015 | 2.94446 | 12.42020 |
| alvéolyse | 19.54336 | 1.38692 | <.0001 | 16.81841 | 22.26832 |
| avéolyse au carré | -1.72465 | 0.17524 | <.0001 | -2.06895 | -1.38035 |

Annexe 24 : Estimation de l'âge a partir du niveau d'Alvéolyse ajusté sur différents facteurs socio-démo, épidémiologiques.

| Variable | Coeff. | Erreur std | p | IC à 95 % | |
|-------------------|---------------|-------------------|----------|------------------|----------|
| constante | 8.04181 | 2.41412 | 0.0009 | 3.29853 | 12.78510 |
| Alveo | 19.63342 | 1.36178 | <.0001 | 16.95777 | 22.30906 |
| alveo2 | -1.79851 | 0.17149 | <.0001 | -2.13546 | -1.46157 |
| homme | 0.81489 | 1.10111 | 0.4596 | -1.34858 | 2.97836 |
| apathocomp | -3.80836 | 1.09552 | 0.0006 | -5.96084 | -1.65588 |
| PCIRC | 5.24060 | 1.64334 | 0.0015 | 2.01176 | 8.46945 |
| PHEMATO | 2.76789 | 1.65403 | 0.0949 | -0.48196 | 6.01774 |
| PNEUROL | 3.01375 | 1.77812 | 0.0907 | -0.47991 | 6.50741 |
| PRESP | 2.26371 | 2.11880 | 0.2859 | -1.89932 | 6.42673 |

Annexe 25 : Modèle ajusté (sur échantillon d'apprentissage n=500)

| Variable | Coeff. | Erreur std | p | IC à 95% | |
|-------------------|---------------|-------------------|----------|-----------------|----------|
| constante | 8.70547 | 2.35950 | 0.0002 | 4.06959 | 13.34134 |
| Alveo | 19.58349 | 1.36041 | <.0001 | 16.91059 | 22.25639 |
| alveo2 | -1.75679 | 0.17096 | <.0001 | -2.09267 | -1.42090 |
| apathocomp | -3.71315 | 1.06009 | 0.0005 | -5.79598 | -1.63031 |
| PCIRC | 6.23127 | 1.57681 | <.0001 | 3.13321 | 9.32934 |

Annexe 26 : Modèle simple (sur échantillon Bootstrap)

bootstrap results (5000 itérations)

| Variable | Libellé | Nb | Moyenne | Écart-type | p | IC à 95% | |
|------------------|--------------------------------|-----|------------|------------|--------|----------|--------|
| _RMSE_ | Root mean squared error | 500 | 11.7105558 | 0.6812422 | | | |
| Intercept | Intercept | 500 | 7.1572610 | 4.4430070 | 0,126 | -1,925 | 15,660 |
| Alveo | | 500 | 19.9791226 | 2.7731063 | <0,001 | 14,576 | 25,741 |
| alveo2 | | 500 | -1.7958929 | 0.3754739 | <0,001 | -2,596 | -1,048 |

Annexe 27 : Modèle ajusté (sur échantillon Bootstrap)

MA bootstrap results (5000 itérations)

| Variable | Libellé | Nb | Moyenne | Écart-type | p | IC à 95% | |
|-------------------|--------------------------------|-----|------------|------------|--------|----------|--------|
| _RMSE_ | Root mean squared error | 500 | 11.3345098 | 0.6834296 | | | |
| Intercept | Intercept | 500 | 8.1981364 | 4.3662328 | <0,001 | -0,803 | 16,564 |
| Alveo | | 500 | 20.0248927 | 2.7519985 | <0,001 | 14,672 | 25,742 |
| alveo2 | | 500 | -1.8242188 | 0.3681723 | <0,001 | -2,612 | -1,092 |
| apathocomp | | 500 | -3.8521954 | 1.7199808 | 0,024 | -7,018 | -0,493 |
| PCIRC | | 500 | 6.0881101 | 2.4801480 | 0,019 | 0,998 | 11,206 |

Annexe 28 : Indicateurs d'erreurs ; Modèle simple (sur échantillon Bootstrap)

clage=1

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|----------|----|-------------|-------------|-------------|
| rva | 15 | 14.3186731 | 4.1524234 | 214.7800963 |
| erreur | 15 | 1.0384453 | 0.3254690 | 15.5766793 |
| r2 | 15 | 221.1175112 | 131.6776110 | 3316.76 |

clage=2

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|----------|----|-------------|-------------|-------------|
| rva | 30 | 12.4065417 | 5.5360804 | 372.1962517 |
| erreur | 30 | 0.5765242 | 0.2646069 | 17.2957255 |
| r2 | 30 | 183.5488578 | 159.5621183 | 5506.47 |

clage=3

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|----------|----|-------------|-------------|-------------|
| rva | 36 | 9.8651859 | 7.7120426 | 355.1466940 |
| erreur | 36 | 0.3590483 | 0.2840411 | 12.9257388 |
| r2 | 36 | 155.1453945 | 274.1377011 | 5585.23 |

clage=4

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|----------|----|------------|------------|-------------|
| rva | 39 | 6.0870931 | 5.1357026 | 237.3966315 |
| erreur | 39 | 0.1899775 | 0.1615904 | 7.4091207 |
| r2 | 39 | 62.7518504 | 90.5007082 | 2447.32 |

clage=5

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|----------|----|---------|------------|-------|
|----------|----|---------|------------|-------|

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|----------|----|-------------|-------------|-------------|
| rva | 47 | 9.3304727 | 7.6151995 | 438.5322179 |
| erreur | 47 | 0.2492109 | 0.2031247 | 11.7129102 |
| r2 | 47 | 143.8151280 | 195.2433907 | 6759.31 |

clage=6

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|----------|----|------------|-------------|-------------|
| rva | 44 | 6.7878603 | 5.3237070 | 298.6658549 |
| erreur | 44 | 0.1590664 | 0.1252762 | 6.9989224 |
| r2 | 44 | 73.7727710 | 105.1671706 | 3246.00 |

clage=7

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|----------|----|------------|------------|-------------|
| rva | 53 | 7.0447539 | 4.9467533 | 373.3719589 |
| erreur | 53 | 0.1485301 | 0.1051542 | 7.8720936 |
| r2 | 53 | 73.6372211 | 78.5442195 | 3902.77 |

clage=8

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|----------|----|------------|------------|-------------|
| rva | 70 | 6.3652767 | 4.5176698 | 445.5693679 |
| erreur | 70 | 0.1212819 | 0.0857564 | 8.4897302 |
| r2 | 70 | 60.6345259 | 82.3557790 | 4244.42 |

clage=9

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|----------|----|------------|-------------|-------------|
| rva | 51 | 6.8530570 | 5.9596933 | 349.5059065 |
| erreur | 51 | 0.1199028 | 0.1046555 | 6.1150432 |
| r2 | 51 | 81.7859039 | 130.6035241 | 4171.08 |

clage=10

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|----------|-----|-------------|-------------|------------|
| rva | 115 | 13.3305857 | 9.6293772 | 1533.02 |
| erreur | 115 | 0.1890809 | 0.1240696 | 21.7443054 |
| r2 | 115 | 269.6231169 | 352.9127694 | 31006.66 |

