

UNIVERSITE DE STRABOURG
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2018

N°59

THESE

Présentée pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

le 26 octobre 2018

par

BILLOTTE Jean

Né le 13 mai 1992 à BELFORT

**LÉSIONS DE L'ÉTAGE INFÉRIEUR DE LA FACE DANS LES
ACCIDENTS DE VÉHICULES MOTORISÉS NON CARROSSÉS**

Président : Professeur MANIERE Marie-Cécile

Assesseurs : Docteur EUVRARD Edouard

Docteur FIORETTI Florence

Docteur OFFNER Damien

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE DE STRASBOURG

Doyen : Professeur C. TADDEI-GROSS

Doyens honoraires : Professeur R. FRANK

Professeur M. LEIZE

Professeur Y. HAIKEL

Professeurs émérites : Professeur W. BACON

Professeur H. TENENBAUM

Responsable des Services Administratifs : Mme F. DITZ-MOUGEL

Professeurs des Universités

V. BALL	Ingénierie Chimique, Energétique - Génie des Procédés
A. BLOCH-ZUPAN	Sciences Biologiques
F. CLAUSS	Odontologie Pédiatrique
J-L. DAVIDEAU	Parodontologie
Y. HAIKEL	Odontologie Conservatrice - Endodontie
O. HUCK	Parodontologie
M-C. MANIERE	Odontologie Pédiatrique
F. MEYER	Sciences Biologiques
M. MINOUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie
A-M. MUSSET	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
C. TADDEI-GROSS	Prothèses
B. WALTER	Prothèses

Maîtres de Conférences

S. BAHI-GROSS	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
L. BIGEARD	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Y. BOLENDER	Orthopédie Dento-Faciale
F. BORNERT	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
A. BOUKARI	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
O. ETIENNE	Prothèses
F. FIORETTI	Odontologie Conservatrice - Endodontie
C-I. GROS	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie
S. JUNG	Sciences Biologiques
N. LADHARI	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie
D. OFFNER	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
R. SERFATY	Odontologie Conservatrice - Endodontie
M. SOELL	Parodontologie
D. WAGNER	Orthopédie Dento-Faciale
E. WALTMANN	Prothèses

Equipes de Recherche

N. JESSEL	INSERM / Directeur de Recherche
Ph. LAVALLE	INSERM / Directeur de Recherche
H. LESOT	CNRS / Directeur de Recherche
M-H. METZ-BOUTIGUE	INSERM / Directeur de Recherche
P. SCHAFF	UdS / Professeur des Universités / Directeur d'Unité
B. SENGER	INSERM / Directeur de Recherche

À mon grand-père Jean-Baptiste

Remerciements

À mon directeur de thèse, Monsieur le Docteur Euvrard,

Je tenais à vous remercier vivement d'avoir accepté spontanément la direction de ma thèse. Durant mon semestre passé au service d'Odontologie Hospitalière du CHRU de Besançon j'ai pu côtoyer une personne d'une grande pédagogie et d'une compétence remarquable. Vous m'avez permis de réaliser ce travail, parfois périlleux, dans des conditions optimales tout en me guidant judicieusement. Votre soutien sans faille m'a été d'une très grande aide.

Aux membres de mon jury,

Madame le Professeur Manière, vous me faites l'honneur d'accepter la présidence de ce jury et je vous en remercie. Votre implication dans la réussite des étudiants est certaine. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de ma reconnaissance.

Madame le Docteur Fioretti, membre de mon jury CSCT et maintenant membre de mon jury de thèse, je vous remercie de participer une fois de plus à l'appréciation de mon travail. Pour votre accompagnement tout au long de ces études, soyez assurée de ma profonde estime.

Monsieur le Docteur Offner, je vous remercie d'avoir accepté de siéger à ma thèse, pour la rigueur inculquée en clinique ou en un cours magistral mais aussi pour votre accessibilité aux étudiants.

À l'équipe soignante du service de Maxillo-facial, Stomatologie et Odontologie Hospitalière du CHRU de Besançon,

Monsieur le Professeur Meyer, je vous suis extrêmement reconnaissant du temps que vous m'avez consacré pour mener à bien la partie Maxillo-Faciale de mon travail. Je vous ai tout d'abord connu comme professeur durant mon année de PACES, puis lors de mon semestre au CHRU de Besançon. Votre accessibilité aux étudiants permet de mener à bien ce type de projet. Encore une fois, merci.

Monsieur le Docteur Louvrier, c'est spontanément que vous m'avez permis d'utiliser les ressources iconographiques pour l'étude de cas. Je vous remercie pour cette précieuse aide.

Monsieur le Docteur Dussaucy, vous m'avez permis d'appréhender les démarches de recherche avec beaucoup de sérénité et je vous suis reconnaissant d'avoir rendu ces recherches parfois compliquées aussi simples que possible.

Pour m'avoir aidé de près ou de loin dans ce long travail, je tiens à remercier chaleureusement les infirmières, assistantes, secrétaires ainsi que tout le personnel des archives du CHRU de Besançon.

À mes parents,

Papa, dès mon plus jeune âge tu as su m'inculper les valeurs du travail et de la réussite. Ton parcours professionnel témoigne de ces valeurs et de cette volonté. Tu as toujours été un exemple, à tout point de vue.

Maman, quel bonheur d'avoir pu compter sur les bons petits plats durant mes retours à Belfort. Tu as su rendre les choses faciles et me créer un environnement tout confort pour m'aider dans ce long parcours.

Pour votre soutien sans faille et les sacrifices faits pendant mes études, merci mille fois. Je vous aime.

À ma sœur Pauline,

C'est en te voyant créer ton propre parcours que j'ai su que les choses n'allaient pas être faciles. Mais ta réussite exemplaire m'a montré le chemin à suivre. De Los Angeles à Paris, en passant par Quito, j'ai toujours pu compter sur toi lorsque j'en avais besoin. Ton retour en France avec Sebacito promet de belles retrouvailles.

À Émilie,

Tout d'abord amie et maintenant compagne, tu m'as aidé de la meilleure des manières durant ces années. À distance lors de tes études à Lille et maintenant à mes côtés dans notre belle maison où tant de belles choses nous attendent. Que ce soit dans les moments difficiles des études ou ceux remplis de joie, tu sais toujours agir de la meilleure des façons. Je serai à jamais reconnaissant des connaissances en informatique que tu m'as transmises sans lesquelles je n'aurais sans doute pas pu conclure ce travail !

À ma grand-mère Thérèse,

Tu as toujours été fière de tes petits-enfants. Tu nous as offert tant de beaux moments et nous as gâtés tant de fois. À mon tour d'être fier de pouvoir te montrer mon travail et de te remercier pour tout.

À la famille Girard,

Claude et Claudine, les choses ont pourtant mal commencé. Dans un premier temps en sortant avec votre fille, Émilie. Puis en vous annonçant mon futur métier, dentiste. Le mal était déjà fait !

Toute blague mise à part, quel bonheur de pouvoir partager un dîner copieux en famille, un apéro, un week-end à la montagne. Depuis le tout premier jour, vous avez su me mettre à l'aise et m'intégrer à votre grande famille. Et je dois finir par l'avouer Claudine, j'aurais pu tomber sur bien pire que vous comme belle-mère ! Merci à vous tous.

À Delphine, Camille et Emma,

Ma famille Bisontine. Je ne sais pas quels mots employer pour vous dire à quel point votre présence m'a aidé, que ce soit en PACES ou dernièrement pour mes travaux de recherche. De fantastiques souvenirs resteront dans ma tête à vos côtés durant ces années d'études.

À mes amis Strasbourgeois,

Margaux, merci pour tout ce que tu as pu m'apporter pendant ces années d'études. Je ne crois pas me tromper en disant que seuls de bons souvenirs ressortent de ces années à Besançon puis Strasbourg. Que ce soit lors de nos covoiturage ou durant une session intense de révision, sur playstation bien entendu, tous ces moments auront été un véritable plaisir à partager.

Arnaud, les terrasses Strasbourgeoises n'ont plus de secret pour nous. Ce fut un privilège de partager ces études avec toi. Du week-end d'intégration de P2 jusqu'à notre colocation improvisée en dernière année, nous avons construit une solide amitié.

Je vous souhaite le meilleur pour la suite qui je l'espère nous offrira encore de bons instants ensemble.

À mes amis Belfortains,

Je vous remercie tous d'avoir été là pour me soutenir et pour l'intérêt que vous avez porté pour mon travail. Soucieux de ma réussite, c'est avec plaisir que j'ai reçu vos messages d'encouragements pendant ces années d'études. Mon retour dans la capitale Terrifortaine présage de nombreux beaux moments à venir.

À la concession Moto90,

Je vous remercie d'avoir contribué à ce travail avec tout le professionnalisme et la bonne humeur qui caractérisent la famille Gigon et leurs employés. Au plaisir de partager de bons moments sur circuit et en dehors.

UNIVERSITE DE STRABOURG
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2018

N°59

THESE

Présentée pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

le 26 octobre 2018

par

BILLOTTE Jean

Né le 13 mai 1992 à BELFORT

**LÉSIONS DE L'ÉTAGE INFÉRIEUR DE LA FACE DANS LES
ACCIDENTS DE VÉHICULES MOTORISÉS NON CARROSSÉS**

Président : Professeur MANIERE Marie-Cécile

Asseseurs : Docteur EUVRARD Edouard

Docteur FIORETTI Florence

Docteur OFFNER Damien

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION

Chapitre I : Traumatologie des tissus mous, dentaires et osseux, casques et biomécanique associée.

1.1. Rappels anatomiques

1.1.1. Etage inférieur de la face : définition

1.1.2. Structures concernées

1.2. Traumatologie

1.2.1. Définition

1.2.2. Certificat médical initial

1.2.3. Tissus mous

1.2.3.1. Contusion de la face

1.2.3.2. Plaies des parties molles

1.2.3.3. Dermabrasions

1.2.3.4. Corps étrangers

1.2.4. Tissus dentaires

1.2.4.1. Traumatismes dento-pulpaire

1.2.4.2. Traumatismes parodontaux et osseux

1.2.4.3. Complications

1.2.4.4. Facteurs de risques

1.2.5. Tissus osseux

1.2.5.1. Fractures mandibulaires

1.2.5.2. Fractures maxillaires

1.3. Les casques

1.3.1. Caractéristiques

1.3.1.1. Rôle

1.3.1.2. Composition

1.3.2. Lois en vigueur

1.3.3. Homologation et norme ECE R22-05

1.3.4. Types de casques

1.3.4.1. Casque fermé

1.3.4.2. Casque ouvert

- 1.3.4.3. Tout terrain
- 1.3.5. Critères de choix et conseils d'utilisation
- 1.3.6. Physique : rappel et notions
 - 1.3.6.1. Energie cinétique
 - 1.3.6.2. Force appliquée
 - 1.3.6.3. Cas particulier : Marc Marquez, pilote MotoGP
 - 1.3.6.4. Objectif
- 1.3.7. Limites du casque intégral
 - 1.3.7.1. Exposition cervicale
 - 1.3.7.2. Exposition Mandibulaire
 - 1.3.7.3. Efficacité
- 1.4. Mise en relation des traumatismes en fonction du casque
 - 1.4.1. Sans casque
 - 1.4.2. Avec casque
 - 1.4.2.1. Fermé
 - 1.4.2.2. Ouvert
- 1.5. Accidentologie
 - 1.5.1. Intérêt du casque
 - 1.5.2. Biomécanique
 - 1.5.3. Analyses
 - 1.5.3.1. Expérimentale
 - 1.5.3.2. Numérique
 - 1.5.4. Projets PROTEUS et BIOCASQ

Chapitre 2 : Etude d'observation rétrospective chez une population de patients du CHRU Jean Minjoz de Besançon

- 2.1. Introduction
- 2.2. Matériel et méthode
 - 2.2.1. Élaboration et forme du questionnaire
 - 2.2.2. Contenu
 - 2.2.3. Population d'étude : critères d'inclusion et d'exclusion
 - 2.2.4. Recueil et traitement des données
- 2.3. Résultats
- 2.4. Discussion

2.5. Synthèse de l'étude

2.6. Analyse d'un cas clinique

CONCLUSIONS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LISTE DES ABREVIATIONS

2RM : Deux-roues motorisé

ABS : Acrylonitrile butadiène styrène

ATM : articulation temporo-mandibulaire

CEESAR : Centre Européen d'Etudes de Sécurité et d'Analyse des Risques

CHUFCMFS : Collège Hospitalo-Universitaire Français de Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie

CMI : Certificat médical initial

CVI : Ciment verre-ionomère

DIM : Département d'Information Médicale

IRM* : Imagerie par Résonance Magnétique

LAD : Ligament alvéolo-dentaire

MTA : Mineral Trioxyde Aggregate

ODF : Orthopédie dento-faciale

OPT : Orthopantomogramme

PS : Polystyrène

REIE : Résorption externe inflammatoire évolutive

REIT : Résorption interne inflammatoire transitoire

RER : Résorption externe de remplacement

RIDER : Recherche sur les accidents Impliquant un DEux Roues motorisé

RIIE : Résorption interne inflammatoire évolutive

RIIT : Résorption interne inflammatoire transitoire

RIR : Résorption interne de remplacement

SHARP : Safety Helmet Assessment and Rating Program

SJ : Sans Jugulaire

TIB : Téléradiographie intra-buccale

VL : véhicule léger

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les étages de la face (Bolender, 2015).

Figure 2 : Vascularisation des structures concernées en vue antérolatérale haute du cou, branche de la mandibule retirée (Obrenovic, 2016).

Figure 3 : Certificat médical initial (www.ordre-chirurgiens-dentistes.fr)

Figure 4 : Lignes de tensions de la face (CHUFCMFS, 2014).

Figure 5 : Lésions des tissus dentaires durs et de la pulpe (Azam).

Figure 6 : Fêlure amélaire (DiAngelis et al. 2017).

Figure 7 : Fracture amélaire verticale sur la face vestibulaire de la dent 21 (Charland et al. 2005).

Figure 8 : Fractures coronaires simples (sans effraction pulpaire) de la dent 21 (Charland et al. 2005).

Figure 9 : Fracture coronaire complexe (avec effraction pulpaire) de la dent 11 (Charland et al. 2005).

Figure 10 : Vue sagittale d'une fracture coronoradiculaire simple (DiAngelis et al. 2017).

Figure 11 : Fracture coronoradiculaire complexe de la dent 51 (Charland et al. 2005).

Figure 12 : Fracture Coronoradiculaire complexe de la dent 42 (Charland et al. 2005).

Figure 13 : Fracture radiculaire de la dent 11 (Charland et al. 2007).

Figure 14 : Extrusion de la dent 11 (Charland et al. 2005).

Figure 15 : Radiographie occlusale d'une extrusion de la dent 11 (Charland et al. 2005).

Figure 16 : Luxation latérale des dents 11 et 21 (Charland et al. 2005).

Figure 17 : Radiographie occlusale d'une luxation latérale des dents 11 et 21 (Charland et al. 2005).

Figure 18 : Intrusion dentaire (DiAngelis et al. 2005).

Figure 19 : Radiographie rétro-alvéolaire d'une intrusion de la dent 11 (Dharmani et al. 2014).

Figure 20 : Expulsion de la dent 11 (Katepogu, 2014).

Figure 21 : Mise en place d'une contention semi-rigide après repositionnement de la dent 11 (Katepogu, 2014).

Figure 22 : Radiographies orthocentrées (A et C) excentrée (B) de résorptions internes (Zunzarren et al. 2014).

Figure 23 : Localisation des fractures mandibulaires et leur pourcentage de survenue (Dingmann et al. 1964).

Figure 24 : Plaques, vis et principe de pose (CHUFCMFS, 2014).

- Figure 25** : Traitement orthopédique d'une fracture mandibulaire : blocage maxillomandibulaire au fil d'acier (CHUFCMFS, 2014).
- Figure 26** : Signes cliniques des fractures de la région condylienne unilatérale (CHUFCMFS, 2014).
- Figure 27** : contact molaire prématuré bilatéral et béance antérieure liés à une fracture condylienne bilatérale (CHUFCMFS, 2014).
- Figure 28** : Les fractures de Le Fort : localisation des traits de fracture (CHUFCMFS, 2014).
- Figure 29** : Principe de traitement des fractures de Le Fort I (CHUFCMFS, 2014).
- Figure 30** : Vue d'ensemble de la maquette.
- Figure 31** : Reconstitution à 90° du casque N°2 après découpe du quart antérieur gauche.
- Figure 32** : Vue Sagittale du casque N°1.
- Figure 33** : Reconstitution à 360° de l'éclaté du casque N°3.
- Figure 34** : Boucle double D.
- Figure 35** : Boucle à clips.
- Figure 36** : Boucle Microlock.
- Figure 37** : Casque GPA SJ Twinlock (HMGN).
- Figure 38** : Casque Shark Skwal avec système feux LED intégré.
- Figure 39** : Etiquette de la norme ECE R2205 sur un casque Nolan N86.
- Figure 40** : Casque intégral Shark D-Skwall Hiwo.
- Figure 41** : Casque modulable LS2 FF399 Valiant.
- Figure 42** : Casque jet HJC FG-JET ACADIA.
- Figure 43** : Casque Bol Géno.
- Figure 44** : Casque Micro-Jet HJC FG-70 Heritage.
- Figure 45** : Casque modulaire Shark Drak.
- Figure 46** : Casque tout terrain Scorpion VX-15 Air.
- Figure 47** : Casque intégral de couleur noir mat unie.
- Figure 48** : Casque intégral avec réplique du masque de Spiderman.
- Figure 49** : Le pilote après l'accident et exposition mandibulaire visible (Martín, 2013).
- Figure 50** : Les contusions labiales et mentonnières du pilote suite à la chute (Beeler, 2013).
- Figure 51** : Le casque du pilote après la chute (Francé, 2013).
- Figure 52** : Exposition cervicale avec et sans « Neck brace ».
- Figure 53** : Exposition mandibulaire.
- Figure 54** : Epaisseur théorique d'un casque pour une vitesse d'impact de 64,4 Km/h chez un individu de 175 Cm (B. Amans et al. 2005).

Figure 55 : Lésions les plus fréquentes et lésions les plus graves, de gauche à droite (Serre et al. 2010).

Figure 56 : Port correct du casque selon la cylindrée, pilote et passager (Amans et al. 2005).

Figure 57 : Influence du type de casque et de véhicule sur la typologie lésionnelle (Serre et al, 2010).

Figure 58 : Piliers et poutres de l'architecture faciale (CHUFCMFS, 2014).

Figure 59 : Structure pneumatisée de la face (CHUFCMFS, 2014).

Figure 60 : Questionnaire de l'étude.

Figure 61 : Protocole.

Figure 62 : Répartition de l'âge des patients inclus dans l'étude.

Figure 63 : Répartition par sexe des patients inclus dans l'étude.

Figure 64 : Répartition des véhicules utilisés.

Figure 65 : Répartition des cylindrées des véhicules utilisés.

Figure 66 : Répartition des vitesses approximatives enregistrées au moment de l'impact.

Figure 67 : Répartition des lieux d'accident.

Figure 68 : Répartition des positions des victimes sur le véhicule.

Figure 69 : Répartition des casques utilisés par les victimes.

Figure 70 : Répartition des positions du casque au moment de l'impact.

Figure 71 : Répartition des tissus mous concernés par les lésions.

Figure 72 : Répartition des types de lésions des tissus mous.

Figure 73 : Répartition des types de lésions dento-pulpaire

Figure 74 : Répartition des types de lésions parodonto-osseuses.

Figure 75 : Répartition des tissus osseux touchés par les lésions.

Figure 76 : Répartition des types de lésions osseuses.

Figure 77 : Répartition des lieux d'accident en fonction des véhicules utilisés.

Figure 78 : Répartition des véhicules utilisés en fonction des casques portés par les usagers.

Figure 79 : Répartition des casques utilisés en fonction des cylindrées.

Figure 80 : Répartition des types de lésions des tissus mous subies en fonction de la vitesse au moment de l'impact.

Figure 81 : Répartition des types de lésions dento-pulpaire subies en fonction de la vitesse au moment de l'impact.

Figure 82 : Répartition des types de lésions parodonto-osseuses subies en fonction de la vitesse au moment de l'impact.

Figure 83 : Répartition des types de lésions osseuses subies en fonction de la vitesse au moment de l'impact.

Figure 84 : Répartition des types de lésions des tissus mous subies en fonction des différents casques.

Figure 85 : Répartition des types de lésions dento-pulpaire subies en fonction des différents casques.

Figure 86 : Répartition des types de lésions parodonto-osseuse subies en fonction des différents casques.

Figure 87 : Répartition des types de lésions osseuses subies en fonction des différents casques.

Figure 88 : Répartition des tissus mous concernés par les lésions en fonction des différents casques.

Figure 89 : Répartition des tissus osseux concernés par les lésions en fonction des différents casques.

Figure 90 : Répartition des tissus mous concernés par les lésions en fonction de la vitesse.

Figure 91 : Répartition des tissus osseux concernés par les lésions en fonction de la vitesse.

Figure 92 : Vue exo-buccale post-traumatisme © / Aurélien Louvrier (2016).

Figure 93 : Reconstitution en trois dimensions du massif osseux cranio-facial post traumatisme, vue inférieure et vue frontale © / Aurélien Louvrier (2016).

Figure 94 : Reconstitution en trois dimensions du massif osseux cranio-facial après ostéosynthèse de la symphyse mandibulaire, vue inférieure et vue frontale © / Aurélien Louvrier (2016).

Figure 95 : Vue endo-buccale après ostéosynthèse de la symphyse mandibulaire © / Aurélien Louvrier (2016).

Figure 96 : Vue exo-buccale post-opératoire après mise en place des sangsues © / Aurélien Louvrier (2016).

Figure 97 : Vue exo-buccale de nécrose labiale inférieure quatre jours après l'intervention © / Aurélien Louvrier (2016).

Figure 98 : Vue exo-buccale après nécrosectomie © / Aurélien Louvrier (2016).

Figure 99 : Vue exo-buccale des traits d'incision pour la réalisation du lambeau de Karapandzic © / Aurélien Louvrier (2016).

Figure 100 : Vue exo-buccale post opératoire après réalisation du lambeau de Karapandzic © / Aurélien Louvrier (2016).

Figure 101 : Vue exo-buccale 22 mois post-traumatisme © / Aurélien Louvrier (2018).

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Schémas des différents traumatismes parodontaux et osseux (Zunzarren et al. 2014).

Tableau 2 : Classification de Heithersay (Heithersay, 1999).

Tableau 3 : Epaisseur du casque en fonction de la vitesse d'impact (Amans et al. 2005).

Tableau 4 : Effet du casque sur les blessures à la tête (MAIDS, 2009).

Tableau 5 : BSR, répartition de la formation pratique de 7 heures (www.service-public.fr).

INTRODUCTION

L'intérêt du port du casque n'est actuellement plus à démontrer dans son rôle vital de protection de la tête des usagers. Véritable enjeu de santé publique, cet élément de sécurité ne doit souffrir d'aucune négligence tant dans son choix que dans son port correct et adapté.

En France, Le port du casque est rendu obligatoire depuis le 1^{er} juillet 1973 par l'article R. 233-1 du code de la route. Les casques utilisés à cette époque doivent répondre à une norme N.F.S. 72-301 qui évoluera au fil des années et des avancés en matière de sécurité. C'est aujourd'hui la norme Européenne ECE R22-05 qui est appliquée en France. Cet article de loi concerne tous les véhicules motorisés non carrossés parmi lesquels se trouvent les motos, cyclomoteurs, quads et kartings.

Différents types de casques existent assurant une protection plus ou moins complète de la tête. L'étage inférieur de la face se trouve exposé différemment selon les casques. Le choix du type de casque et son utilisation sont influencés par différents facteurs : véhicule utilisé, esthétique, prix, effet de mode.

La littérature actuelle propose de nombreux travaux ayant abordé l'incidence du casque sur les dommages subis au niveau cérébral et cranio-facial de manière générale, avec ou sans casque (Brewer et al. 2013 ; Burns et al. 2015 ; Compton et al. 2012 ; Demas et Braun, 1992 ; Gupta et al. 2014 ; Gusenbauer, 2002 ; Ha et al. 2017 ; Kraus et al. 2003 ; Kuo et al. 2017 ; Singleton, 2016). En revanche, peu d'entre eux se concentrent pleinement sur les traumatismes subis au niveau maxillo-facial (Cavalcante et al. 2012 ; Christian et al. 2014 ; Mallikarjuna et al. 2009 ; Shaigany et al. 2016), et moins encore au niveau de l'étage inférieur de la face (Hyman et al. 2016 ; Júnior et al. 2012). De plus, le type de casque porté n'intervient que rarement comme facteur influençant le tableau lésionnel (Clini et al. 2014)

Quelle réelle protection peut offrir un casque au niveau de l'étage inférieur de la face lorsque celui-ci est adapté correctement ? Sinon quelles en sont les conséquences sur les usagers ? Quel type casque permet d'offrir une protection maximale à son usager au niveau de l'étage inférieur de la face.