Annexe 29 : Indicateurs d'erreurs ; Modèle ajusté (sur échantillon Bootstrap)

clage=1

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|------------|----|-------------|-------------|-------------|
| resboot_va | 15 | 14.0919502 | 4.2682094 | 211.3792534 |
| resboot2 | 15 | 215.5861654 | 133.8488492 | 3233.79 |
| res_mape | 15 | 1.0202276 | 0.3256663 | 15.3034136 |

clage=2

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|------------|----|-------------|-------------|-------------|
| resboot_va | 30 | 12.3078029 | 5.6480977 | 369.2340875 |
| resboot2 | 30 | 182.3196535 | 162.0095905 | 5469.59 |
| res_mape | 30 | 0.5717487 | 0.2694055 | 17.1524622 |

clage=3

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|------------|----|-------------|-------------|-------------|
| resboot_va | 36 | 9.8377307 | 7.7189988 | 354.1583038 |
| resboot2 | 36 | 154.7088046 | 272.0206590 | 5569.52 |
| res_mape | 36 | 0.3579323 | 0.2842120 | 12.8855618 |

clage=4

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|------------|----|------------|------------|-------------|
| resboot_va | 39 | 6.1257846 | 5.1897845 | 238.9055983 |
| resboot2 | 39 | 63.7684881 | 92.1091016 | 2486.97 |
| res_mape | 39 | 0.1911995 | 0.1632217 | 7.4567822 |

clage=5

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|------------|----|-------------|-------------|-------------|
| resboot_va | 47 | 9.3974777 | 7.5758090 | 441.6814526 |
| resboot2 | 47 | 144.4843439 | 193.2129171 | 6790.76 |
| res_mape | 47 | 0.2510167 | 0.2021248 | 11.7977851 |

clage=6

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|------------|----|------------|-------------|-------------|
| resboot_va | 44 | 6.8341186 | 5.2545406 | 300.7012173 |
| resboot2 | 44 | 73.6878694 | 101.6516914 | 3242.27 |
| res_mape | 44 | 0.1601489 | 0.1236723 | 7.0465495 |

clage=7

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|------------|----|------------|------------|-------------|
| resboot_va | 53 | 7.0647418 | 4.9149105 | 374.4313170 |
| resboot2 | 53 | 73.6111421 | 77.3990939 | 3901.39 |
| res_mape | 53 | 0.1489657 | 0.1045155 | 7.8951838 |

clage=8

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|------------|----|------------|------------|-------------|
| resboot_va | 70 | 6.2254655 | 4.5160431 | 435.7825818 |
| resboot2 | 70 | 58.8597134 | 82.6447753 | 4120.18 |
| res_mape | 70 | 0.1186022 | 0.0857128 | 8.3021569 |

clage=9

| Variable | Nb | Moyenne | Écart-type | Somme |
|------------|----|------------|-------------|-------------|
| resboot_va | 51 | 6.7499050 | 5.9905998 | 344.2451561 |
| resboot2 | 51 | 80.7448317 | 131.4423204 | 4117.99 |
| res_mape | 51 | 0.1181327 | 0.1051953 | 6.0247689 |

Annexe 30 : Distribution des résidus (âge réel – âge estimé) calculés sur l'échantillon de contrôle (formule boots trappée sur modèle avec 4 variables explicatives)

N=50

| res | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|-----|-----------|-------------|-------------------|------------------|
| -9 | 1 | 2.00 | 1 | 2.00 |
| -8 | 1 | 2.00 | 2 | 4.00 |

| res | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|-----|-----------|-------------|-------------------|------------------|
| -7 | 1 | 2.00 | 3 | 6.00 |
| -6 | 2 | 4.00 | 5 | 10.00 |
| -5 | 4 | 8.00 | 9 | 18.00 |
| -4 | 3 | 6.00 | 12 | 24.00 |
| -3 | 1 | 2.00 | 13 | 26.00 |
| -2 | 4 | 8.00 | 17 | 34.00 |
| -1 | 5 | 10.00 | 22 | 44.00 |
| 0 | 3 | 6.00 | 25 | 50.00 |
| 1 | 1 | 2.00 | 26 | 52.00 |
| 2 | 4 | 8.00 | 30 | 60.00 |
| 4 | 3 | 6.00 | 33 | 66.00 |
| 5 | 4 | 8.00 | 37 | 74.00 |
| 6 | 3 | 6.00 | 40 | 80.00 |
| 7 | 1 | 2.00 | 41 | 82.00 |
| 8 | 1 | 2.00 | 42 | 84.00 |
| 9 | 2 | 4.00 | 44 | 88.00 |
| 10 | 4 | 8.00 | 48 | 96.00 |
| 26 | 1 | 2.00 | 49 | 98.00 |
| 33 | 1 | 2.00 | 50 | 100.00 |

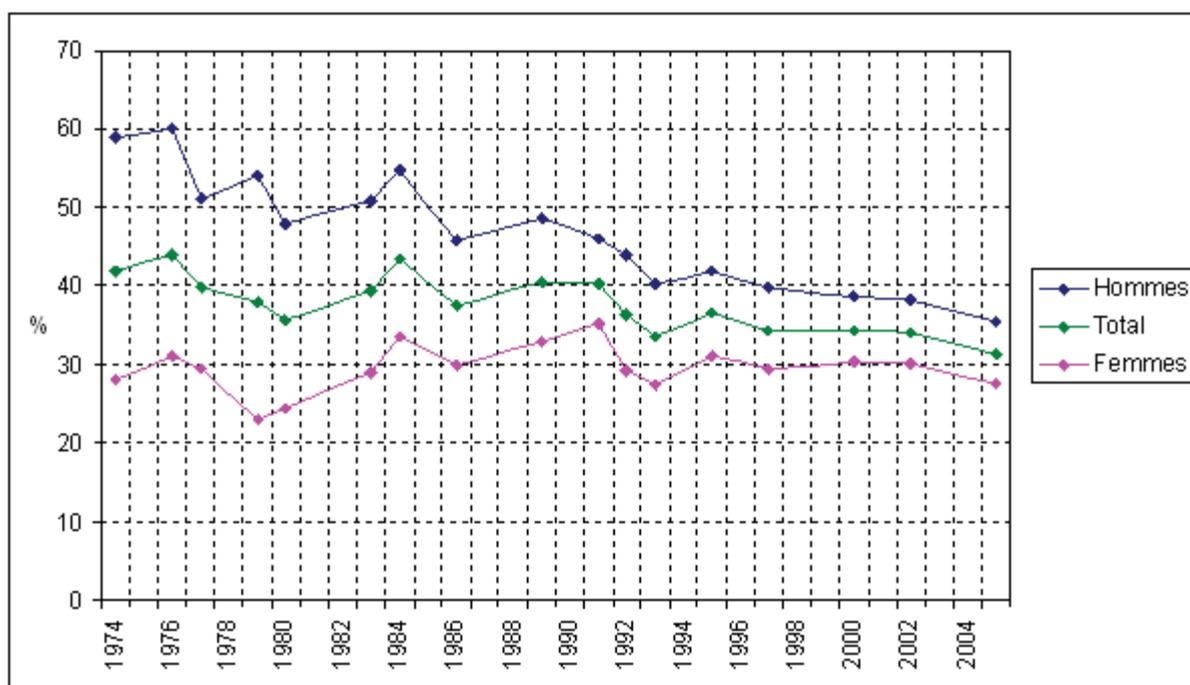
Annexe 31 : Distribution des résidus (âge réel – âge estimé) calculés sur l'échantillon de contrôle (formule boots trappée sur modèle avec 4 variables explicatives)
 N=44 (sans les moins de 25 ans et les plus de 60 ans)

| res | Fréquence | Pourcentage | Fréquence cumulée | Pourcent. cumulé |
|-----|-----------|-------------|-------------------|------------------|
| -9 | 1 | 2.70 | 1 | 2.70 |
| -8 | 1 | 2.70 | 2 | 5.41 |
| -7 | 1 | 2.70 | 3 | 8.11 |
| -6 | 2 | 5.41 | 5 | 13.51 |
| -5 | 2 | 5.41 | 7 | 18.92 |
| -4 | 2 | 5.41 | 9 | 24.32 |
| -3 | 1 | 2.70 | 10 | 27.03 |
| -2 | 3 | 8.11 | 13 | 35.14 |
| -1 | 3 | 8.11 | 16 | 43.24 |
| 0 | 3 | 8.11 | 19 | 51.35 |
| 1 | 1 | 2.70 | 20 | 54.05 |
| 2 | 4 | 10.81 | 24 | 64.86 |
| 4 | 3 | 8.11 | 27 | 72.97 |
| 5 | 3 | 8.11 | 30 | 81.08 |
| 6 | 3 | 8.11 | 33 | 89.19 |
| 8 | 1 | 2.70 | 34 | 91.89 |
| 9 | 1 | 2.70 | 35 | 94.59 |
| 10 | 2 | 5.41 | 37 | 100.00 |