Dans un premier chapitre, seront développés les traumatismes des tissus mous, osseux et dentaires, et les moyens mis en œuvre pour la prise en charge de patients ayant subi un accident de véhicule motorisé non carrossé. Ces véhicules comprennent les deux-roues (moto, cyclomoteur) les tricycles à moteur, quads et karts. Une présentation des différents types de casques permettra de mettre en relation les dommages encourus en fonction du niveau de protection donné par ceux-ci. Le pilote de ce genre de véhicule est la première victime lors d'une collision avec un obstacle. Degré de protection et tableau lésionnel sont intimement liés.

Les résultats de l'étude d'une population de patients du CHRU Jean Minjoz de Besançon sont analysés dans un second et dernier chapitre. Le gradient de protection réel offert par les différents casques, en corollaire des lésions les plus fréquemment rencontrées, sera envisagé dans ce dernier volet. Les résultats seront appuyés par l'analyse d'un cas clinique visant à mettre en évidence l'amplitude des lésions possibles suite à un traumatisme. Nous verrons alors les limites de cet élément obligatoire de protection.

Chapitre I : Traumatologie des tissus mous, dentaires et osseux, casques et biomécanique associée.

1.1. Rappels anatomiques

1.1.1. Etage inférieur de la face : définition et limites

La face est divisée en trois étages par l'intermédiaire de quatre lignes (Figure 1), chacune passant par des points céphalométriques. De bas en haut, la première ligne passe par le trichion, point médian cutané situé au niveau de la ligne d'implantation des cheveux. La seconde est la ligne ophryaque, passant par le point ophryon, situé sur la ligne médiane du front en dessous de la glabelle, zone du front comprise entre les arcades sourcillières. La troisième est la ligne passant par le point sous-nasal, point médian cutané situé à l'union de la cloison nasale avec la lèvre supérieure. La quatrième et dernière ligne est tangente au bord inférieur de la symphyse mentonnière et passe par le point menton cutané, point le plus inférieur du menton. L'étage inférieur de la face est délimité par ces deux dernières lignes selon les critères utilisés en orthopédie dentofaciale (Bolender, 2015).

Stricto sensu, il n'inclut pas les os maxillaires. Toutefois, l'arcade dentaire supérieure faisant partie du tiers inférieur de la face et cette arcade étant portée par les maxillaires, les lésions des maxillaires et des parties molles attenantes seront incluses dans ce travail.

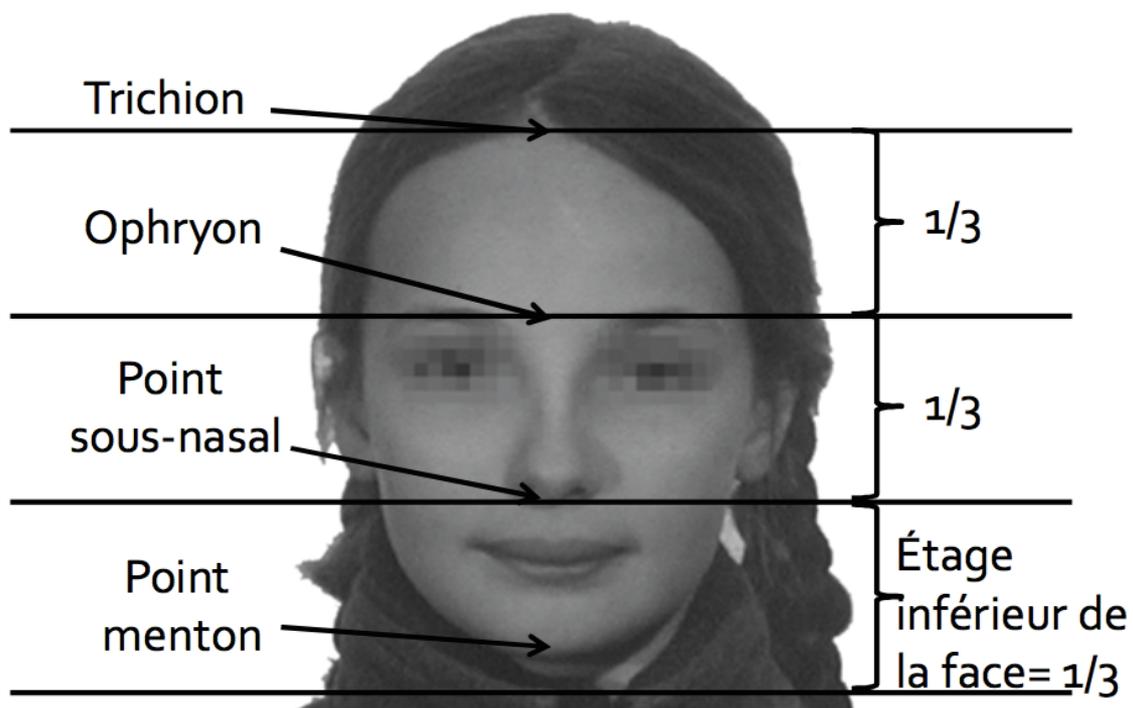


Figure 1 : Les étages de la face (Bolender, 2015).

1.1.2. Structures concernées (Netter FH, 2015 ; Sobotta J, 2013)

L'étage inférieur de la face concerne quatre régions du massif facial. Les deux premières sont impaires et médianes, la dernière est paire et symétrique :

- **Orale** : qui encadre la fente orale et les lèvres.
- **Mentonnière** : région la plus inférieure de la face.
- **Buccales** : en arrière de la région orale et de la région mentonnière. Elles correspondent sur le visage aux joues.

L'étage inférieur de la face regroupe trois os :

- **Le maxillaire** : os pair de la face où sont implantées les dents de l'arcade supérieure. Il est l'interface entre cavité orale, nasale et sinus maxillaires latéralement par l'intermédiaire du palais osseux. L'innervation sensitive des structures associées est assurée par le nerf maxillaire (V₂), deuxième branche de division du nerf trijumeau.
- **La mandibule** : os impair et médian, mobile, elle porte l'ensemble des dents de l'arcade inférieure. L'innervation sensitive des structures associées est assurée par le nerf alvéolaire inférieur, issu du nerf mandibulaire (V₃), troisième branche de division du nerf trijumeau (V) et le plexus cervical dans la région angulomandibulaire.

Les régions de l'étage inférieur de la face sont animées par un ensemble de muscles ayant une double fonction :

- De **mouvement**, pour mettre en action les différents muscles et être à l'origine de la mimique
- De **structure**, leur action délimite les régions de la face par l'intermédiaire de sillons cutanés.

Les muscles peauciers du massif facial s'insèrent par une de leurs extrémités, au moins, au niveau de la peau et tous sont innervés par le nerf facial, VIIème nerf crânien. Ils s'organisent autour du **muscle orbiculaire des lèvres**. Tous, excepté ce dernier, sont pairs et symétriques.

Au niveau superficiel se trouvent les muscles :

- **Elévateur de la lèvre supérieure**
 - **Grand zygomatique**
 - **Petit zygomatique**
 - **Risorius**
 - **Abaisseur de la lèvre inférieure**
 - **Abaisseur de l'angle de la bouche**
- } Muscles du rire et du sourire

Au niveau profond se trouvent les muscles :

- **Buccinateur**, fonction de protection et de structure
- **Elévateur de l'angle de la bouche**
- **Mentonnier**

Les muscles masticateurs permettent la mobilité de la mandibule. Quatre d'entre eux forment les muscles élévateurs de la mandibule et sont innervés par le nerf trijumeau (V):

- **Le muscle temporal**
 - **Le muscle masséter**
 - **Le muscle ptérygoïdien médial**
 - **Le muscle ptérygoïdien latéral**
- } Forment une sangle au niveau postérieur du ramus mandibulaire

Le plancher de la cavité orale est formé de trois couches musculaires successives, formées par trois paires de muscles intervenant dans la mastication comme des abaisseurs de la mandibule :

- **Le muscle mylo-hyoïdien** : muscle principal
- **Le muscle digastrique** : en-dessous du précédent, composé de deux chefs (ou ventres), un antérieur et un postérieur.
- **Le muscle génio-hyoïdien** : au-dessus du premier.

Les deux premiers muscles sont innervés par le nerf mylo-hyoïdien (V₃) issu du nerf alvéolaire inférieur. Le muscle génio-hyoïdien est innervé par le nerf hypoglosse (XII).

La **langue**, ensemble de 17 muscles, répartis en 8 muscles pairs et 1 impair. Ils s'insèrent sur le plancher de la bouche et sur les os voisins (mandibule et os hyoïde). Leur innervation motrice est assurée par le nerf hypoglosse, XIIème nerf crânien.

Le tiers postérieur de la langue (en arrière du sillon terminal) possède une innervation sensitive assurée par le nerf glosso-pharyngien (IX). L'innervation sensorielle est effectuée par ce même nerf (IX) accompagné du nerf vague (X).

Les deux tiers antérieurs de la langue (en avant du sillon terminal) possèdent une innervation sensitive assurée par le nerf trijumeau (V) via le nerf lingual. La corde du tympan, branche du nerf facial (VII) effectue l'innervation sensorielle de cette zone.

Trois paires de glandes salivaires principales :

- **La parotide** : située latéralement et postérieurement à la mandibule au niveau de ses branches montantes.
- **La glande submandibulaire** : située médialement à la mandibule, au niveau postérieur de son corps, en-dessous du muscle mylo-hyoïdien.
- **La glande sublinguale** : située médialement à la mandibule, au niveau postérieur de son corps, au-dessus du muscle mylo-hyoïdien.

La vascularisation de l'ensemble de ces structures est effectuée par des branches des artères carotides externes et du tronc commun, issu des veines jugulaires internes (figure 2)



Figure 2 : Vascularisation des structures concernées en vue antérolatérale haute du cou, branche de la mandibule retirée (Obrenovic, 2016).

1.2. Traumatologie

Afin de décrire et d'illustrer au mieux l'ensemble des traumatismes possibles de l'étage inférieur de la face, la classification d'Andreasen (1972) est retenue et utilisée comme référence. Elle-même est issue de la Classification Internationale des maladies dont la dernière version est appelée CIM-10. Une nouvelle version (CIM-11) est programmée pour 2018.

1.2.1. Définition

La traumatologie est la spécialité médicale qui étudie et traite les lésions anatomiques survenant au décours d'un traumatisme (accidents de la route, rixes, chutes, accidents de sport...) (Garnier et al. 2009). Cette seconde sous partie du premier chapitre recensera et définira l'ensemble des traumatismes éventuels à la suite d'un accident de véhicule motorisé non carrossé. Les traumatismes des parties molles et des tissus osseux seront pris en charge par un chirurgien maxillo-facial. Le chirurgien-dentiste joue un rôle clé dans le diagnostic des dommages dentaires et des tissus adjacents en tant que spécialiste de la cavité buccale mais aussi dans la réorientation vers un service de chirurgie maxillo-faciale. Pour chaque diagnostic d'un traumatisme maxillo-facial, la recherche rigoureuse de traumatismes dentaires associés est impérative (Soukup et al. 2013).

1.2.2. Certificat médical initial (Béry et al. 2012)

Le certificat médical initial, ou CMI (Figure 3), s'adresse à toute personne victime d'un dommage corporel. Il constitue le premier écrit à caractère médico-légal (Courtois, 1993). Il doit être complet, clair et précis, notamment en ce qui concerne les organes dentaires qui sont très souvent oubliés mais dont les traumatismes génèrent un nombre important de demandes de réparation et de litiges ultérieurs (ONCD, 2016)

Le rôle du chirurgien-dentiste est de constater les lésions pour les retranscrire de façon objective et neutre. Le CMI est un devoir du chirurgien-dentiste inscrit dans le code de déontologie de la profession (ONCD, 2016).

Premier document produit après un accident, il est un des documents essentiels d'une éventuelle procédure judiciaire.

MODÈLE DE CERTIFICAT MEDICAL INITIAL
(Proposé à titre d'exemple, téléchargeable sur le site de l'ONCD)

ENTETE PRATICIEN
Je soussigné(e), docteur
chirurgien-dentiste, certifie avoir examiné le à H.....
A (lieu de l'examen)
M. Mme Mlle l'enfant (Nom et prénom)
Né(e) le (date en toutes lettres)
(Eventuellement) Accompagné(e) de

Faits rapportés par la personne (commémoratifs)
Cette dernière m'a déclaré que: « Le date) à H..... (heure)
Au (lieu),
..... ».

Examen clinique
J'ai constaté ce jour :
- à l'examen exobuccal :
- à l'examen endobuccal :
- à l'examen radiographique :
+/- photographies et radiographies jointes référencées + schéma dentaire actualisé + ...

Les signes ressentis par le patient sont :

Etat antérieur (si connu)
L'état initial de la dent était (seulement s'il s'agit d'un patient suivi régulièrement dans le cabinet dont l'état initial était connu) (ou) au (dernière date connue des soins dans le cabinet), l'état était

Traitement
Ce jour, le traitement consiste en (si un traitement a été réalisé ce jour le préciser) :
.....

Evolution
L'évolution possible ou prévisible et les traitements envisagés ou potentiellement prévisibles :
.....
A noter - Toutes les réserves d'usage doivent être formulées (voir note).

Le coût actuel des traitements est de :
Si chiffrage possible.

La situation actuelle est transitoire et le dossier pourra être ré-ouvert en cas de complications.

Risque de Déficit Fonctionnel Permanent (DFP)
Le cas échéant (voir note).

Incapacité totale de travail (ITT)
Le cas échéant (voir note).

Certificat fait à
le (date en toute lettre)
et remis en mains propres à, pour faire valoir ce que de droit.

SIGNATURE ET TAMPON DU CHIRURGIEN-DENTISTE

Figure 3 : Certificat médical initial (www.ordre-chirurgiens-dentistes.fr).

1.2.3. Tissus mous (CHUFCMFS, 2014)

1.2.3.1. Contusions de la face

Elles se manifestent par une douleur et un œdème au point d'impact. Les ecchymoses et hématomes éventuellement associés ont tendance à diffuser le long des espaces celluloadipeux de la face. De ce fait il est possible de les observer à distance du point d'impact initial. Ces lésions peuvent dans certains cas entraîner une impotence fonctionnelle avec un aspect figé du visage. Même si leur évolution est généralement spontanément favorable, les hématomes volumineux de la face nécessitent parfois un drainage chirurgical.

1.2.3.2. Plaies des parties molles

Une plaie se définit par la rupture de la continuité de la peau, provoquée en partie par un agent extérieur mécanique.

○ **Plaies muqueuses :**

Ces plaies s'observent en bouche et leurs localisations orientent le praticien vers les éventuelles lésions associées, étiologie et contexte de survenue. Ces plaies peuvent siéger au niveau de :

- La gencive attachée dans les fractures des portions dentées de la mandibule.
- La fibromuqueuse palatine dans les fractures sagittales du palais osseux.
- La langue, en lien avec une morsure à la suite d'un traumatisme mandibulaire avec interposition de la langue au moment de l'impact.
- Le voile du palais, lorsque le patient tient en bouche un objet (sucette, crayon...etc) au moment du traumatisme.
- Le plancher buccal antérieur, le palais, face interne des joues dans le cas de plaies transfixiantes.

Chez l'enfant une sialorrhée réactionnelle est fréquente.

○ **Plaies péri-orificielles :**

Elles vont de la plaie superficielle à la plaie transfixiante et peuvent être uniquement cutanées ou muqueuses. La prise en charge de ces plaies nécessitera un repérage précis des berges pour éviter tout décalage et une réparation convenable de tous les plans (cutané, musculaire et muqueux). La rétraction cicatricielle des tissus rend ce type de plaie particulièrement difficile à prendre en charge du fait d'un risque important de séquelles fonctionnelles (déficit de mobilité des lèvres et d'ouverture buccale, brides cicatricielles) et esthétiques (déformation de la fente buccale).

○ **Plaies cutanées de la face :**

Selon leur profondeur, les organes nobles sous-jacents, tels que le nerf facial, le conduit parotidien, les vaisseaux faciaux...etc, peuvent être lésés.

La prise en charge de ce type de plaies repose sur une suture soignée, plan par plan (sous-cutané par fils résorbables et cutané par points séparés de fil monobrin ou surjet). La conservation des petits lambeaux cutanés est possible grâce à la très bonne vascularisation du revêtement cutané facial.

Cependant, toute plaie aboutit à une cicatrice, pouvant être un obstacle social lorsqu'elle se situe dans un secteur esthétique comme la région faciale. Si la cicatrisation de première intention des plaies de la face est habituellement rapide en l'absence de complications, la qualité esthétique de la cicatrice finale ne pourra être jugée qu'à l'issue de la phase d'inactivation de la cicatrice (le caractère actif d'une cicatrice est dû à des phénomènes inflammatoires physiologiques propre à tout processus cicatriciel). Cette phase d'inactivation dure un an en moyenne mais peut atteindre les deux années chez les enfants.

Le pronostic esthétique de la cicatrice est conditionné par quatre facteurs fondamentaux :

- L'orientation de la plaie par rapport aux lignes de moindre tension cutanée (Figure 4). Le pronostic est bon lorsque la plaie est parallèle à ces lignes. En revanche, les plaies perpendiculaires à ces lignes entraînent fréquemment des cicatrices hypertrophiques aussi appelées chéloïdes, des élargissements cicatriciels progressifs et des rétractions cicatricielles exagérées. Ces phénomènes sont accentués dans les régions péri-orificielles.

- L'intensité de la phase active, donc des phénomènes inflammatoires physiologiques du processus cicatriciel. Plus cette phase active sera intense, plus la cicatrice finale sera large.
- La qualité des sutures, avec un respect des différents plans, sans décalage des berges, ni tensions excessives. L'utilisation de fils monobrins les plus fins possibles est impérative.
- L'exposition directe au soleil est contraindiquée, au moins pendant la phase active. Les rayons UV ont pour effet de réactiver les phénomènes inflammatoires à l'origine de la phase active et d'entraîner des dyschromies cicatricielles irréversibles.

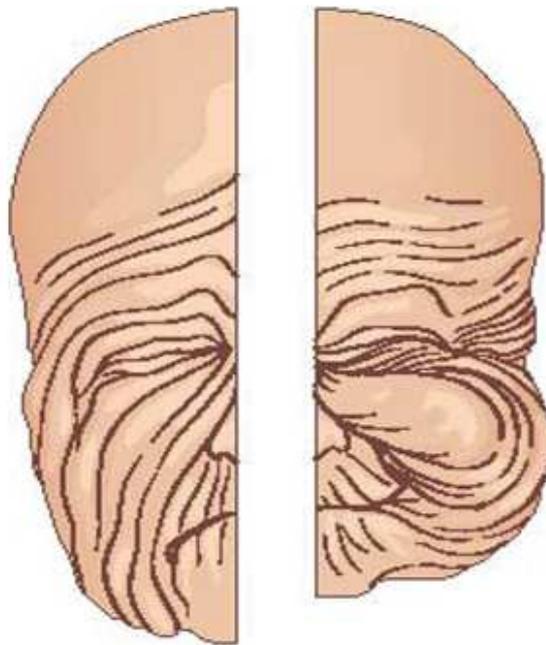


Figure 4 : Lignes de tensions de la face ou lignes de Langer (CHUFCMFS, 2014).

1.2.3.3. Dermabrasions

Les dermabrasions sont des plaies superficielles dues à des lésions de « râpage ». Elles ne concernent que l'épiderme. Leur traitement repose sur l'obtention d'une épidermisation sous couvert de pansements gras. Un nettoyage soigneux de la dermabrasion est nécessaire avant la réalisation du pansement. En effet, l'intégration de multiples corps étrangers microscopiques par incrustation dans le derme peut aboutir à des tatouages cicatriciels définitifs difficiles à corriger.

1.2.3.4. Corps étrangers

En présence de n'importe quelle plaie, la recherche et le retrait d'éventuels corps étrangers sont impératifs. Leur oubli peut aboutir à des complications infectieuses, plus ou moins tardives. Leur présence résiduelle est plus ou moins tolérée par l'organisme qui les isole au sein d'une coque. Le verre, radiotransparent, est particulièrement difficile à localiser.

1.2.4. Tissus dentaires (Naulin-Ifi, 2005 ; Naulin-Ifi et al. 2016)

Le diagnostic de ces traumatismes doit être complet. Il est important de ne pas se focaliser sur les dents dont la symptomatologie est flagrante et qui occupent, parfois à tort, l'avant du tableau clinique.

Le site internet AMELI (www.ameli.fr) développe sur l'une de ses pages des informations relatives aux traumatismes dentaires. Accessible à tous, elle permet de prendre connaissance des différentes lésions dentaires, de suivre la démarche adéquate en fonction du traumatisme subi mais aussi de les prévenir par le biais d'une série de précautions à respecter.

1.2.4.1. Traumatismes dento-pulpaire

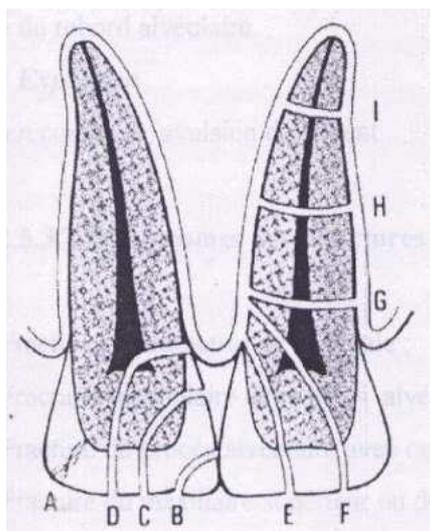


Figure 5 : Lésions des tissus dentaires durs et de la pulpe (Azam).

Légende : (A) : fêlure ; (B) : fracture de l'émail ; (C) : fracture coronaire sans effraction pulpaire ; (D) : fracture coronaire avec effraction pulpaire ; (E) : fracture coronoradiculaire simple ; (F) : fracture coronoradiculaire complexe ; (G) : fracture radiculaire du tiers coronaire ; (H) : fracture radiculaire du tiers moyen ; (I) : fracture radiculaire du tiers apical.

○ **Fêlure :**

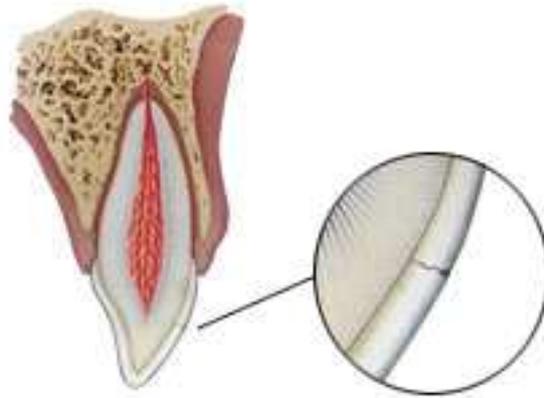


Figure 6 : Fêlure amélaire (DiAngelis et al. 2017).

Description : elle correspond à une fracture incomplète de l'émail, sans perte de structure

Diagnostic : L'examen des fêlures se fait par trans-illumination grâce à une lampe à polymériser passée en palatin ou lingual de la dent. Un phénomène d'ombrage permet la visualisation de la fêlure. Elle est indolore et est découverte généralement au cours de l'examen clinique. Cependant, le patient peut ressentir une légère sensibilité du fait de l'infime exposition dentinaire.

Traitement : Le principal traitement consiste en la mise en place d'une surveillance avec tests de vitalité pulpaire une fois par mois pendant deux mois (Naulin-Ifi et al. 2005, 2016). Pour les bactéries, le trait de fêlure forme une porte d'entrée vers la dentine, puis la pulpe plus en profondeur. Négliger une fêlure expose le patient à la perte de la dent concernée. L'application de topiques fluorés (dentifrice) est recommandée. Dans le cas de fêlures profondes, des fluorations topiques tous les 8 jours avec polissage de surface peuvent être réalisées. Il est possible de réaliser un petit mordançage des bords (uniquement) de la fêlure suivi d'un rinçage soigneux, de la mise en place d'un adhésif pour oblitérer le trajet de fêlure et d'une polymérisation. L'utilisation d'un sealant peut combler le trait de la fêlure et éviter l'apparition de dyschromies d'origine externe.

Pronostic : Une surveillance de 6 à 8 semaines associée à l'utilisation de dentifrice fluoré suffisent à rendre le pronostic très favorable. (Naulin-Ifi et al. 2005, 2016)

○ **Fracture de l'émail :**



Figure 7 : Fracture amélaire verticale sur la face vestibulaire de la dent 21 (Charland et al. 2005).

Description : Perte de substance ne concernant que le tissu amélaire.

Diagnostic : Le fragment formé concerne la majorité du temps un angle incisif ou une cuspide. La dent touchée réagit positivement au test de vitalité pulpaire et la percussion s'avère être légèrement douloureuse.