Annexe 32 : Âge moyen et structure des populations par âge (scénario central de projection) *Source : Insee, modèle OMPHALE*

| | Âge moyen en 2005 | Structure par âge en 2005 (en %) | | | | Âge moyen en 2030 | Structure par âge en 2030 (en %) | | | | Âge moyen en 2030 sans migrations |
|--------------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------|----------------|------------|-------------------|----------------------------------|-------------|----------------|---------------------|-----------------------------------|
| | | <20 ans | 20-59 ans | Plus de 60 ans | > 80 ans | | Moins de 20 ans | 20-59 ans | Plus de 60 ans | Dont plus de 80 ans | |
| Provence - Alpes - Côte d'Azur | 40,5 | 23,7 | 52,5 | 23,8 | 5,4 | 43,6 | 21,8 | 47,1 | 31,1 | 7,9 | 44,2 |
| France métropolitaine | 39,0 | 24,9 | 54,3 | 20,8 | 4,5 | 42,6 | 22,6 | 48,1 | 29,3 | 7,2 | 43,2 |

Annexe 33 : Usage actuel (occasionnel ou régulier) de tabac parmi les 18-75 ans
Evolutions depuis 1974



Sources : Enquêtes CFES/INPES de 1974 à 2005; EROPP 2002, OFDT

Annexe 34 : Tableau échantillon d'application (population contemporaine)