Traitement : La perte d'émail étant minime, un polissage ou une coronoplastie permet d'adoucir les bords de la fracture. Le tout se déroule sous irrigation constante afin de ne pas échauffer la pulpe sous-jacente. Une application de vernis fluoré ou d'un sealant permet de prévenir une éventuelle sensibilité post-opératoire. Mise en place d'une surveillance à un, trois puis tous les six mois par test de vitalité pulpaire (Naulin-Ifi et al. 2005, 2016).

Pronostic : Même si le risque de nécrose est présent, le pronostic reste très favorable (DiAngelis et al. 2017)

○ **Fracture coronaire sans effraction pulpaire :**



Figure 8 : Fractures coronaires simples (sans effraction pulpaire) de la dent 21 (Charland et al. 2005).

Description : Cette fracture touche les tissus amélaire et dentinaire sans exposition de la pulpe.

Diagnostic : La perte de substance est variable. Elle peut concerner plusieurs dents et être associée à une atteinte parodontale. Le fragment est de taille conséquente et la dentine est apparente. Cela suggère une exposition indirecte de la pulpe par l'intermédiaire des tubulis dentinaires. Le patient ressent une douleur proportionnelle à la surface dentinaire exposée. Des examens radiographiques (TIB et cliché occlusal) peuvent aider à estimer la proximité de la cavité pulpaire (DiAngelis, 2017)

Traitement : la reconstitution se fait de suite uniquement lorsque la surface d'exposition dentinaire est faible. Cependant, lorsque cette surface est importante, une protection dentinaire avec une reconstitution coronaire provisoire (CVI) est réalisée et ce pour éviter toute colonisation bactérienne et choc thermique. De plus, la formation de dentine réactionnelle sera favorisée. 4 à 6 semaines plus tard, la restauration définitive est envisageable (Naulin-Ifi et al. 2005, 2016). Si le fragment dentaire est conservé dans un milieu adéquat (sérum physiologique, lait...), il peut être recollé. Dans ce dernier cas, l'intégralité de la restauration provisoire doit être soigneusement éliminée avant recollage du fragment dentaire. S'il y a un manque pour que le morceau s'emboîte correctement, un composite est utilisé dans la restauration finale et jouera le rôle de joint d'étanchéité.

Une restauration en composite collée est l'alternative de choix lorsque le collage du fragment n'est pas envisageable dans de bonnes conditions. Un suivi clinique et radiologique à 6 – 8 semaines puis à 1 an est à mettre en place (DiAngelis et al. 2017).

Pronostic : Le risque de nécrose dépendra de plusieurs facteurs : L'étanchéité créée par la reconstitution définitive (composite ou collage du fragment) ; les traumatismes parodontaux associés ; la proximité pulpaire ; le stade d'édification radiculaire.

○ **Fracture coronaire avec effraction pulpaire :**



Figure 9 : Fracture coronaire complexe (avec effraction pulpaire) de la dent 11 (Charland et al. 2005).

Description : Perte de substance amélo-dentinaire de grande étendue avec exposition du tissu pulpaire.

Diagnostic : Au diagnostic de la fracture sans effraction pulpaire, s'ajoute une vision directe de la cavité pulpaire avec saignement associé et douleurs vives.

Traitement : Le principe thérapeutique de ce type de traumatisme dépend du degré d'exposition pulpaire, du stade d'évolution radiculaire et du temps écoulé entre la survenue du traumatisme et la prise en charge par le dentiste.

Pour les dents matures, le traitement va consister en un coiffage direct pour les expositions de faible étendue chez un patient jeune. Le succès de cette thérapeutique résidera dans la positivité des tests de vitalité effectués post traitement. En revanche, Le traitement de racine est à prévoir si l'exposition est ancienne ou de plus grande taille, ce qui sous-entend une nécrose de la pulpe (DiAngelis et al. 2017 ; Naulin-lfi et al. 2005, 2016).

Pour les dents immatures, la vitalité pulpaire influencera le traitement. Des techniques d'apexogénèse sont utilisées pour les dents vitales et un gradient thérapeutique s'établit suivant l'étendue de l'exposition pulpaire. Une effraction minime se limitant à une corne pulpaire est traitée par coiffage direct à l'hydroxyde de calcium. Lorsque l'orifice dentinaire est de plus grande taille, une pulpotomie est effectuée.

Toutefois, lorsque la dent concernée est nécrosée, des techniques d'apexification sont employées. L'apexogénèse n'est plus réalisable. La racine de la dent n'a pas terminé son édification et son apex reste largement ouvert vers le parodonte. Le principe thérapeutique de l'apexification réside en la fermeture de l'apex sans allongement de la racine. Deux matériaux sont utilisés pour cette technique.

L'hydroxyde de calcium induit la minéralisation et donc la formation d'une barrière apicale minéralisée.

L'utilisation de MTA[®] permet une apexification immédiate par la création d'un bouchon apical de biomatériaux.

Selon DiAngelis et al. (2017) un suivi clinique et radiologique à 6 – 8 semaines puis à 1 an est à mettre en place.

Pronostic : Pour l'apexogénèse, le pronostic est très bon, avec un taux de succès de l'ordre de 71 à 88% (Naulin-Ifi et al. 2005, 2016). Cependant, toute résorption interne, dégénérescence calcique, oblitération canalaire ou nécrose suggèrent la réalisation d'un traitement de racine et donc l'échec du traitement initial. Le pronostic des techniques d'apexification est excellent avec 90% de guérisons périapicales avec dans 97% des cas une mise en place d'une barrière péri-apicale de tissu minéralisé (Naulin-Ifi et al. 2005, 2016).

○ **Fracture coronoradiculaire simple :**



Figure 10 : Vue sagittale d'une fracture coronoradiculaire simple (DiAngelis et al. 2017).

Description : Elle concerne tous les tissus : Email, dentine et cément sans implication pulpaire.

Diagnostic : Ce type de fracture est assez rare (1% des fractures corono-radiculaires). Le trait de fracture oblique se situe à 2mm environ sous la gencive, à la limite juxta osseuse. La symptomatologie est quasi inexistante. C'est lors de la mastication que la mobilisation du fragment se fait et que les douleurs surviennent tout en restant mesurées. Le diagnostic radiologique est compliqué. Il nécessite la réalisation de plusieurs clichés rétroalvéolaires avec des angulations différentes accompagné d'un cliché occlusal (DiAngelis et al. 2017)

Traitement : En urgence, le traitement consiste en l'immobilisation du fragment, par l'intermédiaire d'un collage à une dent adjacente. Avec un trait de fracture superficiel, le principe thérapeutique est de coller le fragment si celui-ci est exploitable ou de réaliser une restauration composite. Dans le cas d'un trait de fracture profond, une gingivoplastie et/ou ostéoplastie permettent l'accès à une limite initialement infragingivale. Une traction orthodontique est également envisageable.

Un CVI est mis en place en temporisation. Après cicatrisation, le traitement est identique à celui des fractures sans effraction pulpaire. Les objectifs sont de préserver la vitalité pulpaire et la santé du parodonte environnant.

Pronostic : Selon les mêmes facteurs que pour les fractures coronaires sans effraction pulpaire le pronostic est logiquement moins favorable du fait d'une implication parodontale plus importante.

○ **Fracture coronoradiculaire complexe :**



Figure 11 : Fracture coronoradiculaire complexe de la dent 51 (Charland et al. 2005).



Figure 12 : Fracture coronoradiculaire complexe de la dent 42 (Charland et al. 2005).

Description : Identique à la fracture coronoradiculaire simple, avec implication pulpaire.

Diagnostic : La grande majorité de ce type de fracture résulte d'un choc au menton impliquant un violent contact entre les arcades dentaires. Le trait de fracture est souvent très sous-gingival. La pulpe est apparente sous le fragment et la symptomatologie limitée lors de fractures simples est très largement majorée. Comme précédemment, les douleurs ne sont pas spontanées mais fonctionnelles. Le diagnostic radiologique est identique.

Traitement : Le traitement d'urgence est le même que celui des fractures coronoradiculaires simples. La prise en charge se décompose en 3 étapes.

- La première est endodontique. Un traitement de racine conventionnel est réalisé pour une dent mature. Pour une dent immature et un test de vitalité positif, des techniques d'apexogénèse sont entreprises pour espérer obtenir une édification radiculaire. Si ce test de vitalité s'avère être négatif, une thérapeutique d'apexification est nécessaire.
- La seconde est Parodontale. Les limites de la zone lésée doivent être accessibles pour la réalisation de la future restauration définitive. Gingivoplastie, ostéoplastie ou traction orthodontique sont indiqués suivant les situations. Une traction orthodontique doit être suivie d'une phase de contention de 2 à 3 mois afin d'éviter une réingression physiologique (Naulin-Ifi et al. 2005, 2016).
- Enfin, la troisième étape s'intéresse à la restauration définitive par collage du fragment si celui a pu être conservé dans de bonnes conditions. Sinon, la réalisation d'un élément prothétique définitif ou d'un composite est indiquée.

Cependant l'extraction s'impose si la fracture atteint un niveau infragingival trop important et n'offre pas un ratio racine/couronne clinique convenable après une extrusion pilotée orthodontiquement.

Pronostic : Moins favorable que pour une fracture coronoradiculaire simple, la prise en charge pulpaire ajoute une composante défavorable au bon pronostic.

○ **Fracture radiculaire :**



Figure 13 : Fracture radiculaire de la dent 11 (Charland et al. 2007).

Description : Elle concerne davantage l'incisive maxillaire. Elle implique les tissus dentino-cémentaire et est souvent associée à des dommages parodontaux.

Diagnostic : Dans la grande majorité des cas, ce type de fracture résulte d'un choc plus ou moins violent perpendiculairement à l'axe de la dent. Le tableau clinique diffère suivant la localisation de la fracture. Plus la fracture se situera coronairement, plus le fragment sera mobile et de ce fait difficile à traiter. Après un traumatisme, une sidération pulpaire peut entraîner une fausse réponse positive au test de vitalité. Le traitement de racine n'est donc à envisager que plusieurs mois plus tard en l'absence de réponse positive au test de vitalité (DiAngelis et al. 2017).

Deux possibilités sont observables lors du test à la percussion. Un son métallique suggère une luxation latérale du fragment dentaire. Toutefois, un son plus sourd indique que le fragment est en regard de la racine, en légère extrusion. Le diagnostic radiographique se fait grâce à deux examens au moins. Un cliché occlusal est complété par une ou plusieurs TIB sous diverses incidences. Seule l'association de plusieurs radiographies permet d'évaluer convenablement l'intégralité de la racine.

Traitement : le traitement sera conditionné par la localisation du trait de fracture, la maturité de la dent mais aussi par les éventuels dommages collatéraux associés (osseux, ligamentaire...)

- Une fracture se situant au niveau du tiers apical de la dent ne causera aucune mobilité du fragment dans la majorité des cas. La mise en place d'une surveillance est de rigueur jusqu'à l'obtention d'un cal inter-fragmentaire. Néanmoins, il se peut qu'une fracture du rempart osseux alvéolaire y soit associée. Il convient d'effectuer dans la mesure du possible l'extraction de l'extrémité apicale de la dent par abord latéral. Le reste de la dent est obturée à rétro à l'aide de MTA[®]. L'obturation conventionnelle à la gutta percha est réalisée ultérieurement.
- Une fracture du tiers moyen de la racine entraîne une légère mobilité du fragment. Dans ce cas, une réduction de l'extrusion, bi-digitale, sous anesthésie est indiquée. Une contention à l'aide de fil tressé et de composite est ensuite mise en place. Il est fondamental que le fil tressé soit correctement adapté à la forme de l'arcade afin de n'appliquer aucune action orthodontique. Actuellement, il convient de laisser la contention durant 4 mois tout en effectuant un suivi régulier de la situation (DiAngelis et al. 2017).
- Lorsque la fracture intéresse le tiers coronaire, la mobilité du fragment est très importante et plusieurs thérapeutiques sont envisageables. Pour une fracture supra alvéolaire, le fragment est extrait et la racine est égressée orthodontiquement. En présence d'un ratio couronne/racine favorable, le traitement endodontique est effectué et une solution prothétique est envisagée. Dans le cas contraire, l'extraction du fragment apicale est exécutée et la solution implantaire est étudiée. Dans de rares cas, lorsque l'espace biologique est respecté malgré le traumatisme, l'abstention thérapeutique est de rigueur, avec la mise en place d'un suivi clinique et radiologique (Naulin-Ifi et al. 2005, 2016).

Pronostic : Du fait de la localisation strictement infra-gingivale, le pronostic est difficile à prévoir. Il existe cinq cas de figure. Les deux premiers signent la guérison de la dent, lorsque qu'une apposition de tissu osseux ou conjonctif se forme entre les deux fragments dentaires.

En revanche les trois autres sont synonyme d'échec thérapeutique et de complication : Interposition de tissu de granulation, nécrose pulpaire et oblitération canalaire (Naulin-Ifi et al. 2005, 2016).

1.2.4.2. Traumatismes parodontaux et osseux

Le parodonte concerne les structures anatomiques de soutien des dents. Il regroupe l'os alvéolaire maxillaire et mandibulaire, la gencive, le cément, le ligament alvéolo-dentaire (desmodonte) et le paquet vasculo-nerveux dentaire.

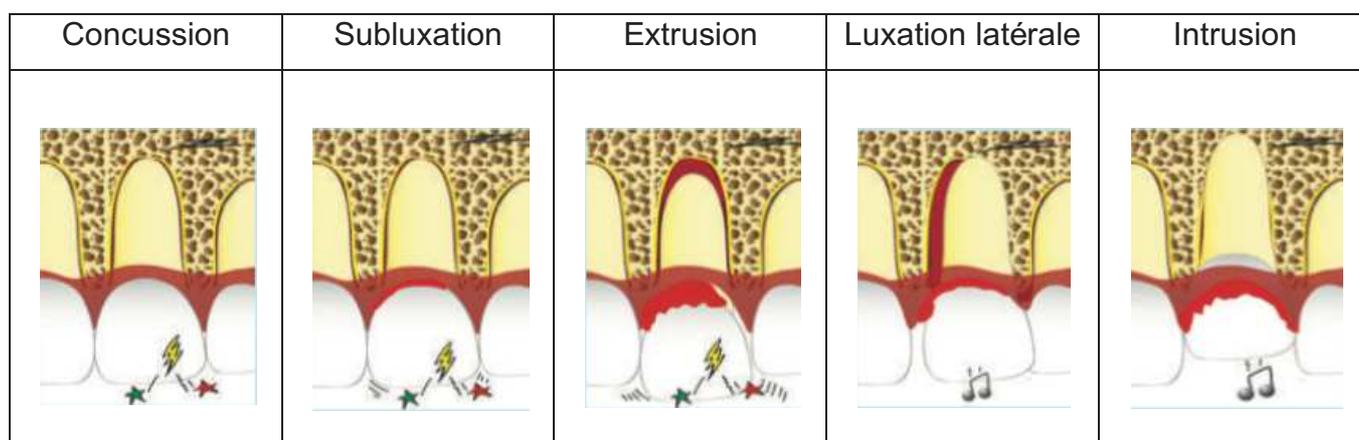


Tableau 1 : Schémas des différents traumatismes parodontaux et osseux (Zunzarren et al. 2014).

- **Concussion :**

Description : Choc léger créé sur une dent avec atteintes mineures des organes pulpaire et desmodontaux sans conséquence particulière.

Diagnostic : On observe une absence de mobilité ainsi qu'une légère sensibilité durant la mastication et au test de percussion. Il y a création d'une réaction inflammatoire au niveau du desmodonte impliquant œdème et saignement léger. L'examen clinique constitue l'unique outil diagnostique dans ce cas.

Traitement : La mise en place d'un suivi régulier de la vitalité pulpaire est de rigueur et un réglage éventuel de l'occlusion peut s'avérer nécessaire.

Pronostic : Du fait d'une symptomatologie légère, le pronostic est très bon.

- **Subluxation :**

Description : Choc plus important que précédemment pouvant aboutir à la rupture de certaines fibres du LAD

Diagnostic : Une mobilité est objectivable dans le sens vestibulo-palatin avec présence d'un liseré de sang émanant du sulcus avec la création d'une inflammation desmodontale ressentie par le patient par le syndrome de la dent longue. Le patient ressent une gêne lors de la mastication et les tests de percussion et de vitalité pulpaire sont positifs. L'examen radiographique laisse apercevoir un épaissement du LAD seulement.

Traitement : L'occlusion est retouchée en cas de suroclusion. Une alimentation de type liquide ou semi liquide est recommandée. Mise en place d'une surveillance régulière de la vitalité pulpaire à 2, 4, 8 semaines, 6 mois et 1 an (DiAngelis et al. 2017).

Pronostic : La conservation de la vitalité pulpaire est corrélée à la maturité de la dent. Une dent immature subluxée gardera sa vitalité dans quasiment 100% des cas. Ce pourcentage diminue pour les dents matures. Le pronostic pulpoparodontal global est donc très favorable chez un patient jeune.

- **Extrusion :**



Figure 14 : Extrusion de la dent 11 (Charland et al. 2005).



Figure 15 : Radiographie occlusale d'une extrusion de la dent 11 (Charland et al. 2005).

Description : Choc provoquant le déplacement de la dent en dehors de son alvéole sans fracture de cette dernière. L'extrusion est à différencier de l'expulsion. En effet, la dent est retenue par une quantité limitée de fibres desmodontales. Le paquet vasculo-nerveux apical est rompu entraînant un saignement abondant.

Diagnostic : La dent atteinte paraît nettement plus longue que son homologue controlatéral. La palpation des tables osseuses alvéolaires ne révèle aucune fracture. La percussion est positive et le test de vitalité pulpaire est rarement positif. La dent est très mobile. Une radiographie occlusale et une autre rétro-alvéolaire permettent d'objectiver le diagnostic clinique.

Traitement : Il consiste à repositionner de manière atraumatique la dent dans son alvéole. Elle peut dans le cas d'un traumatisme récent être réalisée sans anesthésie. Une pression bi-digitale au niveau de la couronne de la dent induit le réengagement de la dent au sein de l'alvéole.

Par la suite, une contention est mise en place durant 2 semaines (DiAngelis et al. 2017). Il est nécessaire d'établir un suivi rigoureux de la vitalité pulpaire. En cas de réponse négative, le traitement endodontique est réalisé. Des clichés radiographiques (TIB de différentes incidences et occlusal) sont également effectués afin de prendre en charge précocement une éventuelle résorption radiculaire.

La surveillance aura lieu à 2, 4, 6 – 8 semaines, 6 mois puis tous les ans pendant 5 ans (DiAngelis et al. 2017).

Pronostic : Dans un premier temps, le bon repositionnement de la dent accompagné d'une phase de contention favorise sa conservation sur l'arcade. Dans un second temps, la vitalité pulpaire peut être conservée dans de rares cas, et en présence d'une dent immature à l'apex ouvert.

○ **Luxation latérale :**



Figure 16 : Luxation latérale des dents 11 et 21 (Charland et al. 2005).



Figure 17 : Radiographie occlusale d'une luxation latérale des dents 11 et 21 (Charland et al. 2005).

Description : Elle concerne toutes les structures : dentaire, parodontale et osseuse. La dent est luxée de son alvéole. Le bras de levier effectué par la dent subissant le choc entraîne une fracture de l'os.

Diagnostic : La dent est luxée en lingual ou palatin. Sa nouvelle position peut perturber l'occlusion. La dent est immobile et un saignement sulculaire plus ou moins abondant est présent. Généralement, la palpation de la table osseuse vestibulaire permet d'objectiver la fracture alvéolaire. Un son métallique se fait entendre à la percussion (son d'ankylose) et ce test n'est généralement pas douloureux.

Trois clichés sont nécessaires au diagnostic d'une luxation latérale : deux radiographies rétro-alvéolaires d'incidences différentes et une occlusale.

Traitement : La prise en charge est complexe et intéresse les trois structures. Contrairement à une extrusion, la remise en place de la dent dans son alvéole est traumatisante et nécessite une anesthésie. La dent étant immobile, une force bi-digitale majeure est appliquée sur la dent pour qu'elle regagne sa position première. Un davier peut être utilisé pour le repositionnement de la dent. Il impose de prendre des précautions particulières afin de ne pas léser la surface radiculaire. Une fois la dent en place, les tables osseuses fracturées sont, à leur tour, replacées par simple pression digitale. Une radiographie de contrôle est réalisée. La phase de contention dure 4 semaines (DiAngelis et al. 2017). Son renouvellement pour une période identique est appliqué si la dent est jugée mobile après cette première phase.

Dans le cas d'une prise en charge tardive, excédant 48h post traumatique, le repositionnement orthodontique est indiqué. L'hématome formé suite au traumatisme rend le repositionnement manuel difficile. Un suivi est mis en place avec des contrôles à 2, 4, 6 - 8 semaines, 6 mois puis tous les ans pendant 5 ans (DiAngelis et al. 2017). Dans certains cas, la dent peut présenter tous les signes cliniques et radiographiques d'une nécrose pulpaire. Avec un patient sérieux et respectueux des rendez-vous de contrôle, le traitement de racine n'est pas d'emblée réalisé. En effet, ces signes de nécroses peuvent être transitoires et la dent est en réalité vitale.

Pronostic : Dans le cas d'une dent mature ou d'une luxation latérale importante, la nécrose est quasiment systématique. Dans ce cas, une résorption radiculaire inflammatoire est généralement associée. L'apexification de la dent est alors réalisée pour une dent immature. Les complications sont fréquentes telles que l'oblitération canalaire, perte osseuse alvéolaire et résorptions de surface.

○ **Intrusion** :



Figure 18 : Intrusion dentaire (DiAngelis et al. 2005).



Figure 19 : Radiographie rétro-alvéolaire d'une intrusion de la dent 11 (Dharmani et al. 2014).

Description : Choc axial violent subi par une dent caractérisée par un enfoncement dans son alvéole. Ce traumatisme a pour conséquence la rupture quasi systématique du paquet vasculo-nerveux de la dent et l'écrasement du LAD. Ces dommages entraînent respectivement nécrose accompagnée de résorption inflammatoire, et résorption de remplacement ou ankylose.

Diagnostic : Une différence de hauteur s'observe entre les dents. En effet la dent atteinte est Impactée dans la gencive et peut dans des cas extrêmes totalement disparaître (denture lactéale ou définitive immature). Le test à la percussion est douloureux, métallique (son d'ankylose), et le test de vitalité pulpaire est très souvent négatif. Ce dernier ne doit cependant pas conduire à un traitement de racine systématique. La dent peut être en état de sidération et un nouveau test doit être effectué quelques jours plus tard. Trois radiographies sont préconisées : une occlusal et deux rétro-alvéolaires sous deux incidences différentes. Le LAD a disparu et la transition radioclaire normalement observée est absente.

Traitement :

- **Dent immature** : La rééruption spontanée est d'emblée envisagée. Toutefois, la vitalité pulpaire doit scrupuleusement être contrôlée à 1, 3 – 4, 6 – 8 semaines, 6 mois et 1 an (Malmgren et al. 2017). Chaque contrôle est ensuite espacé de 6 mois sur une période de 5 ans. Au cours de chaque contrôle, une TIB est effectuée. L'oblitération canalaire est rare pour les dents immatures. Si au cours des contrôles un signe de nécrose survient, un traitement d'apexification est entrepris. En cas d'absence de rééruption, une traction orthodontique est préconisée.
- **Dent mature** : Le principe thérapeutique est identique aux dents immatures. La rééruption physiologique est cependant plus aléatoire. En cas d'intrusion majeure, un davier est utilisé pour aller chercher la dent, uniquement en denture définitive. La thérapeutique doit impérativement être mise en place le plus rapidement possible afin d'éviter l'ankylose de la dent intruse. Un suivi régulier doit être mis en place à 2, 4, 6 – 8 semaines, 6 mois puis chaque année pendant 5 ans (DiAngelis et al. 2017).
- **Dent temporaire** : le traitement chirurgical par traction au davier est formellement contre-indiqué. Le risque de lésion du germe dentaire sous-jacent est élevé. En cas de nécrose, l'extraction de la dent traumatisée est effectuée.

L'ankylose post traitement est relativement fréquente, surtout après une traction chirurgicale.

Pronostic : la survie pulpaire n'est envisageable que dans le cas d'une dent immature. La nécrose pulpaire est systématique pour les dents matures et survient chez la moitié des dents immatures traumatisées.

○ **Expulsion** :



Figure 20 : Expulsion de la dent 11 (Katepogu, 2014).

Description : Elle correspond à une avulsion traumatique.

Diagnostic : La dent se retrouve complètement en dehors de son alvéole. Les examens radiographiques permettront de voir si la dent a été expulsée entièrement, si un fragment persiste au niveau de l'alvéole ou si celle-ci est intruse totalement. Comme précédemment, le diagnostic radiologique repose sur trois clichés : Occlusal et deux rétro-alvéolaires de différentes incidences.

Traitement : Plus le traitement débute précocement meilleur est le pronostic. Les cellules desmodontales qui tapissent la racine se dessèchent et nécrosent rapidement. La réimplantation immédiate est la thérapeutique de choix (Andersson et al. 2017). Cela impose l'absence de traumatisme alvéolaire et très souvent un geste réalisé sur le lieu de l'accident. Une réimplantation extemporanée, au cabinet dentaire, permet une gestion plus précise des éventuels traumatismes associés. Une contention semi rigide est mise en place pendant 2 semaines (Andersson et al. 2017)

Dans le cas de dents immatures, une revascularisation canalaire peut être envisagée. En revanche, le parage canalaire est inévitable pour les dents matures et est mené 7 à 10 jours après la réimplantation (Andersson et al. 2017).

Un suivi est mis en place à 4 semaines, 3, 6 mois puis tous les ans pendant 5 ans (Andersson et al. 2017). Des tests de percussion et mobilité sont effectués ainsi que des radiographies rétro-alvéolaires. Tous permettent de constater une possible ankylose de la dent.



Figure 21 : Mise en place d'une contention semi-rigide après repositionnement de la dent 11 (Katepogu, 2014).

Pronostic : Il dépend de plusieurs facteurs : le temps extra oral, le milieu de conservation de la dent et le stade de développement radiculaire. La nécrose est quasi systématique pour une dent mature et les résorptions inflammatoires fréquentes. Malgré ce pronostic, la réimplantation doit tout le temps être envisagée.

○ **Lésions de l'os alvéolaire :**

Les lésions de l'os alvéolaire sont souvent observées lors de traumatismes dento-parodontaux. Elles doivent être prises en charge parallèlement aux thérapeutiques impliquant les dents rendant ces dernières moins traumatisantes pour le patient et permettant une amélioration du pronostic global. Les lésions se manifestent sous forme de fracture ou de comminution (écrasement, fractures multiples de l'alvéole) (Andersson et al. 2017 ; DiAngelis et al. 2017).

1.2.4.3. Complications

Que le traitement soit correctement mené ou non, la survenue de complications est à envisager dans tous les cas.

- **Nécrose** :

Description : La nécrose de la pulpe signe la mortification du contenu canalaire. Dans notre cas, elle fait suite à un traumatisme initial impliquant la rupture du paquet vasculo-nerveux de la pulpe. En absence d'exposition pulpaire et d'une invasion bactérienne certaine, la nécrose est dans un premier temps aseptique (encore appelée nécrobiose). Dans le cas contraire la colonisation bactérienne est inévitable.

Diagnostic : La dent concernée perd sa translucidité et devient opaque voire grisâtre. On note une absence de douleurs spontanées, de réponse aux tests de sensibilité pulpaire et de réponse douloureuse à la palpation ou à la percussion. La nécrose septique se différencie de la nécrose aseptique par l'odeur putride et nauséabonde lors de l'ouverture de la chambre pulpaire. Dans le cas d'une nécrose pure, sans lésion péri-apicale, il n'y a aucun signe radiologique permettant de la diagnostiquer.

Traitement : il consiste en une désinfection canalaire suivie d'une obturation endodontique si possible dans la séance. Les antibiotiques n'agissent uniquement qu'en présence d'une vascularisation. Or, dans le cas d'une nécrose, il n'y a plus de vascularisation. Les antibiotiques n'auront aucun effet sur la flore canalaire. Leur intérêt devient réel en cas de complication de la nécrose.

Pronostic : Sans traitement adéquat, une nécrose pulpaire évolue irrémédiablement vers une parodontite apicale puis un abcès péri-apical aigu si l'infection atteint le péri-apex. Ces complications peuvent être objectivées par des examens radiologiques (TIB).

- **Dégénérescence calcique :**

Description : elle fait partie des dégénérescences pulpaire et signe le vieillissement plus ou moins accéléré de l'organe dentaire avec perte de tout potentiel réparateur ou dentinogénique. Elle survient après un traumatisme ancien ou lorsque la fonction de la dent concernée est exacerbée ou au contraire quasiment nulle.

Elle est caractérisée par la présence de minéralisations anarchiques (pulpolithes) réduisant fortement le volume caméral et canalaire. L'accès à la pulpe est beaucoup plus difficile voire impossible pour certains cas.

Diagnostic : la couronne présente souvent une coloration jaune et a perdu sa translucidité. Le silence clinique est fréquent mais on observe parfois des sensations douloureuses avec des localisations peu précises. Cela s'explique par des phénomènes de compression des fibres nerveuses du fait de l'accroissement des pulpolithes. On note une réponse atténuée au test de sensibilité pulpaire (négative ou faiblement positive) et une absence de réponse douloureuse à la percussion ou à la palpation. La minéralisation anarchique réduisant le volume pulpaire est objectivable à l'examen radiologique.

Traitement : Le traitement consiste en une surveillance radiologique et clinique. Le rapport bénéfice/risque très faible d'un traitement endodontique et l'absence de lésion péri-apicale orientent le praticien vers l'abstention thérapeutique.

Pronostic : Une dégénérescence calcique peut évoluer vers la nécrose pulpaire et ses complications. En effet le traitement des dents atteintes est délicat du fait d'un volume canalaire réduit.

- **Résorption interne :**

Description : Processus pathologique au cours duquel la dentine des parois du canal est résorbée à partir de la pulpe en stade d'inflammation chronique irréversible. L'évolution pouvant conduire à la perforation des tissus dentaires. Il existe plusieurs types de résorption interne :

- Les **résorptions internes inflammatoires : transitoire (R.I.I.T. ou résorption de surface)** ou **évolutive (R.I.I.E.)** : la lacune de résorption est occupée par un tissu de granulation interne qui est appelé granulome interne. La distinction entre transitoire et évolutive se fait selon l'absence ou non de stimuli inflammatoire à l'origine du maintien du phénomène de résorption. Toujours d'actualité, la classification établie par Tronstad en 1988 permet d'avoir une vue d'ensemble de ces lésions même si d'autres classifications existent (Trope, 2002).
- Les **résorptions internes de remplacement (R.I.R.)** : la dentine résorbée est remplacée par du tissu minéralisé de type ostéo-dentinaire.

Diagnostic : Toutes les dents peuvent être affectées mais une prévalence plus élevée est observée au niveau des dents du secteur antérieur maxillaire.

- Les R.I.I.T. ne sont pas détectables ni cliniquement ni radiologiquement. Pour les R.I.I.E., à l'examen clinique une tâche de couleur rose peut apparaître sous l'émail, sur la face vestibulaire ou linguale, généralement à proximité du collet. Centrée sur la face vestibulaire, elle correspond au tissu de granulation inflammatoire richement vascularisé présent dans le canal, qui lui-même est toujours centré : c'est le « Pink spot ». Cependant le bord incisif reste blanc contrairement au cas d'une hémorragie. Le processus de résorption peut progresser jusqu'à la perforation de la dent, avec ou sans polype pulpaire. Les douleurs sont absentes ou de faible intensité. Le test de vitalité pulpaire est atténué. Les examens radiologiques permettent de mettre en évidence une résorption interne par l'observation d'une cavitation dont les parois sont en continuité avec celle de la cavité pulpaire (Zunzarren et al. 2014).

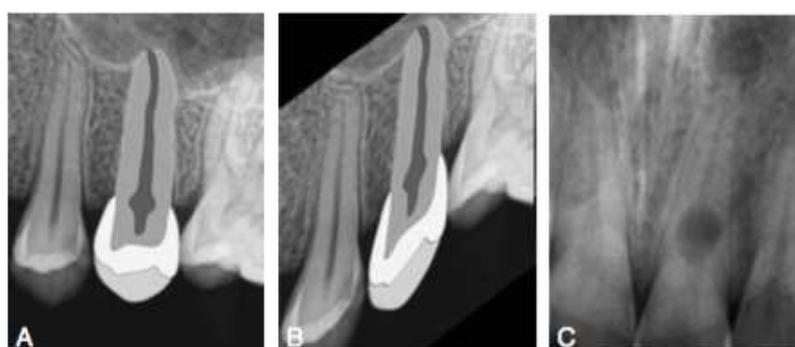


Figure 22 : Radiographies orthocentrées (A et C) excentrée (B) de résorptions internes (Zunzarren et al. 2014).

- A l'examen radiologique, les R.I.R. ressemblent beaucoup aux dégénérescences calciques avec oblitération canalaire complète.

Traitement : Il n'existe pas d'approche thérapeutique type décrite dans la littérature.

- En absence de signes clinique et radiologique, il est difficile de diagnostiquer et d'établir un traitement pour une R.I.I.T. Cependant sur une dent traumatisée vitale, non luxée, un suivi radiologique est mis en place.

Pour une R.I.I.E, le traitement repose sur une thérapeutique endodontique qui diffère en fonction de la présence ou non de perforation. En absence de perforation, le tissu de granulation est soigneusement retiré et de l'hydroxyde de calcium est placé dans la cavité pulpaire. Durant une seconde séance, une obturation définitive par compactage thermomécanique ou condensation verticale à chaud est réalisée. Le protocole est identique dans le cas de petite perforation. Pour une perforation jugée importante l'hydroxyde de calcium est placé à long terme afin d'obtenir une barrière de tissu minéralisé avant l'obturation définitive. L'abord chirurgical peut être envisagé avec fermeture de la perforation à l'aide de MTA® ou de biodentine®. Il est important de restreindre l'utilisation du MTA® aux dents des secteurs postérieurs ou dans le cas de résorption infra cervicale, le risque de dyschromie des dents traitées au MTA® étant réel.

- Pour les R.I.R, en l'absence de signes clinique et radiologique l'abstention thérapeutique est de rigueur avec la mise en place d'une surveillance régulière.

Pronostic : Pour les R.I.I.T. et les R.I.I.E. le pronostic sera conditionné par la taille de la résorption et la présence ou non de perforation. Concernant les R.I.R, l'apposition de tissu minéralisé peut entraîner la nécrose de la dent ou aboutir à l'oblitération complète du canal.

- **Résorption externe** :

Description : Processus pathologique dont l'évolution peut aller jusqu'à l'atteinte de la pulpe. Elle est initiée au niveau du parodonte et l'évolution se fait du cément vers la dentine. En revanche, Le facteur initiateur peut être externe ou interne. La classification de Tronstad (1988) fait la différence entre les **résorptions externes inflammatoires transitoires (R.E.I.T.)** ou de surface, et **évolutives (R.E.I.E.)**.

Diagnostic :

- Les R.E.I.T. sont dans la majorité des cas indétectables que ce soit cliniquement ou radiologiquement. Seule une radiographie peut les détecter mais le praticien doit s'assurer du caractère non évolutif de cette résorption.
- Les R.E.I.E. peuvent avoir différentes localisations : apicale, latérale ou cervicale. Le diagnostic se fait essentiellement grâce aux examens radiologiques.

A la TIB on observe une dentinolyse et une ostéolyse importante dans les stades avancés. Elles sont plus facilement visibles sur les faces proximales qu'en vestibulaire ou palatin du fait de phénomènes de superposition. L'intérêt d'effectuer un CBCT est grand. Il permet d'apprécier d'une manière tridimensionnelle l'ampleur de la résorption au niveau des tissus durs dentaires et osseux. Les tests de sensibilité pulpaire sont négatifs précocement. Des signes de type pulpite peuvent survenir après progression de la résorption. Une sensibilité au test de percussion et une mobilité de la dent causale peuvent survenir.

Traitement :

- Pour les R.E.I.T. un suivi radiologique doit être mis en place. Aucune évolution ne doit être constatée. Dans le cas contraire, la résorption n'est plus transitoire mais évolutive.
- Pour les R.E.I.E. le protocole thérapeutique dépend de la localisation et de l'étendue de la résorption. Le but étant de stopper ce phénomène et de prévenir la survenue d'autres complications. Cet objectif se réalise par l'identification précise du facteur inflammatoire responsable du maintien et de la propagation de la résorption ce qui orientera vers le traitement adéquat. Heithersay (1999) a proposé une classification (Tableau 2) permettant de diriger le praticien vers la conduite à tenir en fonction de l'étendue de la résorption à point de départ cervical.

Le principe thérapeutique est le suivant : identification et élimination de l'agent causal. Une thérapeutique endodontique est entreprise, si la pulpe est non vitale et en présence d'une petite perforation, avec mise en place d'hydroxyde de calcium en inter-séance. Après formation d'une barrière calcique, l'obturation définitive est effectuée.

Dans le cas de plus grande perforation l'obturation au MTA® est indiquée (attention aux dyschromies dans le cas de traitement des dents antérieures).

Dans le cas d'une résorption cervicale peu profonde, on procède à la levée d'un lambeau, l'élimination du tissu de granulation et de la dentine infiltrée et la réalisation d'une reconstitution coronaire étanche et esthétique (composite ou CVI si les conditions ne s'avèrent pas optimales).

Pour des résorptions avancées, l'extraction est indiquée. Il est impératif de retarder cette échéance le plus possible. Le but étant de conserver un niveau osseux convenable le plus longtemps possible avant d'envisager des solutions de remplacement.

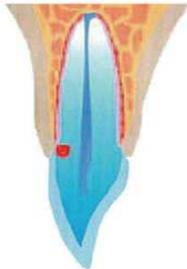
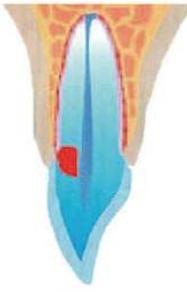
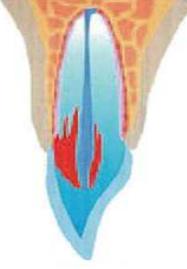
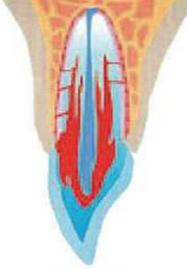
Classe	Description	Traitement	Schémas
I	Lacune de dentine débutante et localisée sur la partie cervicale (présence d'une toute petite lésion au collet de la dent)	Possible mais dépendra de la situation. Accès et visibilité notamment.	
II	Lacune dentinaire plus importante qui s'étend en direction coronaire mais reste confinée à la dentine coronaire		
III	Lacune qui s'étend en direction coronaire et radiculaire	Difficile à envisager dans des conditions optimales	
IV	Lacune qui s'étend franchement en direction apicale et peut atteindre le canal. Cependant ce dernier est souvent respecté du fait de la couche de protection interne.	Avulsion le plus souvent. Dépend du point d'entrée. Possible si point d'entrée peu étendu avec perforation du canal : traitement endodontique par voie interne	

Tableau 2 : Classification de Heithersay (Heithersay, 1999).

Dans le cas d'une R.E.I.E. latéro-radulaire ou apicale, la thérapeutique dentaire pure est impossible. La lésion est inaccessible pour des raisons anatomiques. Le traitement réside dans la suppression du facteur responsable du maintien de la résorption telle qu'une inflammation persistante due à un choc.

Pronostic : Il est très difficile d'envisager le succès de ce type de traitement. Il est important de prévenir le patient d'un possible échec de la thérapeutique. Le succès du traitement est en grande partie dépendant de l'identification correcte du facteur de maintien de l'inflammation.

- **Ankylose et résorption externe de remplacement** :

Description : Elles surviennent après un traumatisme sévère qui implique plus de 20% de la surface radulaire. Par exemple à la suite d'une expulsion après un temps extra oral long (supérieur à 20 minutes) avant qu'il y ait une réimplantation. Dans ce cas un grand nombre de cellules desmodontales et cémentoblastes vont mourir. Après réimplantation, surfaces osseuses et radulaires seront en contact direct, sans interposition du LAD. A partir de ce moment, la racine devient part intégrante du système squelettique : c'est l'**ankylose**. Si la dent subit les mêmes processus de remaniement que l'os, la dentine est lentement résorbée et remplacée par le de l'os : c'est une **résorption externe de remplacement** (R.E.R.).

Diagnostic : le diagnostic est essentiellement basé sur une analyse radiologique. Cependant elles peuvent être prédites en fonction du traumatisme subi.

Traitement : Il n'y a pas de traitement contre l'ankylose et les R.E.R. Le praticien peut seulement faire de la prévention et de l'information, et favoriser l'absence de survenue en faisant une réimplantation rapide lorsque cela est possible. Toutefois, même si la réimplantation est rapide un léger phénomène d'ankylose et de R.E.R. subsiste. Cependant, le traitement de racine est inévitable pour les dents sujettes à l'ankylose et à la R.E.R.

1.2.4.4. Facteurs de risques

Les traumatismes maxillo-faciaux, et plus précisément survenant sur les dents et la mandibule, sont fréquents. Leur survenue dépend de plusieurs facteurs comme l'âge, le sexe, les dysmorphoses dento-faciales et le sport.

Il existe cependant d'importantes nuances épidémiologiques en fonction des données géographiques (pays, zone urbaine/rurale...etc) et socio-économiques (milieu social, activité professionnelle...etc.).

- **Âge :**

Ces traumatismes concernent plutôt une population jeune. Plus de la moitié des traumatismes touchent des jeunes enfants ou des adolescents (Lam, 2016). Cela pourrait s'expliquer par une notion du risque limitée voire inexistante chez les patients relativement jeunes. Si les traumatismes purement dentaires sont fréquents chez les jeunes enfants, les traumatismes maxillo-faciaux sont, quant à eux, plutôt rares et suggère une violence accrue du traumatisme.

- **Sexe :**

Les hommes sont plus fréquemment touchés que les femmes, avec un sex-ratio compris entre 3/1 et 4/1, 70,5% d'hommes touchés contre 29,5% de femmes selon Ugolini et al. (2018). Les hommes sont en effet plus exposés à des situations à risques, telles que : les accidents de la voie publique, les rixes...

- **Dysmorphoses dento-faciales :**

Les dysmorphoses dento-faciales ont une incidence sur la survenue de traumatismes dentaires. En effet, on note une grande proportion de denture en Classe II1 d'Angle dans la population de patients traumatisés. Un patient en Classe II1 d'Angle, avec forte protrusion des incisives supérieures et incompetence labiale supérieure, sera huit fois plus exposé à un traumatisme au niveau de ses dents antérieures maxillaires qu'un patient en Classe I d'Angle (Diagne et al. 2009).

- **Sport :**

Le sport constitue déjà un facteur de risque pour les traumatismes maxillo-faciaux (Maladiere et al. 2001). Toutefois, la pratique de sports extrêmes, de sports de combat avec de violents chocs, augmente la fréquence de ces traumatismes. De plus, bon nombre de sports nécessitent obligatoirement le port d'équipements de protection.

Malgré cela, et pour diverses raisons (perception des risques, réduction des performances, sensation d'inefficacité... etc.), certains sportifs s'en affranchissent et s'exposent plus facilement à ces traumatismes (A.M. Black et al. 2017).

Cependant, il a été observé que deux tiers des sportifs ayant subi un traumatisme dentaire relatif à la pratique d'un sport ont mis en place les précautions (protège dents par exemple) nécessaires pour ne pas reproduire cet épisode (Spinas et al. 2018).

De plus, pour les sports les plus à risques, athlètes et entraîneurs ne sont pas préparés pour faire face à ce type de traumatisme (de Oliveira et al. 2017). Un enseignement précis et simplifié de la conduite à tenir en cas de traumatisme dentaire pourrait largement contribuer à l'augmentation du succès des thérapeutiques envisagées par le chirurgien-dentiste.

1.2.5. Tissus osseux

1.2.5.1. Fractures mandibulaires (CHUFCMFS, 2014 ; Nasser et al. 2013)

On distingue les fractures du corps de la mandibule et les fractures des branches mandibulaires. Le corps mandibulaire comprend les portions dentées et les régions angulaires, tandis que les branches regroupent les portions non-dentées et les régions condyliennes.

Les fractures du corps mandibulaires sont des fractures ouvertes lorsqu'elles touchent les portions dentées, leur traitement est urgent. Les fractures de la région condylienne sont les plus fréquentes avec 36% (Figure 23) des fractures de la mandibule (Dingmann et al. 1964).

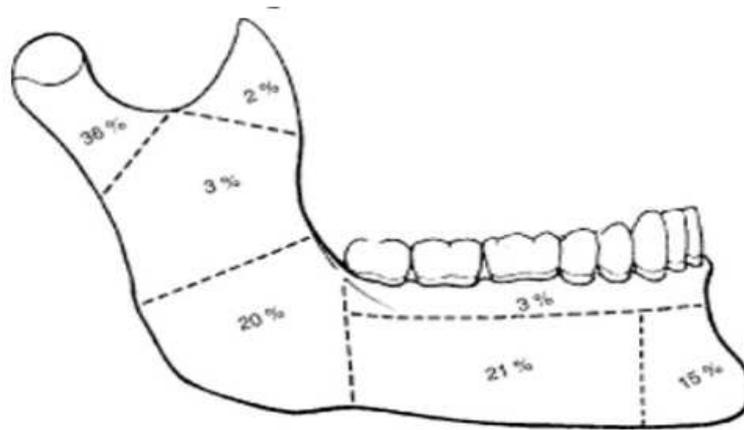


Figure 23 : Localisation des fractures mandibulaires et leur pourcentage de survenue (Dingmann et al. 1964).

- **Fractures du corps de la mandibule :**

Ces fractures peuvent concerner la symphyse, les zones parasymphysaires, les branches horizontales et de la région angulaire. Elles résultent d'un choc direct sur la mandibule.

Ces lésions entraînent une douleur au niveau du trait de fracture et à la mobilisation entraînant une impotence fonctionnelle, une possible sialorrhée, une possible hémorragie buccale (ou stomatorragie) en raison d'une plaie de la muqueuse gingivale attachée, un possible trismus antalgique. La gencive attachée est inextensible et ne peut absorber les mouvements de cisaillement de l'os qui se produisent lors du traumatisme. La communication faite entre la cavité buccale et le foyer de fracture explique la qualification de fracture ouverte et de la notion d'urgence qui en découle. Une fracture ouverte présente un risque septique majeur pouvant entraîner ostéite, pseudarthrose sceptique et abcès en regard du foyer de fracture. La mise en route systématique d'une antibioprofylaxie intraveineuse et la prise en charge en urgence permettent de diminuer ce risque.

De plus, dans le cas de fracture simultanée des deux branches horizontales, ou des angles, de la mandibule, une glossoptose induisant un risque majeur de dyspnée accentuée le caractère urgent.

Lorsque la fracture concerne les portions dentées de la mandibule, l'articulé dentaire se trouve modifié si la fracture est déplacée.

Le nerf alvéolaire inférieur (V_3) peut-être lésé si la fracture passe sur le trajet du canal mandibulaire. Selon le déplacement entre les deux pièces osseuses, la lésion de ce nerf aboutit selon les cas à une hypoesthésie ou à une anesthésie du territoire labio-mentonnier (signe de Vincent).

Les examens radiologiques (cliché panoramique, et scanner par exemple) sont indispensables et permettent d'identifier le siège exact de la fracture même si l'examen clinique est souvent suffisant pour effectuer le diagnostic. Eux seuls permettent de préciser les relations exactes avec le canal mandibulaire et le foramen mentonnier, le caractère comminutif ou non, l'importance du déplacement et surtout de l'existence d'une autre fracture mandibulaire associée. En effet, les régions telle que la région condylienne sont moins accessibles à l'examen clinique et rendent le diagnostic plus difficile. De plus, ces fractures ont souvent un caractère plurifocal.

Pour finir, la radiographie trouve un intérêt médico-légal dans l'identification d'une lésion initiale du nerf alvéolaire inférieur (V_3) signe d'une hypoesthésie préopératoire.

En cas de fracture déplacée deux traitements sont possibles : le traitement chirurgical et le traitement orthopédique (également dit « conservateur »).

Le traitement chirurgical consiste en la réduction et l'ostéosynthèse par voie ouverte (endobuccale chaque fois que possible, cutanée si nécessaire ou s'il existe une plaie cutanée en regard) sous anesthésie générale. Une intubation nasotrachéale est nécessaire pour pouvoir contrôler l'articulé dentaire durant l'opération. L'ostéosynthèse se fait à l'aide de plaques et de vis. Les plaques sont posées perpendiculairement au trait de fracture (figure 24).



Figure 24 : Plaques, vis et principe de pose (CHUFCMFS, 2014).

Le traitement orthopédique se fait par blocage maxillo-mandibulaire au fil d'acier (Figure 25) pendant six semaines. Ce blocage peut, dans certaines situations, être réalisé sous anesthésie locale.

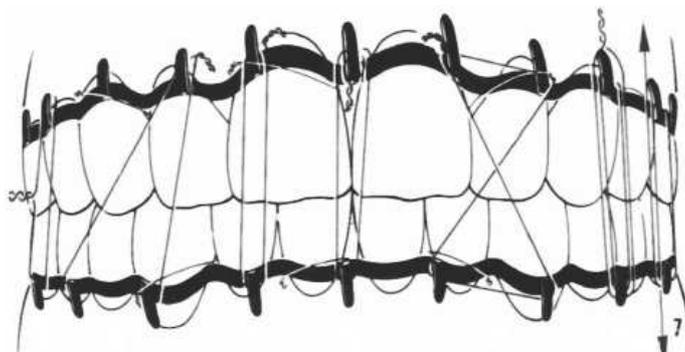


Figure 25 : Traitement orthopédique d'une fracture mandibulaire : blocage maxillomandibulaire au fil d'acier (CHUFCMFS, 2014).