| DATE_NAISSANCE | V6_M | V_1_6D | V1_M | V1_D | V4_M | V4_D | V6_M | V6_D | ALV EOL YSE | PAT HCO MP | PCI RC | AGE ESTI ME | AG ERE EL | clag e | res |
|----------------|------|--------|------|------|------|------|------|------|--------------|------------|--------|-------------|-----------|--------|-----|
| ##### # | 1,68 | 1,94 | 1,61 | 1,92 | 1,9 | 2,56 | 1,9 | 1,99 | 1,628 333 | 0 | 0 | 36 | 36 | 5 | 0 |
| ##### # | 2,21 | 2,35 | 2,42 | 2,39 | 1,93 | 1,98 | 1,48 | 2,02 | 2,049 167 | 1 | 1 | 44 | 49 | 7 | 5 |
| ##### # | 1,58 | 1,21 | 1,14 | 1,21 | 1,64 | 1,69 | 1,73 | 1,14 | 1,481 667 | 0 | 0 | 33 | 28 | 3 | -5 |
| ##### # | 2,27 | 2,7 | 2,13 | 2,17 | 2,72 | 2,81 | 2,48 | 2,47 | 2,415 | 0 | 0 | 46 | 48 | 7 | 2 |
| ##### # | 1,79 | 1,86 | 1,36 | 1,17 | 1,44 | 1,35 | 1,66 | 1,7 | 1,553 333 | 0 | 1 | 41 | 51 | 8 | 10 |
| ##### # | 2,15 | 2,57 | 3,36 | 3,41 | 2,64 | 2,72 | 2 | 1,9 | 2,447 5 | 0 | 0 | 46 | 42 | 6 | -4 |
| ##### # | 2,46 | 2,91 | 3,06 | 3,07 | 3,36 | 3,37 | 2,36 | 2,46 | 2,493 333 | 1 | 0 | 43 | 40 | 6 | -3 |
| ##### # | 1,4 | 2,08 | 1,65 | 1,58 | 2,16 | 2,12 | 2,97 | 2,1 | 1,919 167 | 1 | 0 | 36 | 29 | 3 | -7 |
| ##### # | 1,78 | 2,9 | 1,61 | 1,73 | 1,61 | 2,02 | 3,6 | 1,98 | 1,921 667 | 1 | 0 | 36 | 35 | 5 | -1 |
| ##### # | 1,2 | 2,8 | 1,46 | 1,61 | 1,45 | 1,9 | 2,58 | 3,86 | 2,150 833 | 1 | 0 | 39 | 44 | 6 | 5 |
| ##### # | 3,01 | 2,02 | 2,4 | 3,69 | 2,89 | 2,96 | 2,58 | 2,66 | 2,425 | 1 | 0 | 42 | 33 | 4 | -9 |
| ##### # | 4,1 | 2,98 | 4,1 | 4,22 | 4,67 | 3,96 | 4,25 | 4,62 | 3,835 | 1 | 0 | 54 | 63 | 10 | 9 |
| ##### # | 0,92 | 0,98 | 1,97 | 1,25 | 1 | 0,97 | 0,98 | 1,05 | 1,135 833 | 0 | 0 | 28 | 30 | 4 | 2 |
| ##### # | | | 1,51 | 1,58 | 2,25 | 2,08 | 2,08 | 2,1 | 1,854 | 1 | 0 | 35 | 27 | 3 | -8 |
| ##### # | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,92 | 0,88 | 0,92 | 1,23 | 1,5 | 1,040 833 | 1 | 0 | 23 | 18 | 2 | -5 |
| ##### # | 2,3 | 2,5 | 2,16 | 2,22 | 2,06 | 2,78 | 3,07 | 2,85 | 2,535 | 0 | 1 | 53 | 63 | 10 | 10 |
| ##### # | | | 2,73 | 2,52 | 1,9 | 1,95 | 1,74 | 1,69 | 1,946 | 0 | 0 | 40 | 36 | 5 | -4 |
| | 3,56 | 6,45 | 2,37 | 2,4 | 4,87 | 4,39 | 4,14 | 4,21 | 3,643 333 | 0 | 1 | 63 | 70 | 10 | 7 |
| ##### # | 2,46 | 2,95 | 1,5 | 1,62 | 1,95 | 2,7 | 2,15 | 2,15 | 2,059 167 | 0 | 0 | 42 | 68 | 10 | 26 |
| ##### # | | | 2,84 | 2,88 | 2,65 | 2,72 | 3,28 | 3,32 | 2,795 | 0 | 0 | 50 | 54 | 8 | 4 |
| ##### # | 0,71 | 0,94 | 1,81 | 1,04 | 0,98 | 0,94 | 0,87 | 0,9 | 0,950 833 | 0 | 0 | 25 | 24 | 2 | -1 |
| ##### # | 1,91 | 3,16 | 3,13 | 3,23 | 4,2 | 3,85 | 1,7 | 2,93 | 2,856 667 | 0 | 0 | 50 | 50 | 8 | 0 |
| ##### # | 1,78 | 2,2 | 1,74 | 2,08 | 1,41 | 1,9 | 2,89 | 3,66 | 2,145 | 0 | 0 | 32 | 33 | 4 | 1 |
| ##### # | 1,84 | 3 | 1,73 | 1,99 | 1,61 | 1,46 | 3,04 | 2,55 | 1,942 5 | 0 | 0 | 40 | 38 | 5 | -2 |
| ##### # | 1,72 | 2,96 | 4,54 | 3,65 | 4,14 | 3,3 | 3,93 | 5,13 | 3,254 167 | 1 | 0 | 54 | 48 | 7 | -6 |
| ##### # | 2,5 | 2,28 | 2,87 | 2,76 | 2,81 | 1,92 | 2,23 | 2,27 | 2,626 667 | 1 | 0 | 45 | 78 | 10 | 33 |
| ##### # | 0,8 | 0,93 | 1,25 | 1,35 | 1,96 | 1,83 | 1,37 | 1,27 | 1,257 | 0 | 0 | 30 | 28 | 3 | -2 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|--------------|---|---|----|----|----|----|
| # | | | | | | | | | 5 | | | | | | |
| ##### # | 3,02 | 5,41 | 2,67 | 3,85 | 1,98 | 2,3 | 2,29 | 3,07 | 2,646 667 | 1 | 0 | 44 | 52 | 8 | 8 |
| ##### # | 1,98 | 3,39 | 2,55 | 2,06 | 2,9 | 2,23 | 1,54 | 1,85 | 2,232 5 | 0 | 0 | 43 | 47 | 7 | 4 |
| ##### # | 2,01 | 1,79 | 2,01 | 2,01 | 2,3 | 1,74 | 1,36 | 1,87 | 1,779 167 | 0 | 0 | 37 | 35 | 5 | -2 |
| ##### # | | | 1,78 | 1,85 | 3,44 | 2,94 | | | 2,502 5 | 1 | 1 | 50 | 50 | 8 | 0 |
| ##### # | 2,88 | 2,05 | 1,75 | 1,7 | 1,57 | 1,43 | 2,82 | 2,83 | 2,200 833 | 0 | 0 | 43 | 45 | 7 | 2 |
| ##### # | 2,3 | 1,7 | 1,62 | 1,5 | 2,1 | 1,82 | 2,85 | 3 | 2,02 | 1 | 1 | 48 | 54 | 8 | 6 |
| ##### # | | | | | | | 7,25 | 4,96 | 4,27 | 0 | 1 | 67 | 77 | 10 | 10 |
| ##### # | 1,08 | 0,86 | 1,15 | 1,35 | 1,73 | 2,12 | 1,6 | 1,69 | 1,409 167 | 0 | 0 | 32 | 37 | 5 | 5 |
| ##### # | 2,58 | 6,33 | 2,5 | 3,58 | 3,38 | 2,9 | 10,1 7 | 9,06 | 4,821 667 | 1 | 0 | 58 | 63 | 10 | 5 |
| ##### # | 3,37 | 6,32 | 2,89 | 2,78 | 5,04 | 3,76 | 2,42 | 2,87 | 3,327 | 0 | 1 | 62 | 60 | 10 | -2 |
| ##### # | 1,38 | 1,72 | 1,16 | 1,2 | 1,65 | 1,5 | 1,54 | 1,76 | 1,618 333 | 1 | 0 | 31 | 26 | 3 | -5 |
| ##### # | 3,05 | 2,87 | 3,32 | 3,51 | 3,2 | 3,28 | 3,2 | 3,21 | 2,988 333 | 0 | 0 | 51 | 57 | 9 | 6 |
| ##### # | 1,3 | 2,27 | 1,9 | 1,8 | 1,57 | 2,01 | 1,48 | 2,3 | 1,605 | 0 | 0 | 35 | 34 | 4 | -1 |
| ##### # | 1,46 | 1,24 | 1 | 1,7 | 1,18 | 1,54 | 1,47 | 1,74 | 1,5 | 1 | 0 | 34 | 28 | 3 | -6 |
| ##### # | 3,23 | 1,7 | 1,26 | 1,73 | 1,62 | 1,96 | 2,81 | 2,27 | 1,960 833 | 0 | 0 | 40 | 46 | 7 | 6 |
| ##### # | 1,45 | 1,75 | 1,48 | 1,96 | 1,93 | 1,89 | 1,52 | 1,49 | 1,561 667 | 0 | 0 | 34 | 33 | 4 | -1 |
| ##### # | 1,73 | 2,18 | 2,18 | 2,37 | 1,71 | 1,79 | 1,65 | 2,71 | 1,827 5 | 0 | 0 | 38 | 47 | 7 | 9 |
| ##### # | 1,01 | 0,7 | 0,85 | 0,79 | 0,76 | 0,81 | 1,04 | 1,19 | 0,868 333 | 0 | 0 | 24 | 23 | 2 | -1 |
| ##### # | 2,6 | 3,18 | 2,27 | 2,45 | 2,67 | 1,6 | 2,45 | 3,67 | 2,356 667 | 0 | 1 | 52 | 56 | 9 | 4 |
| ##### # | 0,96 | 0,83 | 0,65 | 0,72 | 1,13 | 1,05 | 1,04 | 1,1 | 0,936 667 | 0 | 0 | 26 | 22 | 2 | -4 |
| ##### # | 1,01 | 1,2 | 1,35 | 1,2 | 2,6 | 1,93 | | | 1,701 | 0 | 0 | 37 | 47 | 7 | 10 |
| ##### # | 0,82 | 0,63 | 0,95 | 1,01 | 0,78 | 6,7 | 1,42 | 1,63 | 1,451 667 | 1 | 0 | 29 | 24 | 2 | -5 |
| ##### # | 1,93 | 1,49 | 1 | 0,98 | 0,91 | 0,8 | 1,39 | 1,12 | 1,074 167 | 1 | 0 | 23 | 25 | 3 | 2 |

Annexe 35 : Tableau échantillon d'application (collection ostéologique ancienne)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|--------------------|------------------|--------------|---|
| closeraie T16 | 2,48 | 2,22 | | | 3,21 | 1,93 | 1,89 | 1,93 | 1,47 | 1,13 | 0,75 | 1,06 | 1,80 7 | 37 | 35/4 5 | 1 | |
| BAGA S264 | 1,59 | 1,04 | | | 1,03 | 1,58 | | | | | | | 1,31 | 29 | 20/2 5 | 0 | |
| Closeraie T25 | 1,52 | 1,87 | 0,88 | 0,62 | 1,43 | 1,36 | | | | | | | 1,28 | 29 | 25/3 5 | 1 | |
| Closeraie T2 | 3,83 | 2,27 | | | 1,65 | 1,49 | | | | | | | 2,31 | 43 | 35/4 5 | 1 | |
| BAGA S246 | 2,68 | 1,6 | | | 1,32 | 1,06 | | | | | | | 1,66 5 | 35 | 35/4 5 | 1 | |
| BAGA C68/280 | 4,81 | 3,42 | | | 2,43 | 2,85 | | | | | | | 3,37 75 | 54 | >55 | 1 | |
| BAGA R67 | 4,55 | 4,45 | | | 3,94 | 3,63 | | | | | | | 4,14 25 | 59 | | | |
| BAGA S153 | 2,8 | 1,78 | | | 1,41 | 2,71 | | | | | | | 2,17 5 | 42 | >55 | 0 | |
| STP MOIRAN S S8 | | | 1,33 | 1,46 | | | 1,96 | 3,67 | | | | 1,96 | 1,45 | 1,97 166 667 | 39 | 35/4 5 ?? | 1 |
| Closeraie T6 27 | 1,9 | 2,05 | | | 1,91 | 2,37 | | | | | | | 2,05 75 | 40 | 25/3 5 | 0 | |
| Mail T11 | 1,95 | 1,4 | 1,63 | 2,68 | 1,45 | 1,71 | | | | | | | 1,80 333 333 | 37 | 45/5 5 | 0 | |
| Mail T16 | 0,66 | 1,16 | 0,74 | 0,76 | 1,34 | 1,2 | | | | | | | 0,97 666 667 | 24 | 18/1 9 | 0 | |
| 4003 St Quentin 9 | 1,39 | 1,34 | 1,43 | 0,84 | 0,85 | 1,13 | 1,4 | 1,21 | 0,77 | 0,93 | 0,69 | 0,73 | 1,05 916 667 | 26 | 25/3 5 | 1 | |
| St Sulpice T20 | 1,78 | 1,35 | 1,2 | 1,92 | 1,49 | 1,45 | 1,61 | 2,23 | 1,79 | 1,28 | 1,34 | 1,68 | 1,59 333 333 | 34 | 45/5 5 | 0 | |
| St Jean T8 | 2,57 | 2,48 | | | 2,13 | 2,51 | 2,63 | 2,18 | 2 | 3,2 | 2,34 | 2,61 | 2,46 5 | 45 | 25/3 5/45 | 1 | |
| St Jean T6 | 3,16 | 3,03 | 1,99 | 1,41 | 1,77 | 2 | 3,97 | 5,94 | 2,98 | 2,24 | 1,84 | 1,94 | 2,68 916 667 | 47 | 45/5 5 | 1 | |
| St Jean T11 | 3,09 | 3,58 | 1,38 | 2,34 | 2,23 | 2,56 | 1,37 | 1,82 | 2,45 | 3,8 | 1,17 | 1,38 | 2,26 416 667 | 43 | 45/5 5 | 0 | |
| St Jean T12 ind.1 | 1,79 | 2,89 | 1,6 | 1,29 | 2,13 | 2,21 | 1,02 | 1,37 | 0,75 | 0,86 | 1,57 | 1,7 | 1,59 833 333 | 34 | 45/5 5 | 0 | |
| St LAU SP 2461 | 1,29 | 1,25 | | | 1,35 | 1,78 | 1,26 | 1,36 | 1,33 | 1,05 | 1,15 | 1,3 | 1,31 2 | 29 | 45/5 5 | 0 | |
| St Lau SP 2280 | 1,18 | 1,85 | 1,12 | 1,57 | 1,92 | 2,28 | 2,67 | 1,55 | 0,83 | 0,8 | 1,49 | 1,3 | 1,54 666 667 | 36 | 45/5 5 | 0 | |
| St LAU SP 2677 | 1,61 | 1,43 | 1,42 | 1,33 | 1,32 | 1,35 | 1,27 | 1,19 | 1,15 | 1,2 | 1,01 | 1,45 | 1,31 083 333 | 29 | 25/3 5/45 | 1 | |
| St LAU SP 2428 | 1,67 | 1,74 | 1,6 | 1,84 | 1,85 | 1,67 | 1,62 | 1,69 | 1,28 | 1,71 | 1,42 | 1,5 | 1,63 25 | 34 | 15/1 9 | 0 | |
| St LAU SP 2631 | 1,51 | 1,55 | 1,16 | 1,57 | 1,35 | 1,38 | | | | | | | 1,42 | 33 | 25/3 5 | 1 | |
| St LAU SP 2454 | 1,83 | 2,09 | | | 1,03 | 1,36 | 2,1 | 1,48 | 1,5 | 1,93 | 0,83 | 1,98 | 1,61 3 | 34 | 45/5 5 >55 | 0 | |
| St LAU SP 2426 | | | | | 2,67 | 2,79 | 3,27 | 1,59 | 6,15 | 5,82 | 3,04 | 3,37 | 3,58 75 | 55 | 45/5 5 | 1 | |
| St LAU SP 2360 | 1,6 | 1,72 | | | 1,71 | 1,58 | 1,89 | 1,42 | 1,45 | 1,53 | 1,5 | 1,58 | 1,58 25 | 34 | 35/4 5/55 | 1 | |
| St LAU SP 2486 | 3,69 | 4,12 | 2,73 | 3,5 | 3,17 | 3,11 | 3,28 | 3,19 | 3,13 | 3,14 | 3,64 | 3,8 | 3,37 5 | 54 | 45/5 5 | 1 | |
| St LAU SP 2425 | 2,93 | 3,97 | | | 1,67 | 1,63 | 1,93 | 1,7 | 1,78 | 1,28 | 1,04 | 1,39 | 1,93 2 | 39 | 25/3 5 | 0 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|----|--------------|---|
| St LAU SP 2370 | 2,06 | 2,3 | 1,41 | 1,57 | 0,85 | 0,87 | 1,82 | 2,67 | 1,55 | 1,58 | 1,1 | 1,08 | 1,57 166 667 | 34 | 45/5 5 | 0 |
| ST LAU SP 2558 | 2,05 | 1,91 | 1,41 | 1,67 | 1,87 | 1,76 | 2,4 | 1,65 | 1,84 | 1,88 | | | 1,84 4 | 35 | 35/4 5/55 | 1 |
| ST LAU SP 2463 | 2,09 | 2,52 | 1,29 | 1,14 | 1,51 | 1,69 | 1,81 | 1,23 | 1,62 | 1,86 | 1,81 | 1,48 | 1,67 083 333 | 35 | 35/4 5/55 | 1 |
| ST LAU SP 2040 | | | | | | | 2,82 | 2,71 | 1,53 | 2,09 | 1,95 | 1,85 | 2,15 833 333 | 42 | 45/5 5 | 0 |
| ST LAU 2346 | 2,16 | 2,32 | 0,89 | 1,73 | 2,78 | 2,02 | 2,54 | 2,78 | 1,97 | 1,66 | 1,53 | 1,94 | 2,02 666 667 | 40 | >55 | 0 |

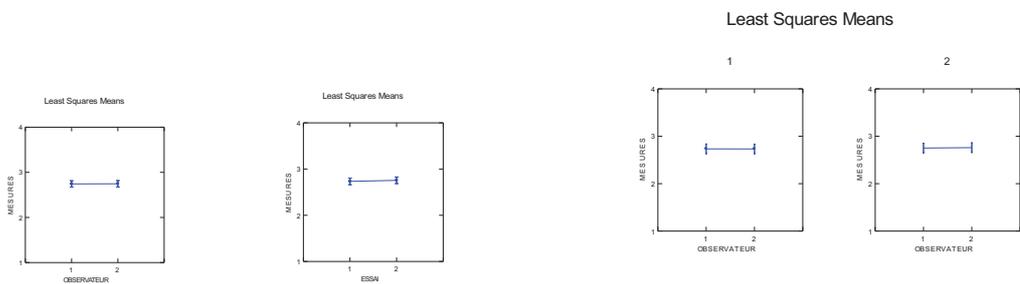
Annexe 36 : Faisabilité des mesures

Analyse de variance à 2 facteurs croisés (mesures, observateurs)

OBSERVATEUR 1, 2; ESSAI 1, 2

Squared multiple R: 0.000

| | Sum-of-Squares | df | Mean-Square | F-ratio | P |
|-------------|----------------|----|-------------|---------|--------------|
| OBSERVATEUR | 0.002 | 1 | 0.002 | 0.001 | 0.975 |
| ESSAI | 0.116 | 1 | 0.116 | 0.053 | 0.818 |
| OBSERVATEUR | | | | | |
| *ESSAI | 0.004 | 1 | 0.004 | 0.002 | 0.966 |



Annexe 37 : Fréquences Age, sexe, alvéolyse

Fréquences pour **SEXE**

| | 1 | 2 | Total |
|--|----|-----|-------|
| | 72 | 128 | 200 |

Pour les deux sexes :

| | AGE | ALVEOLYSE |
|--------------|-------|-----------|
| of cases | 200 | 200 |
| Minimum | 0 | 1.032 |
| Maximum | 85.68 | 9.150 |
| Median | 50.57 | 3.172 |
| Mean | 50.01 | 3.522 |
| Standard Dev | 13.59 | 1.550 |