En cas de fracture non déplacée, survenant chez patient motivé et coopérant, l'abstention thérapeutique est envisageable. Une alimentation liquide est indiquée ainsi qu'un suivi radio-clinique régulier pendant six semaines.

- **Fractures des branches mandibulaires :**

Elles regroupent les fractures du ramus mandibulaire et de la région condylienne. Ces fractures sont, sauf plaies cutanées en regard, considérées comme fermées. Leur prise en charge est de ce fait moins urgente. Elles résultent d'un choc indirect sur le menton ou d'un choc ascendant sur l'angle mandibulaire.

Les fractures de la région condylienne, uni ou bilatérales, sont les fractures mandibulaires les plus fréquentes. Leur degré de gravité est très variable, en fonction de la localisation exacte, de l'orientation du trait de fracture, du degré de déplacement mais aussi de l'âge du patient lors de la survenue et de l'importance de la répercussion sur l'articulé dentaire.

Des classifications permettent de qualifier une fracture en fonction sa localisation exacte (fracture de la base condylienne, fracture du col condylien, fracture de la tête condylienne) et du déplacement (fracture non-déplacée, fracture déplacée, fracture-luxation). Une fois correctement identifiée, le choix du traitement de la fracture sera orienté en fonction de ces différents paramètres.

Plusieurs signes cliniques permettent de mettre en évidence ce type de fracture. Il est fréquent de constater une plaie sous-mentonnière. Le patient ressent des douleurs et une tuméfaction de la région préauriculaire du côté de la fracture avec possible otorragie (signant une fracture associée de l'os tympanal et une plaie dans le conduit auditif externe). On note une impotence fonctionnelle avec limitation dans les mouvements d'ouverture buccale, de propulsion (avec latérodéviations du côté fracturé dans le cas de fracture déplacée unilatérale) et de diduction controlatérale à la fracture ainsi qu'une modification de l'articulé dentaire avec prématurité des molaires du côté fracturé entraînant une pseudo béance controlatérale ou bilatérale antérieure respectivement pour des fractures unilatérale (Figure 26) ou bilatérale (Figure 27). Ce trouble occlusal signe un raccourcissement du ramus du fait du déplacement du fragment condylien.

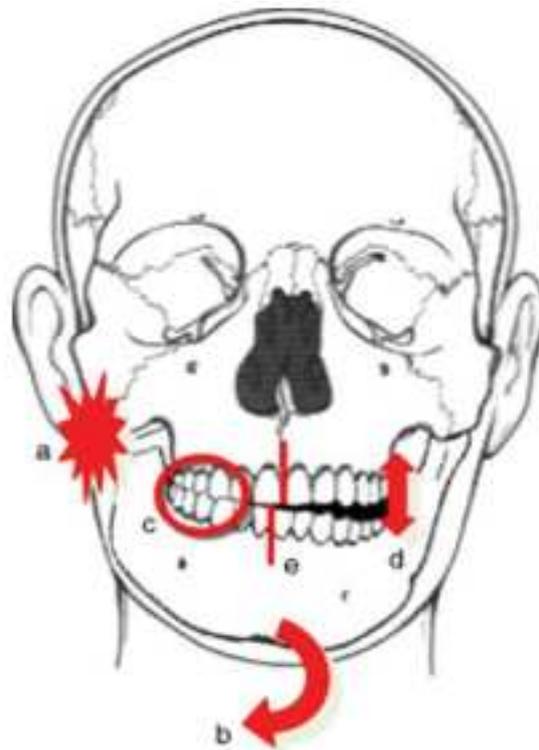


Figure 26 : Signes cliniques des fractures de la région condylienne unilatérale (CHUFCMFS, 2014).

Légende : (a) : douleur préauriculaire ; (b) : latérodéviations du côté fracturé lors des mouvements d'ouverture et de propulsion ; (c) : contact molaire prématuré homolatérale à la fracture ; (d) : béance controlatérale ; (e) : décalage du point inter-incisif du côté fracturé.



Figure 27 : contact molaire prématuré bilatéral et béance antérieure liés à une fracture condylienne bilatérale (CHUFCMFS, 2014).

Un examen de débrouillage (radiographie panoramique ou défilés mandibulaires) est réalisé mais ne suffit pas. En effet les faux négatifs ne sont pas rares avec ce type de clichés en cas de fracture peu déplacée ou du fait des superpositions osseuses. Le scanner reste l'examen de choix et permet de lever un doute éventuel par une visualisation en trois dimensions de la localisation et du déplacement de la fracture.

Certaines complications peuvent apparaître en cas d'absence de diagnostic ou de prise en charge précoce et adaptée, telles que :

- **Troubles de l'occlusion dentaire** : ils peuvent se corriger grâce à la possibilité d'adaptation des dents (aux mouvements d'égression ingression).
- **Troubles cinétiques de la mandibule** : (latérodéviations à l'ouverture et à la propulsion mandibulaire du côté fracturé et limitation de la diduction du côté opposé à la fracture), souvent définitifs. Ils signent une baisse de la mobilité articulaire et un raccourcissement définitif du ramus du côté fracturé.
- **Dysfonctionnements de l'ATM** : ils peuvent accompagner les troubles occlusaux et cinétiques et se manifestent par des douleurs, craquements et claquements. Ces dysfonctionnements peuvent s'améliorer selon les mêmes mécanismes d'adaptation que ceux décrits pour les troubles de l'articulé.

- **Ankylose de l'ATM** : il s'agit de la complication la plus sévère. Elle survient le plus souvent après une fracture intra articulaire et ce d'autant plus que le patient est jeune. Le traitement chirurgical est obligatoire, mais la récurrence est fréquente. Il consiste à supprimer l'ankylose par résection du bloc osseux puis à réaliser une arthroplastie (remodelage des surfaces articulaires). L'interposition d'un tissu artificiel ou autologue entre la mandibule et la base du crâne est indispensable pour éviter récurrence certaine de l'ankylose (Rishiraj, 2001). La mise en place d'une prothèse sur mesure pour l'articulation temporo-mandibulaire est également possible.
- **Trouble de croissance mandibulaire chez l'enfant** : il survient du côté fracturé en raison de la baisse de mobilité articulaire et de l'atteinte de la zone de croissance secondaire située dans la région sous-condylienne. Il se manifeste par l'apparition progressive d'une asymétrie mandibulaire dans le cas d'une fracture unilatérale et d'une hypomandibulie plus ou moins sévère dans le cas d'une fracture bilatérale, donnant au patient un « profil d'oiseau ».

Deux traitements sont possibles : traitement fonctionnel ou traitement chirurgical.

- **Traitement fonctionnel** : il consiste en une mobilisation précoce de la mandibule, active (par le patient lui-même) ou active-aidée (à l'aide de tractions élastiques par exemple). Le but est d'obtenir une fonction et une occlusion optimales par remodelage de la région condylienne. Ce traitement trouve son intérêt chez l'enfant dans les fractures capitales et dans les fractures peu ou pas déplacées. Il utilise le potentiel de remodelage et de croissance qui décroît avec l'âge. Chez l'adulte, le traitement fonctionnel aboutit souvent à des séquelles anatomiques et fonctionnelles définitives.
- **Traitement chirurgical** : Il consiste en une réduction de la fracture par voie ouverte puis en une stabilisation à l'aide de plaque(s) et de vis. Essentiellement utilisé chez l'adulte en fin de croissance, il permet de restaurer l'anatomie et de limiter le risque de séquelles fonctionnelles, mais au prix d'une cicatrice et d'un risque d'atteinte du nerf facial si la voie d'abord est cutanée.

Pour les fractures du ramus mandibulaire, la physiopathologie et les signes cliniques sont identiques aux fractures condyliennes, sans en avoir les complications éventuelles. Situées dans une zone non-dentée, ces fractures sont, sauf plaie cutanée en regard, considérées comme fermées du fait de l'enveloppe musculaire qui entoure les branches montantes.

Leur traitement s'effectue de la même manière que les fractures des portions dentées. En dehors de toutes répercussions fonctionnelles majeures, la prise en charge peut être différée de quelques jours si besoin.

1.2.5.2. Fractures maxillaires

Nous nous intéresserons aux fractures avec répercussion sur l'articulé dentaire : les fractures occlusofaciales.

Il s'agit des fractures de Le Fort II, II et III (Figure 28). Ces fractures séparent l'arcade dentaire maxillaire du reste du massif facial à des hauteurs variables et créent un trouble occlusal lorsqu'elles sont déplacées. Elles peuvent dans certains cas être associées à des fractures sagittales médianes ou paramédianes au niveau du palais osseux, se traduisant éventuellement par une plaie de la fibromuqueuse palatine ou un hématome sous-muqueux.

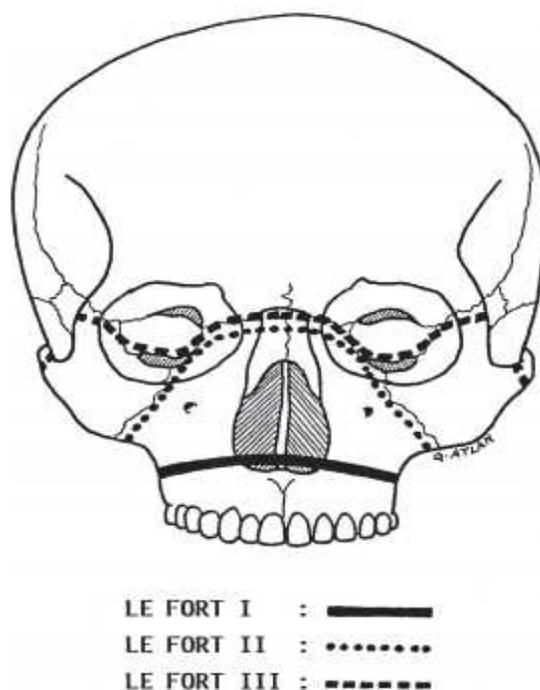


Figure 28 : Les fractures de Le Fort : localisation des traits de fracture (CHUFCMFS, 2014).

Elles font suite à des traumatismes faciaux violents. Le fragment osseux mobile subit un mouvement d'impaction vers le haut et l'avant (bascule anti-horaire). Ce déplacement s'explique par l'effet du choc initial et par la fragilité relative des piliers antérieurs de la face comparée aux zones profondes et postérieures, ptérygo-maxillaires.

Du fait de leur proximité avec les cavités naturelles de la face (fosses nasales, sinus maxillaires et cellules ethmoïdales) ces fractures sont considérées comme ouvertes et sont donc à traiter en urgence.

En accord avec les limites de l'étage inférieur de la face énoncé en début de première partie, nous nous intéresserons uniquement aux fractures de Le Fort I.

La fracture de Le Fort I sépare le plateau palatin du reste du massif facial. Le trait est horizontal et passe au ras de l'orifice pyriforme, fracturant le septum nasal, les parois latérales des fosses nasales (responsable d'épistaxis plus ou moins massive), les parois antérieures latérales et postérieures des sinus maxillaires et les processus ptérygoïdiens. Elle survient après un choc sous-nasal violent.

Il existe une impotence fonctionnelle du fait de la douleur, souvent modérée. Le mouvement d'impaction antérieur décrit ci-dessus entraîne des prématurités bilatérales au niveau des molaires et de ce fait une pseudo-béance antérieure. Le vestibule supérieur est douloureux à la palpation et une ecchymose en « fer à cheval » est visible au fond du vestibule.

La mobilité de l'ensemble du plateau palatin est objectivable cliniquement, toutefois source de douleurs intenses chez le patient.

Les examens radiologiques sont nécessaires à l'appui du diagnostic clinique. Les clichés standards d'incidences différentes (Blondeau, Waters, massif facial de profil) sont souvent peu informatifs du fait des superpositions osseuses et un scanner du massif facial est habituellement nécessaire.

En l'absence de traitement correctement mené, des troubles occlusaux peuvent persister.

Le traitement repose sur une antibioprophylaxie puis, sous anesthésie générale, sur une réduction de la fracture en rétablissant au mieux l'articulé dentaire pré-traumatique du patient. Une ostéosynthèse en bonne position est ensuite habituellement réalisée à l'aide de plaques et de vis (Figure 29, image de gauche). Un blocage maxillo-mandibulaire associé à une suspension péryzgomatique (Figure 29, image de droite) ou frontale pendant six semaines peuvent être envisagés en l'absence de matériel d'ostéosynthèse à disposition ou en cas de comminution importante.

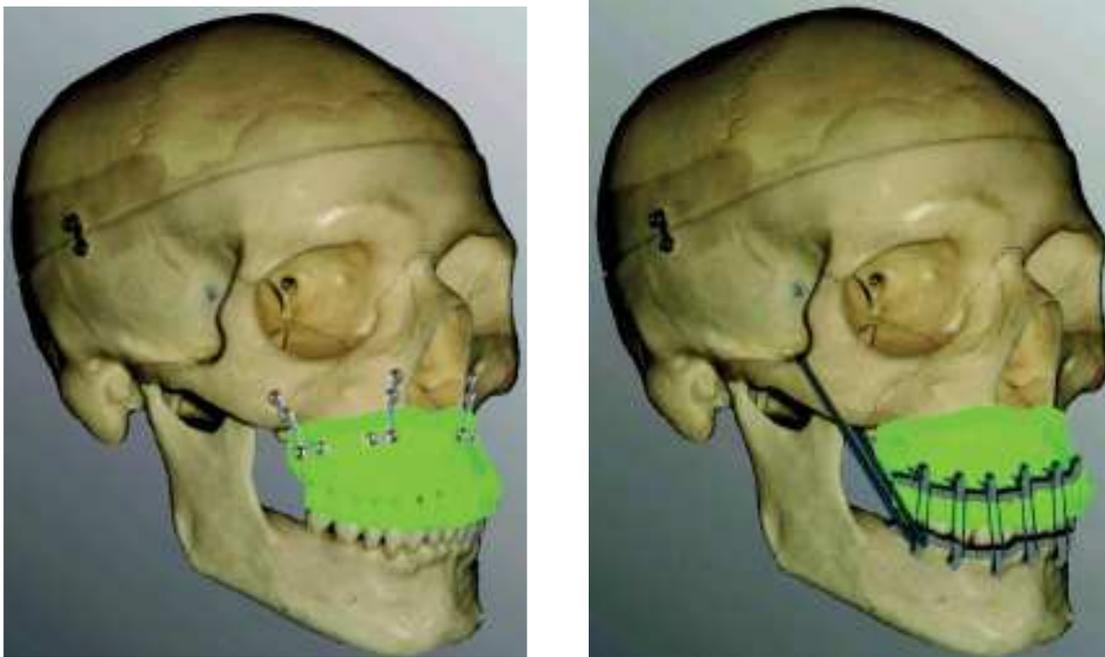


Figure 29 : Principe de traitement des fractures de Le Fort I (CHUFCMFS, 2014).

1.3. Les casques

Un casque de moto est destiné en premier lieu à la pratique de la moto. Cependant il peut aussi être utilisé pour la pratique du quad, karting et autre engin motorisé non carrossé nécessitant le port d'un casque.

1.3.1. Caractéristiques

1.3.1.1. Rôle

Son rôle est de protéger la tête du conducteur. De par sa composition, il permet d'amortir un éventuel choc avec le sol ou un quelconque obstacle lors d'une chute et de protéger des abrasions provoquées par le glissement.

L'écran présent sur certains casques protège du vent, des insectes et de tout autre projectile. Un casque présente aussi un intérêt dans l'isolation phonique et thermique.

1.3.1.2. Composition (Moto90)

Un grand nombre d'éléments entrent dans la conception d'un casque. Tous possèdent des propriétés particulières et des matériaux spécifiques. Afin d'illustrer cette sous partie, trois casques ont été utilisés pour la création d'une maquette (Moto90) :

- Casque N°1 : de marque HJC, modèle R-PHA 10 Replica Ben Spies datant de 2010, haut de gamme. Une découpe du quart antérieur gauche du casque a été réalisée (Figure 30 et 31).
- Casque N°2 : de marque SHOEI, modèle XR-1000 datant de 2010, de moyenne gamme. Une découpe sagittale du casque a été réalisée (Figure 30 et 32).
- Casque N°3 : de marque Arai, modèle ASTRO/J datant de 2005, très haut de gamme. Un démontage complet puis une maquette de type « éclaté » ont été réalisés (Figure 30 et 33).



Figure 30 : Vue d'ensemble de la maquette.



Figure 31 : Reconstitution à 360° de l'éclaté du casque N°3.

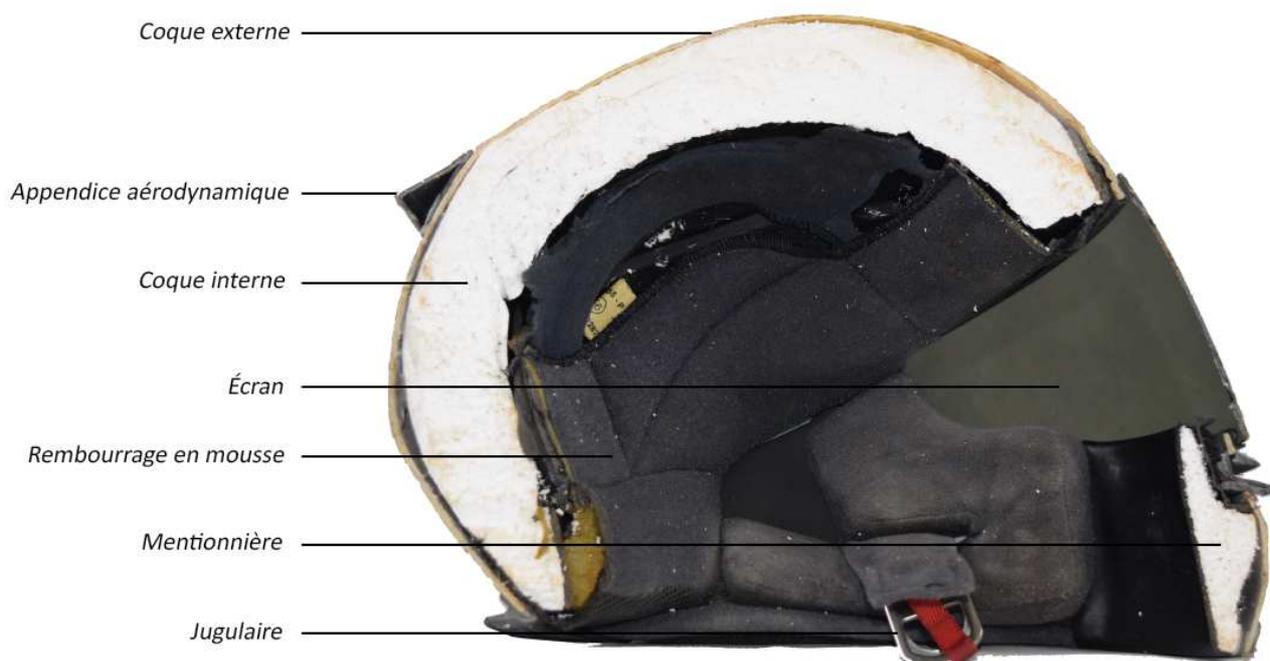


Figure 32 : Vue Sagittale du casque N°1.



Figure 33 : Reconstitution à 360° de l'éclaté du casque N°3.

La coque (ou calotte) externe a un double rôle de protection. Elle protège de la pénétration d'objets pointus et permet le glissement du casque sur les surfaces impactées d'une manière tangentielle. Un casque doit pour cela conserver la forme la plus arrondie, avec le moins d'artifice possible.

En effet les appendices éventuels présents à la surface d'un casque (Bouches d'aération, carénage aérodynamique...etc) peuvent faire obstacle au glissement fluide et entraîner une expulsion du casque ou des mouvements ayant des répercussions directes au niveau cervical.

Les matériaux utilisés pour la fabrication de ces coques sont :

- Les **matières thermoplastiques** : Obtenues par injection de polycarbonate ou d'ABS dans un moule. Les coques obtenues sont ensuite vernies et décorées. Cette matière est utilisée pour la fabrication de casque d'entrée et de moyenne gamme.
- Les **matériaux composites** : ils font appel à des fibres associées à des résines. Les fibres peuvent être des fibres de verre, de carbone, du Kevlar ou encore du Dyneema (Polyéthylène de masse molaire très élevée). L'un ou l'autre de ces matériaux peut être utilisé mais aucun d'entre eux ne constitue le matériau idéal. Ils sont utilisés pour la fabrication des casques haut et très haut de gamme.

La coiffe interne (ou calotte, coque interne) est composée de matériaux expansés comme le polystyrène (PS) ou le polypropylène. Il absorbe l'énergie de l'impact par écrasement. Cette coiffe est bordée d'un rembourrage en mousse (polyuréthane) de différentes densités et de tissu assurant confort et protection contre le froid et le bruit.

Coque interne et externe sont collées ensemble pour ne former qu'un seul et même élément

L'écran, appelé à tort visière (partie surplombant le casque faisant office de pare soleil), est par défaut en polycarbonate incolore. Des écrans teintés sont parfois vendus en pièces accessoires mais sont en principe interdits. Certains casques sophistiqués possèdent un deuxième écran solaire escamotable permettant de se protéger des rayons du soleil le jour et de voir convenablement par temps orageux ou de nuit.

Les écrans photochromiques ont la capacité d'allier ces deux caractéristiques en un seul et même écran comme c'est le cas actuellement pour certains verres de lunette.

La jugulaire se décline en trois principaux types de fermetures :

- **La boucle double D** : elle est composée de deux boucles en forme de D dans lesquelles une sangle vient s'entrelacer afin d'en assurer la continuité entre les deux parties de jugulaire.

La sangle passe d'abord dans les deux boucles pour ne revenir que dans une des deux (la première du premier passage). Ce système d'aspect basique est en réalité le moyen le plus efficace d'assurer le lien jugulaire et est la seule attache homologuée pour les compétitions. En effet, le serrage adéquat est effectué à chaque mise en place du casque.



Figure 34 : Boucle double D.

- La boucle à clips : le mécanisme est identique à celui d'une ceinture de sécurité. Les deux parties s'emboîtent par un clip. La manipulation est facile mais le réglage initialement effectué peut se desserrer et compromettre le maintien du casque.



Figure 35 : Boucle à clips.

- Le système micrométrique ou « Microlock » : Identique à un système de crémaillère, il permet un ajustement de serrage à chaque mise en place, cran par cran.



Figure 36 : Boucle Microlock.

En l'absence de système de fermeture le casque est inutile.

Le système SJ (Sans Jugulaire) ou twinlock a fait son apparition dans les années 80 par le fabricant GPA. Il se composait de deux demi-cercles sous mentonniers montés sur charnières rendant la sangle jugulaire inutile. Ces casques furent commercialisés durant quelques années avant que le concept ne soit abandonné.



Figure 37 : Casque GPA SJ Twinlock (HMGN).

Le système de ventilation permet par l'intermédiaire de plusieurs buses, une circulation d'air dans l'enceinte du casque. Le flux d'air engendre notamment un refroidissement en été et le désembuage de l'écran en cas d'humidité et ce au détriment de l'insonorisation.

Les casques sont de plus en plus sophistiqués et les options fleurissent. Ainsi des systèmes de communication entre pilote et passager, ou inter-pilotes, d'anti-buée de type Pinlock et des feux stop (Shark Skwal) peuvent être ajoutés.

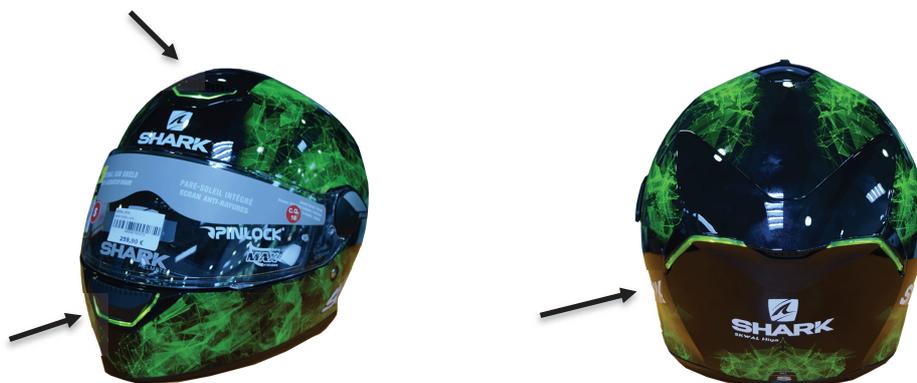


Figure 38 : Casque Shark Skwal avec système feux LED intégré.

1.3.2. Lois en vigueur

En France, c'est le code de la route qui légifère et rend obligatoire le port du casque avec l'article R431-1 :

« En circulation, tout conducteur ou passager d'une motocyclette, d'un tricycle à moteur, d'un quadricycle à moteur ou d'un cyclomoteur doit être coiffé d'un casque de type homologué. Ce casque doit être attaché.

Le fait, pour tout conducteur ou passager, de contrevenir aux dispositions du présent article est puni de l'amende prévue pour les contraventions de la quatrième classe.