Pour les hommes :

| | AGE | ALVEOLYSE | |
|--------------|-----|-----------|-----|
| N of cases | | | 72 |
| Minimum | 180 | 75 | 1.0 |
| Maximum | 120 | 50 | 9.1 |
| Median | 280 | 43 | 3.3 |
| Mean | 134 | 77 | 3.6 |
| | | 59 | 4.0 |
| | | 95 | 3.2 |
| Standard Dev | 530 | 27 | 1.6 |

Annexes 38 : Caractéristiques individuelles et comportementales

Imprégnation hormonale :

Fréquences pour **HORMONES (deux sexes)**

| 1 | 2 | 3 | Total |
|----|----|----|-------|
| 76 | 64 | 60 | 200 |

Fréquences pour **HORMONES (SEXE= 1)**

| 1 | 2 | 3 | Total |
|----|---|---|-------|
| 69 | 2 | 1 | 72 |

Hygiène :

Fréquences pour **HYGIENE (deux sexes)**

| 1 | 2 | 3 | Total |
|-----|----|----|-------|
| 119 | 61 | 20 | 200 |

Fréquences pour **HYGIENE (SEXE= 1)**

| 1 | 2 | 3 | Total |
|----|----|----|-------|
| 26 | 36 | 10 | 72 |

Habitude tabagique :

Fréquences pour **TABAGISME (deux sexes)**

| 1 | 2 | Total |
|-----|----|-------|
| 122 | 78 | 200 |

Fréquences pour **FUMEUR (SEXE= 1)**

| 1 | 2 | Total |
|----|----|-------|
| 24 | 48 | 72 |

Autres variables:

Pour les deux sexes

Fréquences pour **MEDICAMENTS**

| 1 | 2 | Total |
|-----|----|-------|
| 168 | 32 | 200 |

Fréquences pour **CIRCULATOIRE**

| 1 | 2 | Total |
|-----|----|-------|
| 181 | 19 | 200 |

Fréquences pour **INFL. INTEST. CHRON.**

| 1 | 2 | Total |
|-----|----|-------|
| 189 | 11 | 200 |

Sexe 1 :

Fréquences pour **MEDICAMENTS**

| 1 | 2 | Total |
|----|---|-------|
| 65 | 7 | 72 |

Fréquences pour **CIRCULATOIRE**

| 1 | 2 | Total |
|----|----|-------|
| 58 | 14 | 72 |

Fréquences pour **INFL. INTEST. CHRON.**

| 1 | 2 | Total |
|----|---|-------|
| 66 | 6 | 72 |

Fréquences pour **ENDOCRINE**

| 1 | 2 | Total |
|-----|----|-------|
| 169 | 31 | 200 |

Fréquences pour **OPC**

| 1 | 2 | Total |
|-----|----|-------|
| 167 | 33 | 200 |

Fréquences pour **ENDOCRINE**

| 1 | 2 | Total |
|----|---|-------|
| 66 | 6 | 72 |

Fréquences pour **OPC**

| 1 | 2 | Total |
|----|---|-------|
| 65 | 7 | 72 |

Annexe 39 : Lien alvéolyse sexe

Two-sample t test on ALVEOLYSE grouped by SEXE

| Group | N | Mean | SD |
|-------|-----|-------|-------|
| 1 | 72 | 3.677 | 1.627 |
| 2 | 128 | 3.434 | 1.504 |

Separate Variance t = 1.040 df = 137.9 Prob = **0.300**
 Difference in Means = 0.243 95.00% CI = -0.219 to 0.704

Pooled Variance t = 1.063 df = 198 Prob = 0.289
 Difference in Means = 0.243 95.00% CI = -0.208 to 0.693

Annexe 40 : Liens alvéolyse/variables individuelles et comportementales en fonction du sexe

- *Age*

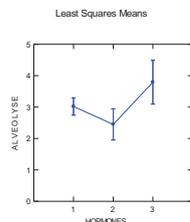
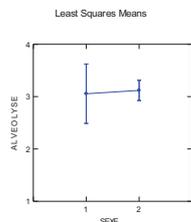
Number of Lines of Input Data Read = 200
 Number with Missing Data or Zero Weight = 0
 Number of Samples to be Plotted = 200
 (Only Subgroups Containing Data are Plotted).

Mean of Predictor Variable (X) = 50.011
 Standard Deviation of X Variable = 13.591
 Mean of Predicted Variable (Y) = 3.522
 Standard Deviation of Y Variable = 1.550
 Estimated Regression Slope = 0.064
 Estimated Regression Intercept = 0.333
 Standard Error of Estimate = 1.288
 Pearson Correlation Coefficient = 0.559

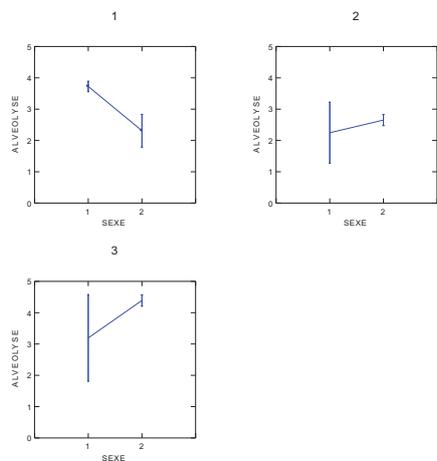
- *Imprégnation hormonale*

Dep Var: ALVEOLYSE N: 200 Multiple R: 0.475 Squared multiple R: 0.226

| Source | Sum-of-Squares | df | Mean-Square | F-ratio | P |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|--------------|
| SEXE | 0.021 | 1 | 0.021 | 0.011 | 0.916 |
| HORMONES | 4.818 | 2 | 2.409 | 1.263 | 0.285 |
| SEXE*HORMONES | 9.099 | 2 | 4.549 | 2.385 | 0.095 |



Least Squares Means

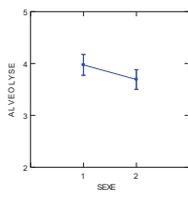


- *hygiène* :

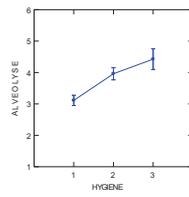
Dep Var: ALVEOLYSE N: 200 Multiple R: 0.341 Squared multiple R: 0.116

| Source | Sum-of-Squares | df | Mean-Square | F-ratio | P |
|--------------|----------------|----|-------------|---------|-----------------|
| SEXE | 2.259 | 1 | 2.259 | 1.037 | 0.310 |
| HYGIENE | 40.621 | 2 | 20.310 | 9.325 | 0.000 |
| SEXE*HYGIENE | 14.193 | 2 | 7.096 | 3.258 | 0.041*** |

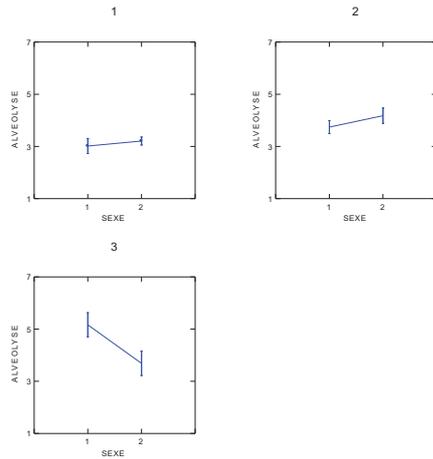
Least Squares Means



Least Squares Means



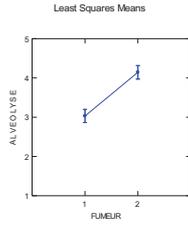
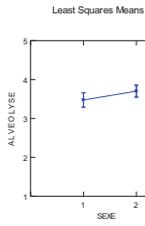
Least Squares Means



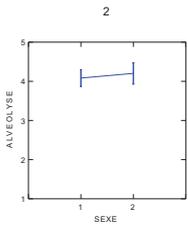
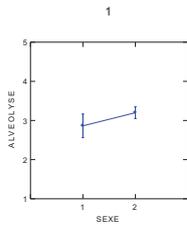
- *Tabagisme* :

Dep Var: ALVEOLYSE N: 200 Multiple R: 0.322 Squared multiple R: **0.104**

| Source | Sum-of-Squares | df | Mean-Square | F-ratio | P |
|-------------|----------------|----|-------------|---------|--------------|
| SEXE | 1.953 | 1 | 1.953 | 0.893 | 0.346 |
| FUMEUR | 46.685 | 1 | 46.685 | 21.360 | 0.000 |
| SEXE*FUMEUR | 0.447 | 1 | 0.447 | 0.204 | 0.652 |



Least Squares Means

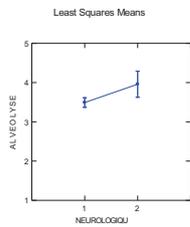
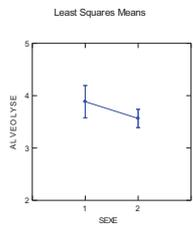


- *Médicaments et drogues :*

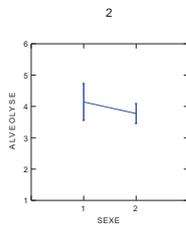
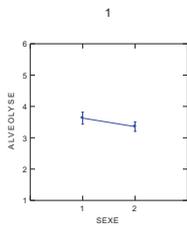
-

Dep Var: ALVEOLYSE N: 200 Multiple R: 0.128 Squared multiple R: 0.016

| Source | Sum-of-Squares | df | Mean-Square | F-ratio | P |
|-----------------|----------------|----|-------------|---------|--------------|
| SEXE | 1.957 | 1 | 1.957 | 0.816 | 0.368 |
| MEDICAMENT | 4.154 | 1 | 4.154 | 1.731 | 0.190 |
| SEXE*MEDICAMENT | 0.047 | 1 | 0.047 | 0.020 | 0.889 |



Least Squares Means



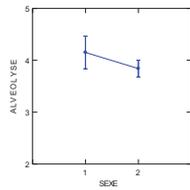
- *Troubles endocriniens :*

-

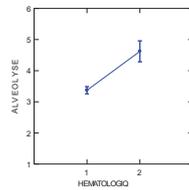
Dep Var: ALVEOLYSE N: 200 Multiple R: 0.319 Squared multiple R: 0.101

| Source | Sum-of-Squares | df | Mean-Square | F-ratio | P |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|--------------|
| SEXE | 1.674 | 1 | 1.674 | 0.764 | 0.383 |
| ENDOCRIN | 27.235 | 1 | 27.235 | 12.427 | 0.001 |
| SEXE*ENDOCRIN | 0.231 | 1 | 0.231 | 0.105 | 0.746 |

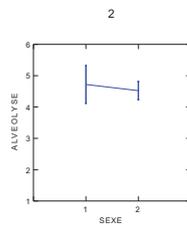
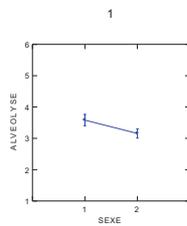
Least Squares Means



Least Squares Means



Least Squares Means

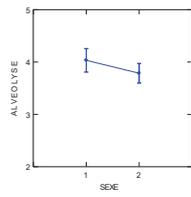


- *Troubles circulatoires* :

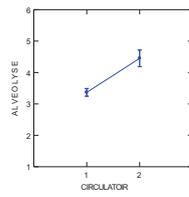
Dep Var: ALVEOLYSE N: 200 Multiple R: 0.267 Squared multiple R: **0.072**

| Source | Sum-of-Squares | df | Mean-Square | F-ratio | P |
|------------------|----------------|----|-------------|---------|--------------|
| SEXE | 1.616 | 1 | 1.616 | 0.714 | 0.399 |
| CIRCULATOIR | 31.130 | 1 | 31.130 | 13.745 | 0.000 |
| SEXE*CIRCULATOIR | 0.178 | 1 | 0.178 | 0.079 | 0.780 |

Least Squares Means

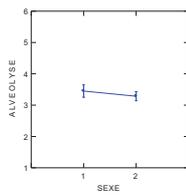


Least Squares Means

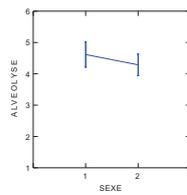


Least Squares Means

1



2

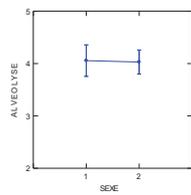


- *Obstruction pulmonaire chronique* :

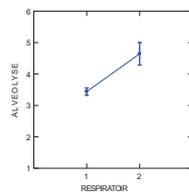
Dep Var: ALVEOLYSE N: 200 Multiple R: 0.257 Squared multiple R: 0.066

| Source | Sum-of-Squares | df | Mean-Square | F-ratio | P |
|----------|----------------|----|-------------|---------|--------------|
| SEXE | 0.012 | 1 | 0.012 | 0.005 | 0.941 |
| OPC | 23.127 | 1 | 23.127 | 10.152 | 0.002 |
| SEXE*OPC | 1.083 | 1 | 1.083 | 0.475 | 0.491 |

Least Squares Means

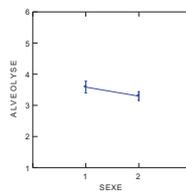


Least Squares Means

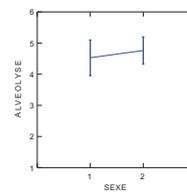


Least Squares Means

1



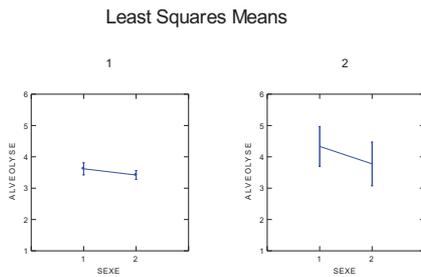
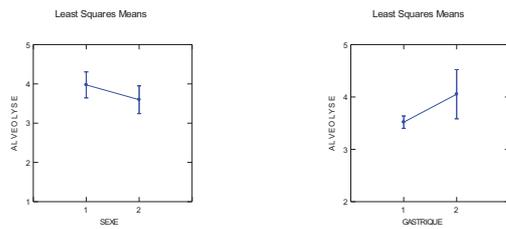
2



- *Affection intestinale inflammatoire chronique :*

Dep Var: ALVEOLYSE N: 200 Multiple R: 0.113 Squared multiple R: 0.013

| Source | Sum-of-Squares | df | Mean-Square | F-ratio | P |
|-----------|----------------|----|-------------|---------|-------|
| SEXE | 1.462 | 1 | 1.462 | 0.607 | 0.437 |
| AIIC | 2.926 | 1 | 2.926 | 1.215 | 0.272 |
| SEXE*AIIC | 0.335 | 1 | 0.335 | 0.139 | 0.710 |



Annexe 41 : Modèles de prédiction de l'alvéolyse

En fonction de l'âge uniquement

(SEXE= 1)