Conformément à l'article L. 431-1, le véhicule à deux roues à moteur dont le conducteur circule sans être coiffé d'un casque de type homologué ou sans que ce casque soit attaché peut être immobilisé dans les conditions prévues aux articles L. 325-1 à L. 325-3.

Lorsque cette contravention est commise par le conducteur, elle donne lieu de plein droit à la réduction de trois points du permis de conduire.

Les dispositions du présent article ne sont pas applicables aux conducteurs ou passagers portant la ceinture de sécurité lorsque le véhicule a été réceptionné avec ce dispositif. »
(www.legifrance.gouv.fr)

Rendu obligatoire dès le 1^{er} décembre 1975, le port du casque est actuellement largement accepté avec un taux de port compris entre 90,4% (MAIDS, 2009) et 95% (Amans et al. 2005)

1.3.3. Homologation et norme ECE R22-05 (Lecoutre, 2015)

Un casque est dit homologué s'il répond à des exigences minimales établies en concertation entre les fabricants, les représentants de la société civile et les gouvernements des pays concernés : ce sont les normes.

La norme NF S 72.305 sur étiquette verte est de nos jours obsolète mais légalement autorisée. Cette norme Française est abandonnée depuis une quinzaine d'année environ au profit d'une norme adoptée entre autres par de nombreux pays européens : la norme E22. La norme E22 en est actuellement à son cinquième amendement et est appelé ECE R22-05. Elle doit figurer sur l'étiquette d'homologation de tout casque vendu en France.

Cet amendement a permis de connaître le degré de protection au niveau de la mâchoire par l'ajout d'une lettre sur cette même étiquette.

Elle est délivrée si le casque passe avec succès toute une série de tests visant à contrôler :

- **L'angle de vision et géométrie** : le champ de vision doit être optimal et les casques destinés aux pilotes automobiles ne peuvent recevoir cette norme
- **L'amortissement des chocs** sur les diverses parties anatomiques en contact direct avec le casque (front, oreilles, nuque, boîte crânienne) et indirect (menton et face). Pour ces tests une tête artificielle pourvue du casque à tester est projetée sur une première enclume plate et sur le rebord d'une seconde enclume simulant un rebord de trottoir à la vitesse de 7,5 m/s soit 27km/h au moment de l'impact. Pour tester la mentonnière, la vitesse à l'impact est réduite à 5,5 m/s soit 19,8 km/h. Ces tests sont dans un premier temps réalisés à température ambiante, puis dans des conditions extrêmes de température (-20°C, +50°C) et d'humidité.
- **La stabilité dimensionnelle** : la déformation du casque ne doit pas excéder 15 mm suite à un choc.
- **La résistance à l'abrasion** : Dans un premier temps le casque est projeté sur un plan incliné à la vitesse de 8,5 m/s soit 30,6 km/h. Dans un second temps, la coque externe subit le frottement d'un tapis recouvert de papier de verre à la granulométrie et au pouvoir abrasif importants. Les appendices volumineux (buse d'aération, levier d'écran... etc) et forme aérodynamique excessivement travaillés peuvent empêcher un casque d'obtenir la norme ECE R22-05.
- **Le système jugulaire** : Un poids de 10 kg est attaché sur plusieurs endroits d'un casque. La chute du poids ne doit en aucun cas permettre au casque de tourner de plus de 30° sur la tête ou de se déchausser. De plus, la sangle est testée avec ce même poids tombant à 75 cm de hauteur. La sangle est ainsi testée sur sa résistance à la traction, la rétention, au glissement et à l'élongation.
- **L'écran** : la transparence, la résistance à l'abrasion, à la perforation et aux rayures sont testées.

Cependant les performances de sécurité parmi l'ensemble de tous les casques homologués sont loin d'être identiques (INC, 2015). Des tests complémentaires peuvent être menés afin de confronter les casques entre eux dans leur degré de protection.

En 2007, le Ministère des Transports du Royaume Uni a mis en place le test SHARP. Ce test est l'un des plus rudes pour les casques.

Les résultats attribuent des notes sous formes d'étoiles sur un principe similaire à celui des crash tests EuroNCAP pour les automobiles. Les données recueillies lors de ces tests sont collectées et consultables sur internet gratuitement. Aux Etats-unis et depuis 1957, la Snell Memorial Foundation est également spécialisée dans le test des casques. Elle délivre un label (M2015 pour le plus strict) aux casques ayant passé au moins un de ses tests avec succès.

Une étiquette d'homologation, souvent présente sur la sangle jugulaire d'un casque, doit être interprétée de la manière suivante (Sécurité Routière, 2015).



Figure 39 : Etiquette de la norme ECE R2205 sur un casque Nolan N86.

Dans le cercle :

- Le « E » indique l'homologation du casque en accord avec la norme E22.
- Le chiffre correspond au code du pays ayant délivré l'homologation. Le « 2 » correspond à la France. Dans notre cas, le « 3 » correspond à l'Italie.

Sur la ligne du dessous :

- « 05 » correspond à l'amendement numéro 5.
- « 2554 » est la référence du casque.
- « P » La lettre définit le degré de protection mentonnière tel que :
 - J = pas de protection de la mâchoire (jet).
 - NP = Protection de la mâchoire présente mais non conforme aux tests de protection (modulable).
 - P = Protection totale de la mâchoire (intégral).
 - J/P = Double homologation avec ou sans mentonnière (modulables ou jets avec mentonnière dans de rares cas).
- « 112585 » est le numéro de série de production.

De plus, pour être homologué, un casque doit disposer de bandes réfléchissantes sur ses quatre faces. En l'absence de ce dispositif l'utilisateur s'expose à une contravention de quatrième classe (135€ d'amende) et au retrait de trois points sur son permis de conduire (Sécurité Routière, 2015).

1.3.4. Types de casques

Le code de la route rend le port du casque obligatoire, mais tous ne sont pas identiques en termes de protection (INC, 2015). Une classification selon leurs formes est facilement réalisable.

1.3.4.1. Fermé

Un casque est dit fermé lorsqu'il possède l'ensemble des caractéristiques nécessaires à la protection faciale, et notamment de l'étage inférieur.

- **Intégral** :

Il permet une protection optimale de la face. Il est le seul casque homologué pour la compétition et est préféré par les usagers adeptes de grands parcours. Cependant son poids est relativement élevé et son champ de vision réduit est une contrainte en conduite urbaine.



Figure 40 : Casque intégral Shark D-Skwall Hiwo.

○ **Modulable :**

Le modulable « vrai » possède la double homologation : jet et intégral. Cependant peu de casques la détiennent. La majorité de ces casques hybrides ont la seule homologation intégrale. Ainsi la position mentonnière relevée n'est présente que pour faciliter la mise en place.

Il allie les avantages de ces deux types de casques au détriment d'un poids élevé. Cependant, la mentonnière d'un casque modulable, montée sur un système rotationnaire, n'aura jamais les mêmes propriétés de protection que celle d'un casque intégral, faisant corps avec la structure tout entière du casque.



Figure 41 : Casque modulable LS2 FF399 Valiant.

1.3.4.2. Ouvert

Un casque ouvert laisse la mandibule complètement exposée et de manière permanente à un choc éventuel.

- **Jet :**

Ce casque offre une protection du crâne et des tempes uniquement. Son poids contenu et son champ de vision élargi le place au rang de casque privilégié chez les conducteurs de cyclomoteurs et scootéristes en milieu urbain. Une visière ou des lunettes peuvent y être adjointes. Cependant ces casques n'offrent aucune protection faciale.



Figure 42 : Casque jet HJC FG-JET ACADIA.

- **Bol :**

Ce casque ne couvre que le sommet du crâne. Il trouve preneur majoritairement chez les bikers et conducteurs de motos anciennes. Il n'existe aucun casque de ce type neuf et homologué sur le marché. Il est donc actuellement interdit de circuler sur route ouverte avec ce type de casque. L'absence de mousse interne rend son usage non seulement dangereux mais aussi inconfortable. Le port de lunettes de protection est indispensable. Cependant son attrait purement esthétique est suffisant pour certains conducteurs qui l'utilisent en toutes circonstances.



Figure 43 : Casque Bol Géno.

Certains constructeurs commercialisent des casques dits « Micro-Jet » se rapprochant du concept des casques Bol tout en gardant une homologation :



Figure 44 : Casque Micro-Jet HJC FG-70 Heritage.

○ **Modulaire ou transformable :**

Sur le même modèle d'un casque modulable, le modulaire possède une mentonnière mobile. Cependant la mentonnière est démontable et ne reste pas sur le casque lorsque celui-ci est en version jet. L'homologation est celle d'un casque jet. Ce type de casque trouve son intérêt chez les usagers adeptes de casque jet souhaitant bénéficier d'une isolation thermique par temps froid. La protection faciale est quasiment nulle en mode intégral. En effet, la fixation mentonnière est d'une résistance faible lors d'un choc.



Figure 45 : Casque modulaire Shark Drak.

1.3.4.3. Tout terrain

Le casque tout terrain ou « cross » possède une mentonnière et offre donc une protection faciale. Cependant il ne comporte pas d'écran et le port de lunettes de protection est indispensable, surtout pour une utilisation tout-terrain. Ce type de casque est toléré pour l'usage routier.



Figure 46 : Casque tout terrain Scorpion VX-15 Air.

1.3.5. Critères de choix et conseils d'utilisation

Plusieurs critères entrent dans le choix d'un casque. Si certains peuvent être choisis aisément par l'utilisateur (prix, aspect esthétique, poids), d'autres nécessitent l'aide d'un professionnel (taille adaptée, utilisation) :

- **Prix et gamme** : Dans la majorité des cas, le prix d'un casque est intimement lié à son niveau de gamme. En effet, plus son prix sera élevé pour il se positionnera haut dans la gamme du fabricant. Les prix peuvent débuter aux alentours de 50€ pour une marque connue et atteindre 3200€ pour les modèles les plus sophistiqués. L'investissement dans un engin motorisé non carrossé ne se résume pas à l'achat du véhicule uniquement. Le budget des équipements est à prévoir. Il faut compter en moyenne 350€ pour un casque intégral de moyenne gamme répondant à des critères de protection jugés satisfaisants. Que ce soit un casque à 50€ ou 3200€, tous les deux possèdent la même homologation, répondant à la norme ECE22-05 décrites précédemment, qui leur permet d'être commercialisés. Toutefois, on observe une large amplitude dans la qualité des matériaux utilisés et de fait dans le degré de protection offert.

- **Couleur et décoration** : C'est sans doute le critère premier pour la majorité des usagers dans le choix du casque. Il existe toute sorte de couleurs et décorations, allant de la couleur unie (blanc ou noir par exemple), au « réplique » de casques portés par des pilotes. Dernièrement, la marque HJC a développé une gamme reprenant les couleurs des super-héros de bande-dessinée Marvel. Prix et aspect esthétique sont sans doute les critères de choix premiers, parfois au détriment de la qualité qu'offre réellement un casque. Actuellement l'effet de mode porté au mouvement « néorétro » fait ressurgir les casques au design simple et épuré, retrouvé dans les casques microjet, mais à la protection limitée.



Figure 47 : Casque intégral de couleur noir mat unie.



Figure 48 : Casque intégral avec réplique du masque de Spiderman.

- **Poids** : Le poids des casques varie en fonction des matériaux utilisés mais aussi de leurs formes. Les casques jet sont les plus légers et leur poids se trouve aux environs des 1000 grammes. Un casque intégral pèse en moyenne entre 1200 et 1600 grammes contre 1800 grammes pour un modulable.

Si ce critère peut paraître anodin pour l'utilisateur occasionnel, il peut se révéler d'un inconfort certain sur grande distance ou pour le conducteur régulier.

- **Taille** : Pour un modèle de casque précis, plusieurs tailles existent. Le choix de la taille est l'étape la plus importante. Un casque ne doit ni trop serrer (provoquant inconfort et maux de tête) ni trop flotter (entraînant des risques d'éjection lors d'une chute et de sérieux dommages corporels). Le casque doit serrer la tête de l'utilisateur de manière à ce que l'ensemble tête + casque bouge simultanément lorsqu'une tierce personne effectue des mouvements de rotation de l'ensemble sur un plan horizontal. Des systèmes de mousse thermoformable équipent les casques les plus haut de gamme. Ils assurent sécurité et confort maximum. Un autre système sous forme de pompe (développé par la marque Scorpion) permet de gonfler les mousses de joues lorsque le casque est en place. Et de les dégonfler lors de sa mise en place ou son retrait. De plus la jugulaire doit être correctement adaptée pour que le retrait du casque, une fois attaché, soit impossible.
- **Utilisation** : À chaque pratique correspond un type de casque idéal. Les usagers de scooters, cyclomoteurs, tricycles à moteur et motocyclette en circulation urbaine préfèrent le casque jet pour leur légèreté et facilité de manipulation. Les amateurs de vitesse (sur deux ou quatre roues) privilégient le casque intégral. Pour une pratique sur de longs parcours, le casque modulable et sa polyvalence sont majoritairement choisis. Le casque tout terrain est utilisé par les pratiquants de motocross et quad. La pratique d'un sport motorisé en compétition oblige l'utilisateur au port d'un casque intégral accompagné d'un système jugulaire double D. L'ensemble des fabricants de casque préconise un remplacement du casque tous les 5 ans. Certains matériaux plus résistants (composites) poussent cette limite jusqu'à 10 ans en l'absence de choc.

1.3.6. Physique : rappel et notions

La conception et la fabrication d'un casque demande la maîtrise de certaines notions de physique.

1.3.6.1. Energie cinétique

L'énergie cinétique correspond à l'énergie que possède un corps du fait de son mouvement par rapport à un référentiel.

A bord d'un engin motorisé non carrossé, l'utilisateur se déplace à une vitesse v . L'ensemble du pilote et de ses équipements ont une masse m . L'expression de l'énergie cinétique représentée par le corps « pilote » correspond à la formule : $E_c = 1/2mv^2$.

1.3.6.2. Force appliquée

Durant l'impact, l'énergie absorbée par le pilote est exprimée selon deux critères :

- La **force de décélération** correspond à la quantité d'énergie transmise lors de l'impact. En l'absence d'équipement, le crâne et le massif facial subissent entièrement cette force et ne peuvent la supporter qu'à de très faibles vitesses. Avec un casque homologué et adapté le point d'impact ne s'applique plus sur la tête mais sur la surface du casque. La force est plus ou moins absorbée par les composants du casque et la transmission à la tête est ainsi atténuée. Les casques homologués selon la norme ECE R22-05 passent avec succès des tests menés à faible vitesse (27 km/h et 19,8 km/h). De plus le vecteur de force est perpendiculaire à la surface de choc. Dans ce cas, la transmission d'énergie au casque et à la tête du pilote est maximale. Toutefois, en conditions réelles, le vecteur de force est rarement parfaitement perpendiculaire à la surface d'impact. Plus l'angle diminue moins la force de décélération sera importante et plus les forces de frottement seront grandes. La force de décélération s'exprime en « g » et la norme ECE R22-05 autorise un maximum de 275g (Lecoutre, 2015)
- L'indice **HIC** ou « Head Injury Criteria » mesure l'importance des blessures et leur gravité au niveau de la tête. Pour respecter la norme cet indice doit être inférieur ou égal à 2400.

Cette mesure permet de comparer des chocs de nature différentes (circonstance, durée d'exposition, etc) mais dont les conséquences sont sensiblement identiques sur le tableau lésionnel. (Lecoutre, 2015)

1.3.6.3. Un cas particulier : Marc Marquez, pilote de MotoGP.

Comme dans tout sport extrême pratiqué à haut niveau, le degré de protection se doit d'être maximal. C'est ainsi que chaque pilote d'un championnat se voit sponsorisé par diverses marques d'équipements, véritable vitrine du savoir-faire de chacun.

En 2013, lors d'une séance d'essai sur le circuit Italien du Mugello, le pilote Espagnol Marc Marquez chute à une vitesse de 337 Km/h (Turco, 2013). Il s'en tirera avec de simples contusions au niveau labial inférieur et mentonnier et participera à la course le surlendemain de l'accident.



Figure 49 : Le pilote après l'accident et exposition mandibulaire visible (Martín, 2013).



Figure 50 : Les contusions labiales et mentonnières du pilote suite à la chute (Beeler, 2013).



Figure 51 : Le casque du pilote après la chute (Francé, 2013).

Ce tableau lésionnel modéré s'explique par l'angle très fermé entre le vecteur force et la surface d'impact. L'énergie cinétique au moment de l'impact est grande. Toutefois la force de décélération n'est heureusement pas transmise intégralement à la tête du pilote. La majorité de l'énergie cinétique sera dissipée par des forces compensatrices d'abrasion appliquées lors de la longue phase de glissade.

Malgré cette chute impressionnante, cette situation reste difficilement comparable à une pratique sur route ouverte. Sur la majorité des circuits contemporains toutes les conditions sont réunies pour éviter les chocs avec les obstacles. Les dégagements sont pourvus de bac à graviers ou de bandes ultra-rugueuses pour ralentir le pilote et sa machine avant la collision avec les air-fences (anciennement, murs de pneus).

1.3.6.4. Objectif

L'objectif d'un casque, avec la sécurité pour seul critère, est d'absorber le maximum des forces impliquées durant un choc et de les répartir uniformément sur le crâne. Le tout, en gardant une masse la plus basse possible. Ces deux points constituent les domaines de recherche principaux des fabricants. En effet, l'un et l'autre sont indissociables mais ne peuvent être simultanément optimaux.

1.3.7. Limites du casque intégral

Le casque intégral haut de gamme à attache jugulaire à boucle double D semble être la configuration offrant le plus haut degré de sécurité. Malgré cela, des points faibles persistent pour cet ensemble.

1.3.7.1. Exposition cervicale

Une fois en place, on observe une exposition importante du cou notamment sur sa face dorsale. En association avec un casque tout terrain, des solutions existent pour la protection des vertèbres cervicales telles que : le tour de cou simple en mousse compact et le « Neck Brace ». Ces équipements ne sont en revanche pas compatibles avec un casque intégral en pratique sportive ou routière. En effet, une fois en place, ils limitent les mouvements de la tête dans les trois dimensions de l'espace.



Figure 52 : Exposition cervicale avec et sans « Neck brace ».

1.3.7.2. Exposition Mandibulaire

Dans les mêmes conditions, la partie basse de la mandibule est exposée et peut subir des dommages lors d'une chute. Cette exposition est cependant limitée lorsque le casque (avec mentonnière) est adapté correctement.



Figure 53 : Exposition mandibulaire.

1.3.7.3. Efficacité

Un casque doit trouver une efficacité maximum tout en gardant un volume et un poids mesuré. Ce compromis est particulièrement difficile à obtenir qui plus est avec des normes obtenues lors de tests à faible vitesse (27 km/h et 19,8 km/h) dans des conditions peu représentatives de la réalité. Confort d'utilisation et sécurité sont en jeu.

Le projet RIDER mené par le CEESAR (Amans et al. 2005) a permis d'élaborer un tableau regroupant les épaisseurs théoriques de casque offrant une décélérations cérébrales tolérable par l'organisme à diverses vitesses d'impact.

Vitesse d'impact (en Km/h)	Épaisseur du casque (en Cm)
6,4	2,5
16,1	4,6
24,1	10,2
32,2	16,5
48,3	38,1
64,4	73,7

Tableau 3 : Epaisseur du casque en fonction de la vitesse d'impact (Amans et al. 2005).

Ainsi, un casque homologué assure une protection maximum de l'usager dans 100% des cas jusqu'à une vitesse d'impact 6,4 Km/h. Chez un individu mesurant 175 Cm, et pour une vitesse d'impact multiplié par dix, l'épaisseur du casque devrait être de 73,7 Cm ! Ce casque est bien sur inenvisageable.



Figure 54 : Epaisseur théorique d'un casque pour une vitesse d'impact de 64,4 Km/h chez un individu de 175 Cm (B. Amans et al. 2005).

1.4. Mise en relation des traumatismes en fonction du casque

A proprement parler, il existe peu d'études s'intéressant à l'intérêt du port du casque sur les dommages maxillo-faciaux potentiels lors d'une chute (Brewer et al. 2015 ; Burns et al. 2015 ; Cavalcante et al. 2012 ; Christian et al. 2014 ; Mallikarjuna et al. 2009 ; Shaigany et al. 2016). L'utilité d'un casque est en revanche nettement démontrée lorsqu'il s'agit d'étudier les dommages au niveau cérébral (Gupta et al. 2014 ; Gusenbauer, 2002 ; Ha et al. 2017 ; Kraus et al. 2003 ; Kuo et al. 2017 ; Singleton, 2016). Ce travail n'a pas pour but de démontrer les bienfaits du casque dans ce dernier cas, tant ils paraissent évidents. Nous nous intéressons plutôt à l'évaluation de son impact sur les dommages maxillo-faciaux, et plus précisément l'étage inférieur de la face en fonction de divers facteurs : son usage ou non, et du type de casque utilisé.

Le projet MAIDS (2009) a permis d'établir une mise en relation de l'effet du casque sur les blessures à la tête subies par le pilote sur les 921 accidents inclus. Une étude approfondie de l'état du casque après l'accident et des éventuelles blessures a permis de déterminer l'effet du casque sur ces blessures.

Un casque intact et au moins une blessure à la tête suggèrent que le casque n'a pas eu d'effet sur la ou les blessure(s). 3,6% des cas sont concernés (MAIDS, 2009).

	Nombre	%
Pas de casque, blessure à la tête	62	6.7
Casque porté mais pas d'effet sur blessure à la tête	33	3.6
Casque porté, a atténué blessure à la tête	306	33.2
Casque porté, a empêché blessure à la tête	327	35.5
Pas de contact pouvant blesser la tête	152	16.5
Autre	4	0.4
Inconnu	37	4.1
Total	921	100.0

Tableau 4 : Effet du casque sur les blessures à la tête (MAIDS, 2009).

1.4.1. Sans casque

Malgré la réglementation en vigueur (voir parti 1.3.2), tous les usagers de véhicules motorisés non carrossés n'utilisent pas systématiquement un casque. Ils s'exposent aux sanctions qui en découlent mais aussi à de sérieuses lésions pouvant conduire à la mort. En l'absence de casque le conducteur s'expose à tous les types de lésions décrites précédemment. Même si la vitesse du véhicule entraîne généralement des lésions très importantes, une faible vitesse ou un court trajet ne protège pas d'un accident et des conséquences qui en découlent.

1.4.2. Avec casque

Une étude, publiée en 2004 et menée en Nouvelle-Zélande (Wells et al.) montre que le simple port d'un casque de couleur blanche réduit de 24% le risque d'accident par rapport au port d'un casque de couleur noire. Une meilleure visibilité du casque, qu'il soit ouvert ou fermé, et de son porteur serait à l'origine de cet écart.

Un porteur de casque jet homologué, et un autre de casque intégral lui aussi homologué sont tous deux en accord avec la loi et ne s'exposent à aucune sanction. Cependant, ces deux usagers sont loin d'être égaux dans le tableau lésionnel auquel ils s'exposent. En 2013, Brewer et al. ont montré de manière significative que le port d'un casque fermé de type intégral réduit le nombre et la gravité des fractures cranio-faciales à la suite d'un accident, par rapport au port d'un casque ouvert.

1.4.2.1. Casque fermé

Un casque fermé (intégral, modulable homologué « P ») suggère la présence d'une mentonnière faisant corps avec la structure du casque. Elle assure le rôle de pare-chocs durant l'impact. Au niveau maxillo-facial la protection est maximale. Seule la zone d'exposition mandibulaire peut être source de traumatismes au niveau de l'étage inférieur de la face

1.4.2.2. Casque ouvert

Dans ce cas, la mentonnière est absente ou non homologuée. Le pare-chocs facial n'est autre que la mandibule et l'utilisateur s'expose à de graves lésions, quasiment similaire à celles encourues en l'absence de casque.

Ainsi, un individu victime d'un accident et portant un casque ouvert a deux fois plus de risque de fracture maxillo-faciale par rapport au porteur d'un casque fermé de type intégral (Cini et al. 2014).

1.5. Accidentologie

L'accidentologie est l'étude scientifique des accidents au moyen d'une recherche épidémiologique. De nombreux chercheurs s'intéressent à ce domaine afin d'en établir les causes, les facteurs de risques les plus fréquents et d'éviter le plus possible leur survenue. Si ces études montrent un besoin de protection évident des usagers, elles sont le point de départ de recherches approfondies de la part des équipementiers dans l'élaboration de moyens de protection toujours plus efficaces pour les organes exposés. Serre (2010), de l'institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (nouvellement Institut Français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux), montre que la tête est la troisième partie du corps la plus touchée (11%, contre 63% pour les membres inférieurs et 45% pour les membres supérieurs) lors d'un accident de la route au guidon d'un engin motorisé à deux roues.

Cependant les lésions les plus graves se situent à 50% au niveau du thorax et 44% au niveau de la tête. Cette dernière est donc un organe sensible dont la protection est un enjeu majeur.

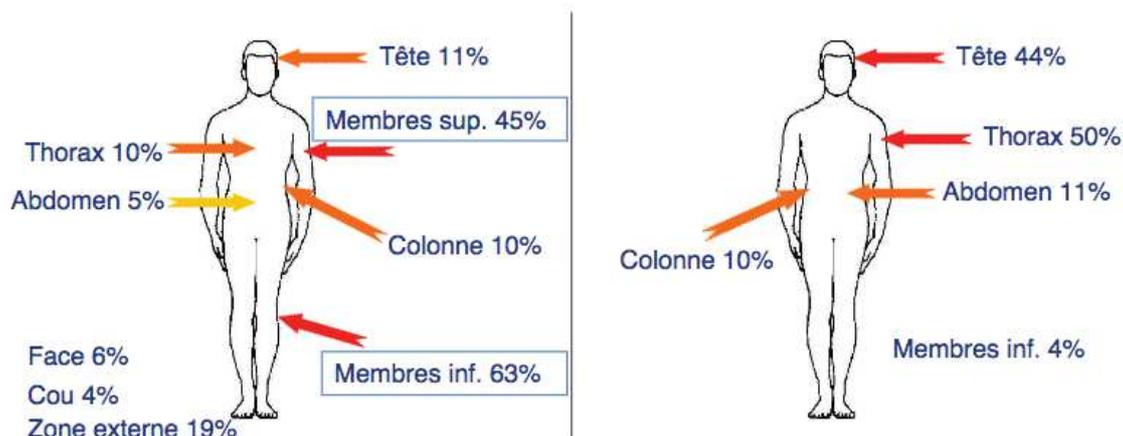


Figure 55 : Lésions les plus fréquentes et lésions les plus graves, de gauche à droite (Serre et al. 2010).

De plus, cette même étude montre que 71% des accidents en 2 Roues Motorisé impliquent un autre véhicule motorisé (69% avec un VL et 2% avec un autre 2 Roues Motorisé).

Avec un taux de port encourageant chez les motocyclistes, le casque est bien trop souvent pris à la légère chez les pilotes et passagers de cyclomoteurs (50 cm³). En effet, selon Amans et al. (2005) plus de la moitié des usagers ne porteraient pas correctement ou pas du tout de casque. De plus, chez les passagers de grosses cylindrées, 26,3% n'utiliseraient pas correctement leur casque.

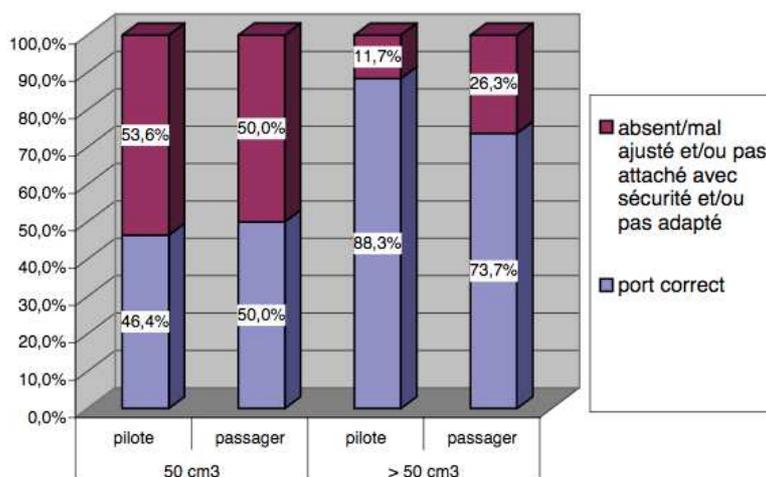


Figure 56 : Port correct du casque selon la cylindrée, pilote et passager (Amans et al. 2005).

Dans une population de 3727 victimes identifiées par les BAAC Rhône et le Registre du Rhône (Serre et al. 2010) deux classes d'usagers ont été différenciées : les cyclomotoristes, porteurs en majorité de casques ouverts et les motocyclistes porteurs en majorité de casques fermés (MAIDS, 2009)

On observe que les motocyclistes sont plus sujets à des lésions au niveau du thorax, de l'abdomen, de la colonne vertébrale et des membres supérieurs par rapport aux cyclomotoristes. Cela s'explique par une vitesse plus importante à l'impact du fait d'une puissance plus importante des motos. En revanche, les lésions au niveau de la face sont accrues chez les cyclomotoristes par rapport aux motocyclistes.

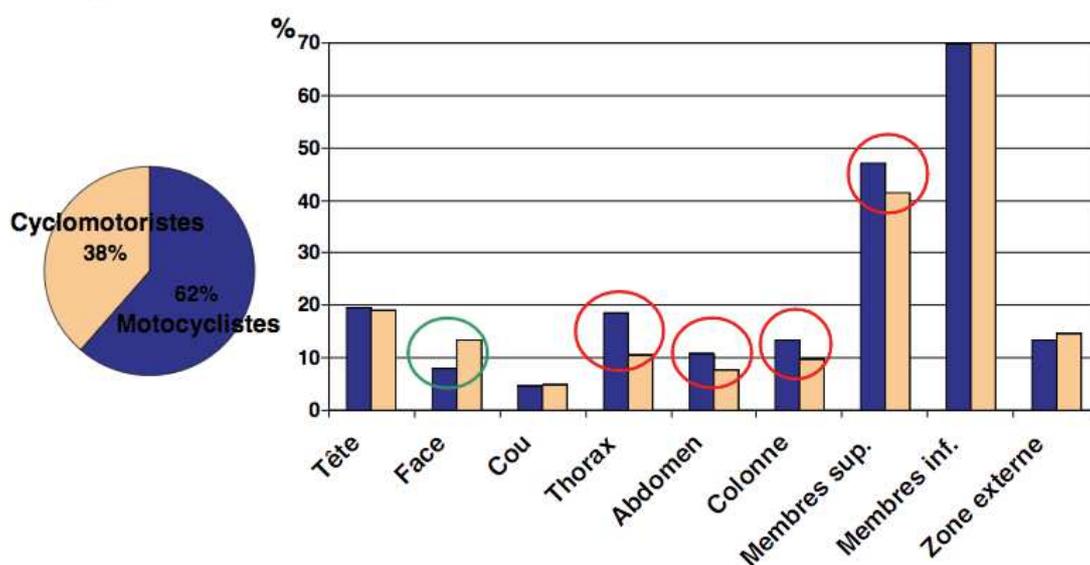


Figure 57 : Influence du type de casque et de véhicule sur la typologie lésionnelle (Serre et al, 2010).

Le brevet de sécurité routière ou BSR est accessible aux jeunes usagers âgés de 14 ans ou plus. Cette formation pratique de 7 heures assurée par une auto-école n'est pas sujet à examen et donne accès à une attestation de suivi de formation autorisant à conduire un cyclomoteur dont la cylindrée n'excède pas 50cm³. Sur la durée de formation, seulement 1 heure est consacrée à la « sensibilisation des risques ». Face à ces jeunes individus, l'attention portée à cette partie de la formation n'est pas forcément suivie scrupuleusement.

Répartition de la formation pratique de 7 heures	
Phase	Durée
Enseignement hors circulation	2 heures
Conduite sur les voies ouvertes à la circulation publique	4 heures
Sensibilisation aux risques	1 heure

Tableau 5 : BSR, répartition de la formation pratique de 7 heures (www.service-public.fr).

En revanche le permis A, ou permis moto, est soumis à examen, dont un des items porte sur les équipements obligatoires de protection. Il est accessible dès l'âge de 18 ans et peut être passé uniquement après avoir validé l'épreuve théorique du code de la route.

BSR et Permis A permettent l'usage d'un engin motorisé non carrossé sur route ouverte. Toutefois, ils restent très inégaux en matière de prévention routière et de sensibilisation aux risques. Cette différence semble être l'une des explications aux résultats décrits ci-dessus (www.service-public.fr).

En dehors d'un usage sur route ouverte, l'accessibilité aux engins motorisés se fait de plus en plus précocement et les difficultés d'apprentissage et de maîtrise de ces véhicules posent de réels problèmes chez les enfants (Prigozen et al. 2006). C'est ainsi que Abdelgawad et al. (2013) a pu observer une augmentation du nombre de traumatisés « jeunes » (moins de 18 ans) chez les usagers de motocross, sur une durée de 10 ans (de 2000 à 2010).

Chez les pilotes d'engins motorisés non carrossés, une nette majorité d'homme est observée et par le fait un nombre de victimes masculines presque 8,5 fois supérieur aux victimes féminines (Brewer et al. 2013 ; Júnior et al. 2012).

1.5.1. Intérêt du casque

Le casque a pour rôle de protéger la tête lors d'un impact par l'absorption plus ou moins importante de l'énergie cinétique. Plus le casque aura tendance à se déformer ou se détruire plus la quantité d'énergie cinétique absorbé sera grande et donc la tête de l'utilisateur sera mieux protégée.

Si le port du casque est relativement bien accepté en France, il n'est cependant pas inscrit dans les mœurs de tous les pays du monde.

En revanche il tend à augmenter par la sensibilisation de la population aux risques encourus. Au Vietnam dans les provinces de Ha Nam et Ninh Binh, des observations du port du casque ont été menées entre juin 2011 et décembre 2014 (BAO et al. 2017). Elles ont pu déceler une augmentation significative ($P < 0,01$) du port correct du casque par les usagers dans la province de Ha Nam, passant de 34,3% à 76,9% ($P < 0,01$). Plus modérément, ce même taux est passé de 68,9% à 72,2% ($P > 0,05$) pour la province de Ninh Binh où le port correct du casque s'avérait être déjà nettement plus acquis que dans la province de Ha Nam.

Aux Etats-Unis, malgré une prévention routière intense, le port du casque n'est pas aussi bien respecté qu'en Europe. De plus certains états ne soumettent pas tous les motards au port obligatoire du casque. Un nombre important d'entre eux s'en affranchissent et le constat est sans appel. Dans l'étude menée par Burns et al. (2015), seulement 40,7% des patients inclus étaient porteurs d'un casque au moment de l'accident. Ce pourcentage est représentatif d'un état où le port n'est pas obligatoire. En effet, Oisen et al. (2016) ont montré que dans les états appliquant une loi relative au port obligatoire du casque, 88% des usagers la respectent (contre 42% pour les états plus laxistes).

Dans ces deux contextes socio-économiques très différents, l'intérêt du casque est identique. Mais quand le premier tend à s'améliorer de manière encourageante, le second observe un retour inquiétant en arrière.

1.5.2. Biomécanique

La biomécanique est l'étude de la réponse du corps humain lorsqu'il est soumis à une charge quelconque. Le squelette de la face est composé de poutres (d'Ombredanne)) et piliers (de Sicher) verticaux, et de cavités (sinus, cavité, orale, nasale...etc). Cette structure pneumatisée est organisée de manière à absorber les forces verticales comme celles subies durant la mastication. Cependant lors de chocs horizontaux, ou frontaux, les fractures sont fréquentes car cette trame osseuse particulière n'est pas adaptée pour les subir.

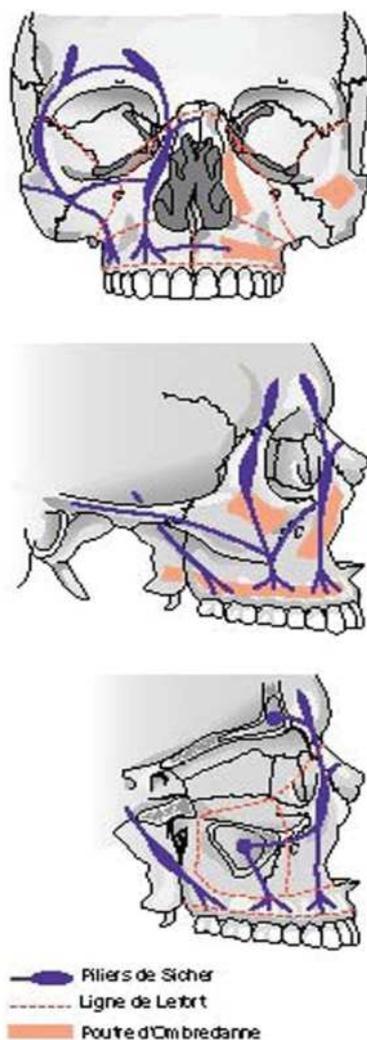


Figure 58 : Piliers et poutres de l'architecture faciale (CHUFCMFS, 2014).

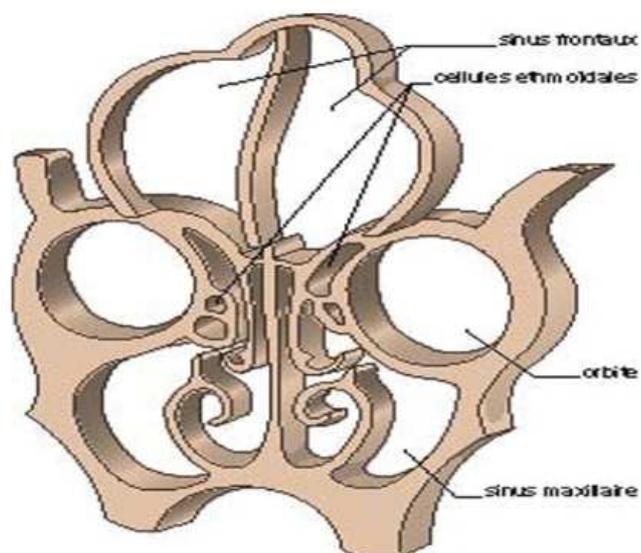


Figure 59 : Structure pneumatisée de la face (CHUFCMFS, 2014).

Accidentologie et biomécanique permettent de comprendre pourquoi et comment il est essentiel de perfectionner les équipements de protection, le tout dans une stratégie visant à améliorer la prévention et le diagnostic des lésions (O'Connor et al. 2017). En Europe, le Centre Européen d'Études de Sécurité et d'Analyse des Risques (CEESAR) avance depuis plus de 25 ans dans la recherche en biomécanique et comportement humain. Il permet notamment l'optimisation des véhicules mais aussi des équipements de protections, et ce dans l'unique but de répondre aux besoins soulevés de l'accidentologie. Le projet RIDER cité précédemment en est l'exemple.

1.5.3. Analyses

Les dernières technologies élaborées sont testées sous forme d'analyses expérimentale et numérique et comparées à d'autres équipements ou en leur absence, avant toute mise sur le marché. Non seulement elles doivent répondre aux exigences de l'homologation, mais aussi satisfaire autant que possible aux besoins soulevés par les chercheurs en accidentologie et biomécanique. A Strasbourg, La plateforme MechaniCS (Laboratoire icube) possède un plateau de biomécanique des chocs comprenant 3 principaux dispositifs d'impacts permettant d'effectuer plusieurs types d'analyses :

- Une catapulte pneumatique : Projection d'un objet sur un plan horizontal.
- Une catapulte inverse/pendule : Impact d'un poids pendulaire sur un chariot mobile.
- Une tour de chute : Chute à la verticale d'un objet.

1.5.3.1. Expérimentale

Les analyses expérimentales sont effectuées selon des protocoles précis et reproductibles. Elles permettent de déterminer les mécanismes lésionnels et d'examiner le comportement cinématique du corps humain sous divers degrés de protection ou d'évaluer le comportement à l'impact de différents matériaux. Des mannequins ou des corps donnés à la science sont utilisés suivant les situations et les expériences réalisées. Des capteurs permettent d'enregistrer et de modéliser ces expériences sur ordinateur.

En 2003, le Professeur Willinger a développé un modèle de tête humaine la plus fidèle possible à la réalité anatomique permettant d'effectuer un grand nombre de tests et de s'affranchir de têtes humaines issues de cadavres.

1.5.3.2. Numérique

Une fois sur ordinateur, les expériences peuvent être renouvelées à de multiples reprises sous diverses configurations. Des accidents peuvent aussi être reconstitués pour les besoins d'une expertise par exemple.

1.5.4. Projet PROTEUS et BioCASQ

Les projets PROTEUS (PROtection de la Tête des Usagers vulnérables, 2006) et BioCASQ (Casque Optimisé sur Critères Biomécaniques, 2009) ont été menés par R. Willinger et al. de l'université de Strasbourg.

L'objectif du premier a été de mettre au point un outil numérique de prédiction des lésions crânio-encéphaliques, et ce dans le but d'améliorer les systèmes de protection de la tête actuellement sur le marché. Après réalisation d'un modèle fini de la tête humaine, plusieurs tests simulant des chocs ont été menés dans diverses configurations d'accidents. Durant chaque simulation, des enregistrements ont pu être effectués afin de recueillir l'ensemble des lésions subies en fonction de la situation. Cette « tête » expérimentale a permis l'amélioration du système de simulation de traumatisme crânien précédent et l'optimisation des protections cranio-faciales des motocyclistes.

Le second poursuit les travaux effectués précédemment mais aussi dans le projet RIDER avec l'appui du fabricant SHARK. Dans un total de 44 cas d'accident, les chercheurs ont calculé la cinématique de la victime et modélisé le choc subi par la tête. Puis une modélisation d'un casque à la structure composite (époxy-fibres de verre) a été effectuée. Cette étude a permis de procéder à l'optimisation du casque selon une modélisation couplée du casque et de la tête humaine. Ainsi, les capacités de protection se sont vues améliorées de 10 à 20% grâce à ce nouveau casque.

Ces deux projets ont eu pour objectif majeur d'aboutir à des solutions visant à réduire les lésions au niveau cérébral. L'impact positif sur les dommages faciaux est implicite mais bel et bien présent dans le cas d'un casque fermé.

Chapitre II : Etude d'observation rétrospective chez une population de patients du CHRU Jean Minjoz de Besançon.

2.1. Introduction

Le casque porté par les usagers de véhicules motorisés non carrossés est un élément obligatoire de sécurité qui contribue à la survie de nombreuses victimes. Son impact positif sur le tableau des lésions crâniennes et cérébrales n'est plus à démontrer.

En revanche l'écran et la mentonnière sont présents de manière aléatoire en fonction du type de casque utilisé. Les lésions éventuelles au niveau maxillo-facial en sont directement affectées, notamment au niveau de l'étage inférieur de la face.

Afin de comprendre au mieux le lien existant entre le type de casque et les lésions auxquelles le porteur s'expose, une étude d'observation rétrospective a été réalisée chez une population de patients du service de chirurgie maxillo-faciale, stomatologie et odontologie hospitalière du CHRU Jean Minjoz de Besançon. Un questionnaire a été réalisé pour le recueil des informations nécessaires.

L'objectif de cette étude a été d'étudier le tableau lésionnel au niveau de l'étage inférieur de la face chez des patients victimes d'accident de véhicules motorisés non carrossés en fonction du type de casque porté. Cette étude, rétrospective observationnelle, est basée sur l'interrogatoire initial du patient et l'analyse des dossiers.

2.2. Matériel et méthode

2.2.1. Élaboration et forme du questionnaire

Le questionnaire a été élaboré en version numérique uniquement (via Google Forms). Il contient 17 questions.

Il comprend plusieurs types de questions menant à :

- Des réponses rédactionnelles courtes.
- Des réponses binaires.
- Des réponses à choix multiples présentant aucune, une ou plusieurs réponses à cocher.

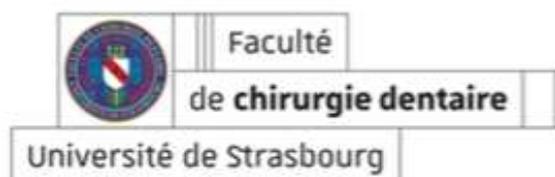
2.2.2. Contenu

La première partie du questionnaire s'intéresse aux circonstances de l'accident, au profil du conducteur ou passager, au type de casque porté et au type de véhicule motorisé non carrossé utilisé.

La seconde partie se porte sur les lésions des tissus mous, dentaires et osseux.

Etude d'observation rétrospective chez une population de patients du CHRU Jean Minjot de Besançon

Etudiant en 6ème année de chirurgie dentaire à la faculté de Strasbourg, je réalise une étude dans le cadre de ma thèse : Lésions de l'étage inférieur de la face dans les accidents de véhicule motorisé non carrossé. Le but est d'évaluer les lésions encourues au niveau de l'étage inférieur de la face en fonction du type de casque porté.



A propos de la victime

1.

Sexe

Une seule réponse possible.

Homme

Femme

2.

Âge (en années)

26/02/2018

Etude d'observation rétrospective chez une population de patients du CHRU Jean Minjot de Besançon

3. Véhicule

Une seule réponse possible.

- Moto
- Cyclomoteur
- Quad
- Karting
- Tricycle à moteur
- Autre : _____

4.

Cylindrée

Une seule réponse possible.

- <50 cm³
- >50 cm³ , jusqu'à 125 cm³
- >125 cm³ jusqu'à 600 cm³
- >600 cm³

5.

La vitesse au moment de l'accident est-elle connue?

Une seule réponse possible.

- Oui
- Non *Après avoir répondu à la dernière question de cette section, recommencez à remplir ce formulaire.*

6.

Si oui, quelle est-elle?

7.

Lieu de l'accident :

Une seule réponse possible.

- Urbain
- Rural
- Autoroute
- Circuit ou piste fermée
- Autre : _____

8.

Position de la victime :

Une seule réponse possible.

- Conducteur
- Passager

26/02/2018

Etude d'observation rétrospective chez une population de patients du CHRU Jean Minjoz de Besançon

9. Casque porté

Une seule réponse possible.

- Intégral
- Modulable
- Jet
- Bol
- Modulaire
- Tout-terrain
- Absent

10. Au moment de l'impact, le casque a été :

Une seule réponse possible.

- Expulsé car pas attaché
- Expulsé car mal attaché
- Laissé en place car correctement attaché

Tableau lésionnel

Tissus mous

11. Structure(s) concernée(s)

Plusieurs réponses possibles.

- Joue
- Zone sous nasale
- Lèvre(s)
- Menton
- Zone sous mandibulaire
- Muqueuse
- Gencive
- Langue
- Absence de lésion

12. Type de(s) lésion(s)

Plusieurs réponses possibles.

- Contusion
- Plaie
- Dermabrasion
- Corps étranger
- Absence de lésion

Tissus dentaires

26/02/2018

Etude d'observation rétrospective chez une population de patients du CHRU Jean Mincor de Besançon

13. **Dent(s) concernée(s)**

14. **Type de(s) lésion(s) dento-pulpaire(s)**

Plusieurs réponses possibles.

- Fêlure
- Fracture de l'émail
- Fracture coronaire sans effraction pulpaire
- Fracture coronaire avec effraction pulpaire
- Fracture coronoradiculaire simple
- Fracture coronoradiculaire complexe
- Fracture radiculaire
- Absence de lésion

15. **Type de(s) lésion(s) Parodonto-osseuse(s)**

Plusieurs réponses possibles.

- Concussion
- Subluxation
- Extrusion
- Luxation latérale
- Intrusion
- Expulsion
- Absence de lésion

Tissus osseux

16. **Os et région(s) concerné(s)**

Plusieurs réponses possibles.

- Maxillaire
- Symphyse mandibulaire
- Zone parasymphysaire
- Branche horizontal
- Os alvéolaire
- Région angulaire
- Ramus
- Région condylienne
- Absence de lésion

26/02/2018

Etude d'observation rétrospective chez une population de patients du CHRU Jean Minjot de Besançon

17. Type de(s) lésion(s)

Plusieurs réponses possibles.

- Fissure
- Fracture unifocale
- Fracture plurifocale
- Absence de lésion

Fourni par



Figure 60 : Questionnaire de l'étude.

2.2.3. Population d'étude : critères d'inclusion et d'exclusion

Sont inclus l'ensemble des patients ayant été reçus par le service de Chirurgie Maxillo-faciale, Stomatologie et Odontologie hospitalière du CHRU Jean Minjoz de Besançon. Ces patients devaient avoir bénéficié d'une prise en charge médicale et chirurgicale dans le cadre d'un accident de véhicule motorisé non carrossé (tels que les motos, cyclomoteurs, scooters, tricycle à moteur, quad, karting...etc) nécessitant le port obligatoire d'un casque. Les patients étaient soit conducteurs, soit passagers de l'engin.

2.2.4. Recueil et traitement des données

La mise en ligne du questionnaire s'est faite en Février 2018. La recherche des patients et la collecte des données se sont déroulées par l'interrogation des archives du CHRU selon un protocole (figure 61) en concertation avec le Département d'Information Médicale (DIM). Les recherches ont été menées par l'intermédiaire d'un tri de la classification commune des actes médicaux. L'ensemble des traumatismes recensés dans la deuxième partie du questionnaire a été soumis à une recherche sur 7 ans et 5 mois, couvrant une période allant du 1^{er} janvier 2010 au 31 mai 2018.

CHRU de Besançon
DIM-PMSI-T2A

Infocentre PMSI-MCO

Demande n°2018_0038

PROTOCOLE

Demandeur

- Jean BILLOTTE, Externe en chirurgie dentaire, dans le Service de Chirurgie Maxillo-Faciale, Stomatologie et Odontologie (mob = 06.48.13.15.34, email = jeanbillotte@hotmail.fr).
- Pr Christophe MEYER, Chef du Service de Chirurgie Maxillo-Faciale, Stomatologie et Odontologie (poste = 68455, email = c3meyer@chu-besancon.fr).