Dep Var: ALVEOLYSE N: 72 Multiple R: 0.940 Squared multiple R: **0.883**

Adjusted squared multiple R: 0.883 Standard error of estimate: 1.384

| Effect | Coefficient | Std Error | Std Coef | Tolerance | t | P(2 Tail) |
|------------|--------------|-----------|----------|-----------|--------|-----------|
| AGE | 0.071 | 0.003 | 0.940 | 1.000 | 23.127 | 0.000 |

| Source | Sum-of-Squares | df | Mean-Square | F-ratio | P |
|------------|----------------|----|-------------|---------|--------------|
| Regression | 1025.256 | 1 | 1025.256 | 534.880 | 0.000 |
| Residual | 136.092 | 71 | 1.917 | | |

(SEXE= 2)

Dep Var: ALVEOLYSE N: 128 Multiple R: 0.945 Squared multiple R: **0.892**

Adjusted squared multiple R: 0.892 Standard error of estimate: 1.234

| Effect | Coefficient | Std Error | Std Coef | Tolerance | t | P(2 Tail) |
|------------|--------------|-----------|----------|-----------|--------|-----------|
| AGE | 0.069 | 0.002 | 0.945 | 1.000 | 32.448 | 0.000 |

| Source | Sum-of-Squares | df | Mean-Square | F-ratio | P |
|------------|----------------|-----|-------------|----------|--------------|
| Regression | 1603.677 | 1 | 1603.677 | 1052.860 | 0.000 |
| Residual | 193.442 | 127 | 1.523 | | |

En fonction de tous les items

(Régressions linéaires pas à pas ascendantes)

(SEXE= 1) R-Square = 0.911

| Effect | Coefficient | Std Error | Std Coef | Tol. | df | F | 'P' |
|-------------------|---------------|-----------|----------|---------|----|--------|-------|
| In | | | | | | | |
| 1 AGE | 0.063 | 0.009 | 0.823 | 0.08803 | 1 | 46.215 | 0.000 |
| 2 HORMONES | -1.177 | 0.427 | -0.320 | 0.09549 | 1 | 7.599 | 0.007 |
| 4 FUMEUR | 1.052 | 0.233 | 0.454 | 0.12770 | 1 | 20.378 | 0.000 |

| Out | Part. Corr. |
|---------------|------------------------------------|
| 3 HYGIENE | 0.228 . . . 0.11559 1 3.742 0.057 |
| 5 MEDICAMENT | 0.062 . . . 0.09268 1 0.262 0.611 |
| 6 HEMATOLOGIQ | 0.043 . . . 0.07474 1 0.126 0.723 |
| 7 CIRCULATOIR | 0.104 . . . 0.10211 1 0.737 0.394 |
| 8 OPC | 0.118 . . . 0.09051 1 0.952 0.333 |
| 9 AIIC | -0.036 . . . 0.07532 1 0.090 0.765 |

(SEXE= 2) R-Square = 0.908

| Effect | Coefficient | Std Error | Std Coef | Tol. | df | F | 'P' |
|-------------------|--------------|-----------|----------|---------|----|--------|-------|
| In | | | | | | | |
| 1 AGE | 0.034 | 0.009 | 0.462 | 0.05199 | 1 | 15.068 | 0.000 |
| 2 HORMONES | 0.505 | 0.198 | 0.334 | 0.04279 | 1 | 6.484 | 0.012 |
| 4 FUMEUR | 0.496 | 0.210 | 0.173 | 0.13810 | 1 | 5.605 | 0.019 |

| Out | Part. Corr. |
|---------------|------------------------------------|
| 3 HYGIENE | -0.065 . . . 0.12813 1 0.518 0.473 |
| 5 MEDICAMENT | -0.117 . . . 0.11453 1 1.712 0.193 |
| 6 ENDOCRIN | 0.157 . . . 0.10636 1 3.144 0.079 |
| 7 CIRCULATOIR | 0.016 . . . 0.10246 1 0.030 0.862 |
| 8 OPC | 0.002 . . . 0.07764 1 0.000 0.986 |
| 9 AIIC | -0.166 . . . 0.07123 1 3.509 0.063 |

Annexe 42 : Validation des modèles

(SEXE= 1)

Wilcoxon Signed Ranks Test Results

Counts of differences (row variable greater than column)

| | ALVEOLYSE | REGALVHOM | ALVEOLYSHOM |
|-------------|-----------|-----------|-------------|
| ALVEOLYSE | 0 | 8 | 14 |
| REGALVHOM | 10 | 0 | 14 |
| ALVEOLYSHOM | 4 | 4 | 0 |

Z = (Sum of signed ranks)/square root(sum of squared ranks)

| | ALVEOLYSE | REGALVHOM | ALVEOLYSHOM |
|-------------|-----------|-----------|-------------|
| ALVEOLYSE | 0.000 | | |
| REGALVHOM | 0.109 | 0.000 | |
| ALVEOLYSHOM | 2.069 | 2.548 | 0.000 |

Two-sided probabilities using normal approximation

| | ALVEOLYSE | REGALVHOM | ALVEOLYSHOM |
|-------------|-----------|-----------|-------------|
| ALVEOLYSE | 1.000 | | |
| REGALVHOM | 0.913 | 1.000 | |
| ALVEOLYSHOM | 0.039 | 0.011 | 1.000 |

Paired samples t test on ALVEOLYSE vs REGALVHOM with 18 cases

Mean ALVEOLYSE = 3.528
 Mean REGALVHOM = 3.447
 Mean Difference = 0.081 95.00% CI = -0.304 to 0.467
 SD Difference = 0.775 t = 0.445
 df = 17 Prob = 0.662

Paired samples t test on ALVEOLYSE vs ALVEOLYSHOM with 18 cases

Mean ALVEOLYSE = 3.528
 Mean ALVEOLYSHOM = 3.103
 Mean Difference = 0.425 95.00% CI = -0.024 to 0.874
 SD Difference = 0.903 t = 1.996
 df = 17 Prob = 0.062

(SEXE= 2)

Wilcoxon Signed Ranks Test Results

Counts of differences (row variable greater than column)

| | ALVEOLYSE | REGALVFEM | ALVEOLYSFEM |
|-------------|-----------|-----------|-------------|
| ALVEOLYSE | 0 | 12 | 14 |
| REGALVFEM | 20 | 0 | 19 |
| ALVEOLYSFEM | 18 | 13 | 0 |

Z = (Sum of signed ranks)/square root(sum of squared ranks)

| | ALVEOLYSE | REGALVFEM | ALVEOLYSFEM |
|-------------|-----------|------------|-------------|
| ALVEOLYSE | 0.000 | | |
| REGALVFEM | 0.785 | 0.000 | |
| ALVEOLYSFEM | 0.224 | - 0.486 | 0.000 |

Two-sided probabilities using normal approximation

| | ALVEOLYSE | REGALVFEM | ALVEOLYSFEM |
|-------------|-----------|-----------|-------------|
| ALVEOLYSE | 1.000 | | |
| REGALVFEM | 0.432 | 1.000 | |
| ALVEOLYSFEM | 0.822 | 0.627 | 1.000 |

Paired samples t test on ALVEOLYSE vs REGALVFEM with 32 cases

Mean ALVEOLYSE = 3.520
Mean REGALVFEM = 3.390
Mean Difference = 0.130 95.00% CI = -0.389 to 0.649
SD Difference = 1.439 t = 0.512
df = 31 Prob = 0.612

Paired samples t test on ALVEOLYSE vs ALVEOLYSFEM with 32 cases

Mean ALVEOLYSE = 3.520
Mean ALVEOLYSFEM = 3.380
Mean Difference = 0.140 95.00% CI = -0.437 to 0.718
SD Difference = 1.602 t = 0.496
df = 31 Prob = 0.623