Contacts DIM

- Dr Alain DUSSAUCY, PH (poste = 18722, email = adussaucy@chu-besancon.fr).
- Dr Marie-Claude ANTRAIGUE, Chef de Service (poste = 18729, email = mcantraigue@chu-besancon.fr).

Contexte

- Thèse

Critères

- Patients présents **du 01/01/2010 au 31/05/2018 inclus**.
- Base de données des actes **CPage**.
- Hospitalisés dans une des **Unités Médicales (UM)** suivantes :
 - **P0010 : pole PIIC**
 - **CR 79 : Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie**
 - UM **7340** chir maxi fac sto
 - **CR 86 UCA**
 - UM **7528** UCAL maxillo
 - UM **7526** UHCA maxillo
- Prise en charge en **soins externes** dans une des UF suivantes :
 - **P0010 : pole PIIC**
 - **CR 79 : Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie**
 - UM **7340** chir maxi fac sto
 - **CR 86 UCA**
 - UM **7528** UCAL maxillo
- Avec présence dans le RUM d'un des actes CCAM de la liste suivante (activité = 1) :

HBED011 Réduction de luxation d'une dent

HBED016 Réduction de luxation de plusieurs dents

LBCA001 Ostéosynthèse de fracture extracondyloïde bifocale de la mandibule, à foyer ouvert Y

- LBCA002** Ostéosynthèse de fracture extracondyloire plurifocale de la mandibule, à foyer ouvert Y
- LBCA004** Ostéosynthèse de fracture du condyle de la mandibule à foyer ouvert, sans dissection du nerf facial Y
- LBCA006** Ostéosynthèse de fracture extracondyloire unifocale de la mandibule, à foyer ouvert Y

- LBCA007** Ostéosynthèse de fracture du condyle de la mandibule à foyer ouvert, avec dissection du nerf facial Y
- LBCA008** Ostéosynthèse de fracture comminutive de la mandibule avec parage d'un délabrement des tissus mous de la face Y
- LBCB001** Ostéosynthèse de fracture extracondyloire plurifocale de la mandibule, à foyer fermé Y
- LBCB002** Ostéosynthèse de fracture extracondyloire unifocale de la mandibule, à foyer fermé Y
- LBED001** Réduction orthopédique de fracture occlusofaciale [fracture type Le Fort I, II ou III], avec contention par blocage maxillomandibulaire
- LBED002** Réduction orthopédique de fracture unifocale du corps de la mandibule, avec contention mandibulaire
- LBED003** Réduction orthopédique de fracture extracondyloire plurifocale de la mandibule, avec blocage maxillomandibulaire
- LBED004** Réduction orthopédique de disjonction intermaxillaire ou de fracture du palais, avec contention par blocage maxillomandibulaire
- LBED005** Réduction orthopédique de fracture plurifocale du corps de la mandibule, avec contention mandibulaire
- LBED006** Réduction orthopédique de fracture extracondyloire unifocale de la mandibule, avec blocage maxillomandibulaire
- LBEP002** Réduction orthopédique de fracture du corps de la mandibule, avec contention par appareillage personnalisé
- LBLD002** Pose d'un appareillage de mobilisation en latéralité et/ou en propulsion pour fracture unicondyloire ou bicondyloire de la mandibule
- QAJA002** Parage et/ou suture de plaie superficielle de la peau de la face de plus de 10 cm de grand axe
- QAJA004** Parage et/ou suture de plaie profonde de la peau et des tissus mous de la face de moins de 3 cm de grand axe
- QAJA005** Parage et/ou suture de plaie superficielle de la peau de la face de 3 cm à 10 cm de grand axe
- QAJA006** Parage et/ou suture de plaie profonde de la peau et des tissus mous de la face de 3 cm à 10 cm de grand axe
- QAJA012** Parage et/ou suture de plaie profonde de la peau et des tissus mous de la face de plus de 10 cm de grand axe
- QAJA013** Parage et/ou suture de plaie superficielle de la peau de la face de moins de 3 cm de grand axe
- QZIA001** Parage et/ou suture de plaie profonde de la peau et des tissus mous de plus de 10 cm de grand axe, en dehors de la face et de la main
- QZIA002** Parage et/ou suture de plaie superficielle de la peau de moins de 3 cm de grand axe, en dehors de la face

QZJA012 Parage et/ou suture de plaie profonde de la peau et des tissus mous de 3 cm à 10 cm de grand axe, en dehors de la face et de la main

QZJA015 Parage et/ou suture de plaie superficielle de la peau de plus de 10 cm de grand axe, en dehors de la face

QZJA016 Parage et/ou suture de plaie profonde de la peau et des tissus mous de moins de 3 cm de grand axe, en dehors de la face et de la main

QZJA017 Parage et/ou suture de plaie superficielle de la peau de 3 cm à 10 cm de grand axe, en dehors de la face

HBED009 Réduction de fracture alvéolaire en denture permanente

HBED015 Réduction de fracture alvéolaire en denture mixte ou incomplète

LACA005 Ostéosynthèse de fracture naso-ethmoïdo-maxillo-fronto-orbitaire, par abord coronal Y

LACA009 Ostéosynthèse de fracture fronto-naso-maxillaire à foyer ouvert par abord facial, avec canthopexie P Y

LACA011 Ostéosynthèse de fracture fronto-naso-maxillaire à foyer ouvert, par abord coronal Y

LACA013 Ostéosynthèse de fracture fronto-naso-maxillaire à foyer ouvert, par abord facial Y

LACA018 Ostéosynthèse de fracture fronto-naso-maxillaire à foyer ouvert par abord coronal, avec canthopexie P Y

LACB001 Ostéosynthèse de fracture maxillonasale, à foyer fermé Y

LBCA010 Ostéosynthèse de disjonction intermaxillaire ou de fracture du palais, par abord intrabuccal Y

LBED001 Réduction orthopédique de fracture occlusofaciale [fracture type Le Fort I, II ou III], avec contention par blocage maxillomandibulaire

LBED003 Réduction orthopédique de fracture extracondyloïde plurifocale de la mandibule, avec blocage maxillomandibulaire

LBED004 Réduction orthopédique de disjonction intermaxillaire ou de fracture du palais, avec contention par blocage maxillomandibulaire

LBED006 Réduction orthopédique de fracture extracondyloïde unifocale de la mandibule, avec blocage maxillomandibulaire

LBEP009 Réduction orthopédique de disjonction intermaxillaire ou de fracture du palais, avec contention par appareillage personnalisé

LACA002 Ostéosynthèse de fracture de l'os zygomatique [malaire], à foyer ouvert Y

LACA003 Ostéosynthèse de fracture de l'os zygomatique [malaire] avec réfection du plancher de l'orbite, par abord direct Y

LACB002 Ostéosynthèse de fracture de l'os zygomatique [malaire] ou de l'arcade zygomatique, à foyer fermé Y

LAEP001 Réduction orthopédique de fracture de l'os zygomatique [malaire] ou de l'arcade zygomatique

LACA001 Ostéosynthèse de fracture du bord infraorbitaire, à foyer ouvert Y

LACA003 Ostéosynthèse de fracture de l'os zygomatique [malaire] avec réfection du plancher de l'orbite, par abord direct Y

LACA005 Ostéosynthèse de fracture naso-ethmoïdo-maxillo-fronto-orbitaire, par abord coronal Y

LACA016 Ostéosynthèse de fracture cranioorbitaire Y

- LACA017** Ostéosynthèse de fracture cranioorbitaire avec fermeture de brèche ostéodurale Y
- LAEA001** Réduction de fracture du bord supraorbitaire sans interposition, par abord sourcilier Y
- LAEA003** Réduction de fracture du bord supraorbitaire avec interposition de matériau inerte et/ou autogreffe, par abord sourcilier Y
- LAEB001** Réduction de fracture du plancher de l'orbite à foyer fermé, par ballonnet intrasinusien introduit par abord intrabuccal Y
- HBGD012** Ablation de corps étranger d'un canal radiculaire d'une dent Y
- LBGA001** Ablation de corps étranger de l'articulation temporo-mandibulaire, par arthrotomie Y
- LCGA002** Ablation de corps étranger projeté dans les tissus mous buccofaciaux, par abord intrabuccal Y
- QAGA001** Ablation de plusieurs corps étrangers profonds de la peau et des tissus mous du visage et/ou des mains Y
- QAGA002** Ablation de plusieurs corps étrangers superficiels de la peau du visage et/ou des mains
- QAGA003** Ablation d'un corps étranger superficiel de la peau du visage ou des mains
- QAGA004** Ablation d'un corps étranger profond des tissus mous du visage ou des mains Y
- HAJA007** Parage et/ou suture de plaies muqueuses intrabuccales multiples
- HAJA010** Parage et/ou suture d'une plaie muqueuse intrabuccale
- HBED001** Réimplantation d'1 dent permanente expulsée Y
- HBED003** Réimplantation de 2 dents permanentes expulsées Y
- HBED021** Réimplantation de 3 dents permanentes expulsées, ou plus Y
- HBLD056** Pose d'une plaque base résine pour guide chirurgical préimplantaire dentaire, pour 1 arcade
- HBLD050** Pose d'un dispositif unimaxillaire de contention extracoronaire par attelle composite collée, sur 7 dents ou plus
- HBLD051** Pose d'un dispositif unimaxillaire de contention extracoronaire par attelle métallique coulée et collée, sur 7 dents ou plus
- HBLD052** Pose d'un dispositif unimaxillaire de contention extracoronaire par attelle composite collée, sur 1 à 6 dents
- HBLD053** Pose d'un dispositif unimaxillaire de contention extracoronaire par attelle métallique coulée et collée, sur 1 à 6 dents
- HBED009** Réduction de fracture alvéolaire en denture permanente
- HBED015** Réduction de fracture alvéolaire en denture mixte ou incomplète
- LBCA003** Ostéosynthèse et/ou suspension faciale pour fracture occlusofaciale de type Le Fort I, par abord direct Y
- LBCA005** Ostéosynthèse et/ou suspension faciale pour fracture occlusofaciale de type Le Fort III, par abord direct Y
- LBCA009** Ostéosynthèse et/ou suspension faciale pour fracture occlusofaciale de type Le Fort II, par abord direct Y
- LBED001** Réduction orthopédique de fracture occlusofaciale [fracture type Le Fort I, II ou III], avec contention par blocage maxillo-mandibulaire

Réponse

- Classeur Excel sur serveur sécurisé.
- Une ligne par RUM, uniquement les RUM et UM de la liste.
- Informations :
 - Numéro CPAGE
 - IPP
 - Nom
 - Prénom
 - Nom JF
 - Sexe
 - Date de naissance
 - Date d'entrée
 - Mode E PMSI
 - Libellé mode E
 - Date de sortie
 - Mode S PMSI
 - Libellé mode S
 - Code UM
 - Libellé UM

<<<< >>>>

Figure 61 : Protocole.

Chaque questionnaire a pu être rempli, comptabilisé et classé par Google Forms. Par la suite, le logiciel a permis la création de graphiques illustrant les résultats.

2.3. Résultats

Après interrogation des archives, 1254 patients répondent positivement à l'un au moins des actes recensés dans le protocole ci-dessus. Chaque dossier correspond à un patient suivi dans l'un des services concernés.

Tous les patients possèdent un dossier papier ainsi qu'un dossier informatique. Ce dernier regroupant une partie au moins du dossier papier.

Le premier tri s'est fait par l'intermédiaire du logiciel médical présent au CHRU de Besançon : Axigate. Pour l'ensemble des 1254 patients, une analyse des dossiers informatiques a été faite et 850 patients ont pu être exclus.

Les 404 dossiers restants n'ont pas présenté de critère d'exclusion après le premier tri. Mais tous ne possèdent pas de réel critère d'inclusion.

Un second tri s'est déroulé dans les locaux des archives de l'hôpital. Chaque dossier papier des 404 patients a été une nouvelle fois étudié et 32 patients ont été finalement inclus dans l'étude.

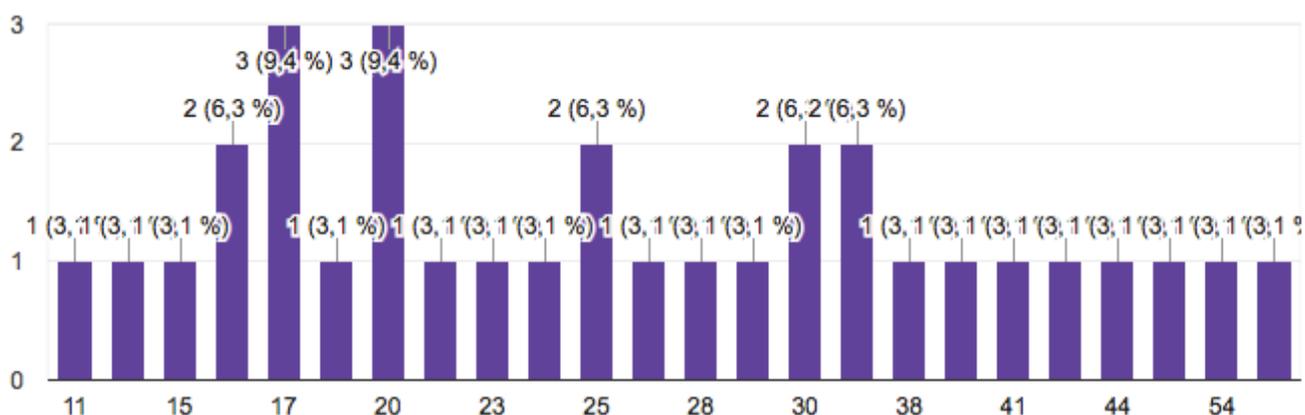


Figure 62 : Répartition de l'âge des patients inclus dans l'étude.

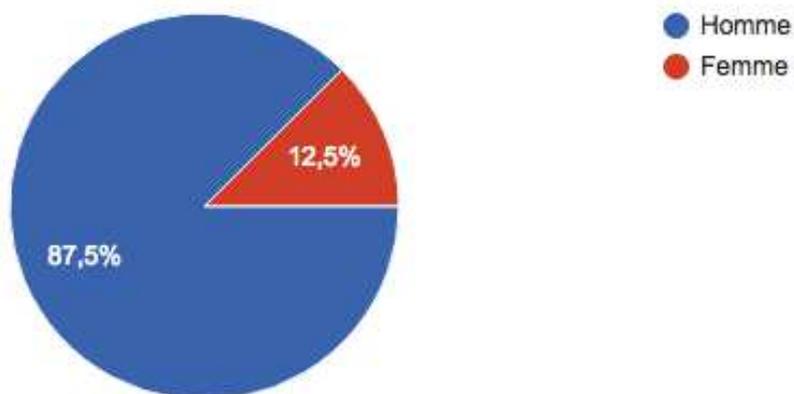


Figure 63 : Répartition par sexe des patients inclus dans l'étude.

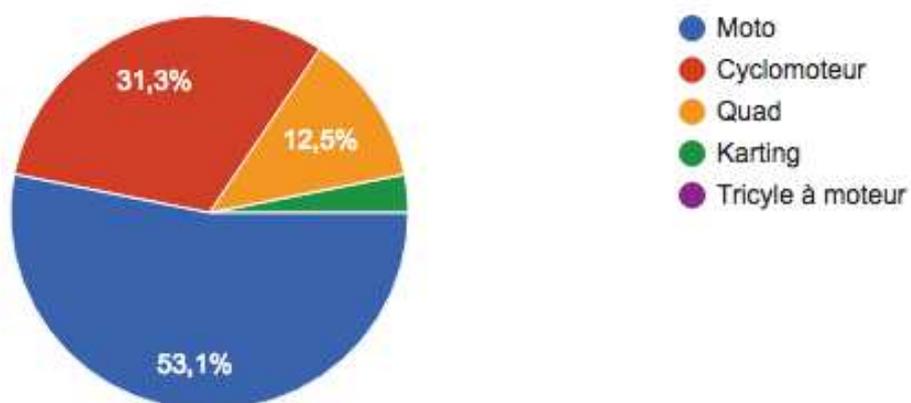


Figure 64 : Répartition des véhicules utilisés.

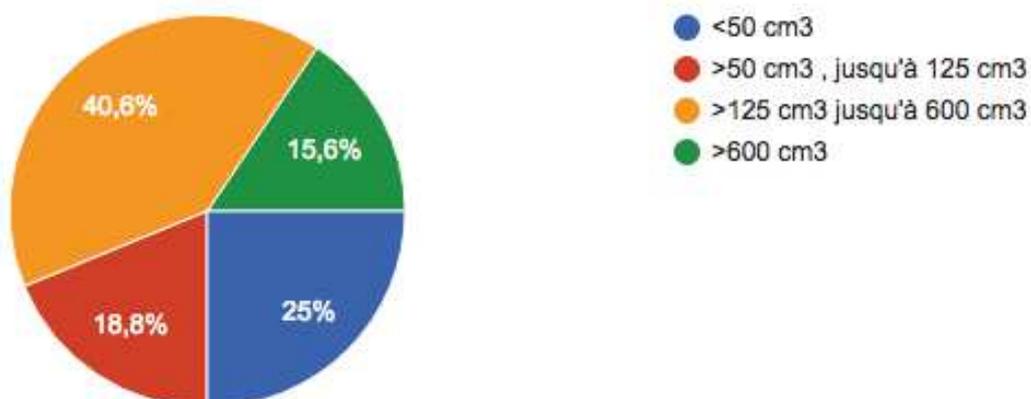


Figure 65 : Répartition des cylindrées des véhicules utilisés.

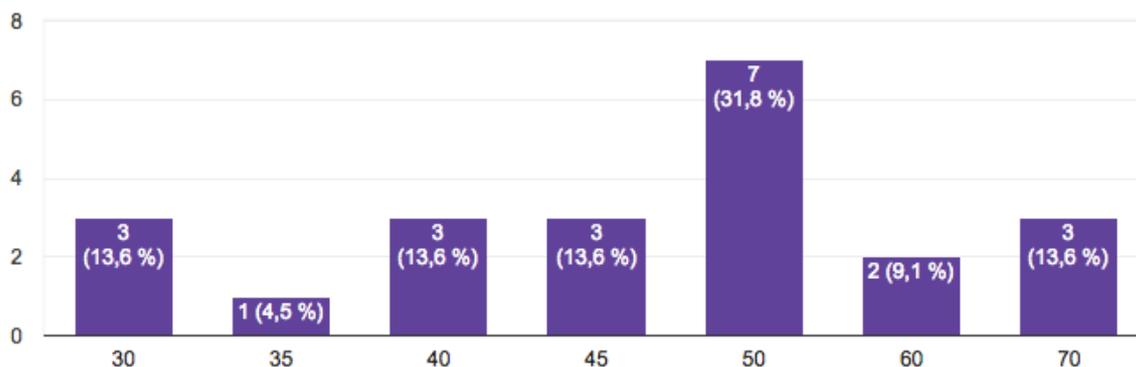


Figure 66 : Répartition des vitesses approximatives enregistrées au moment de l'impact.

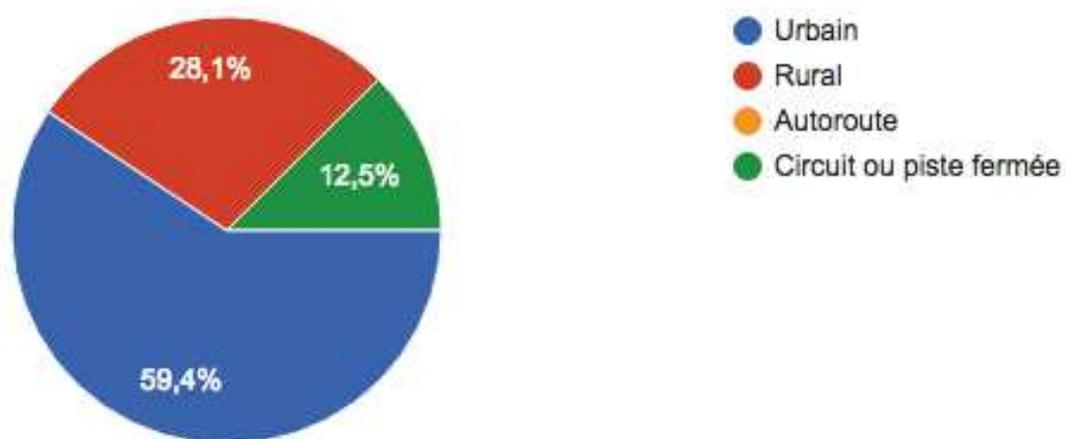


Figure 67 : Répartition des lieux d'accident.

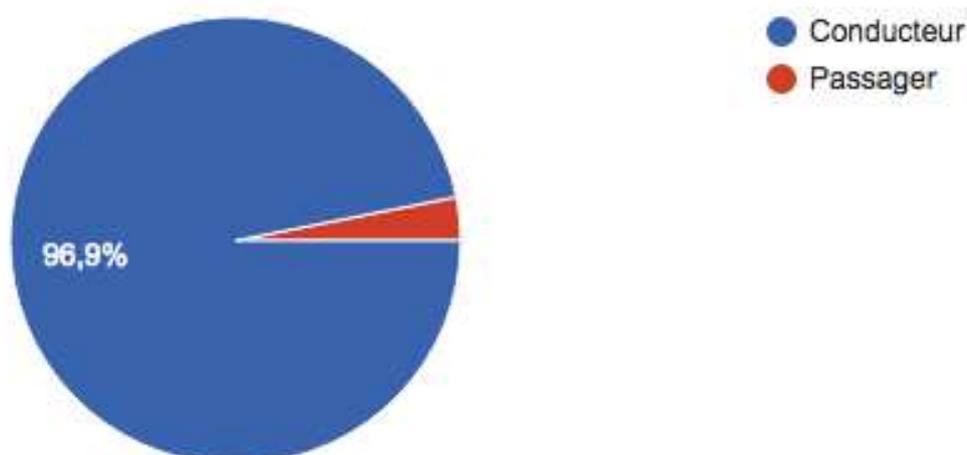


Figure 68 : Répartition des positions des victimes sur le véhicule.

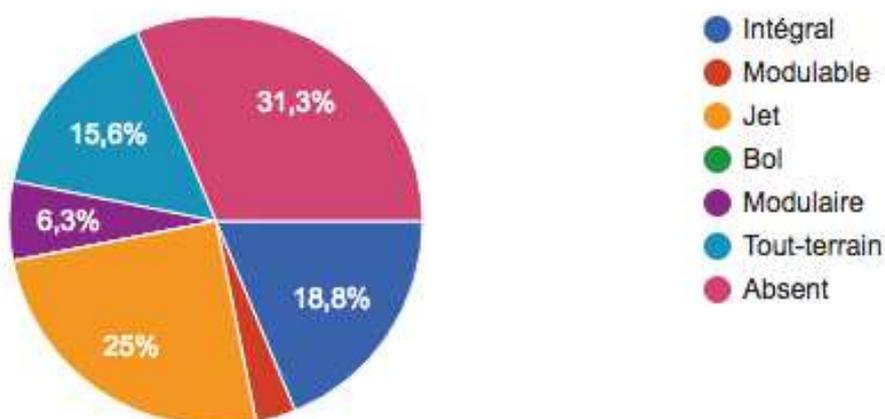


Figure 69 : Répartition des casques utilisés par les victimes.

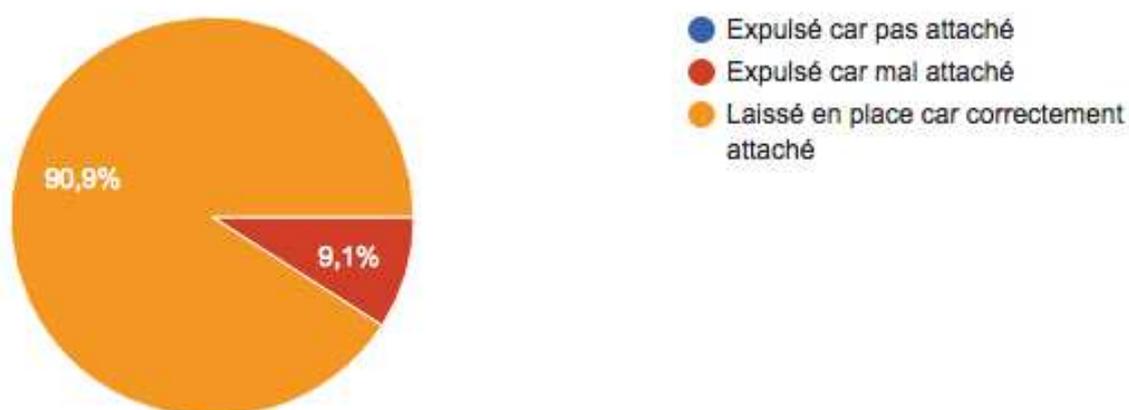


Figure 70 : Répartition des positions du casque au moment de l'impact.

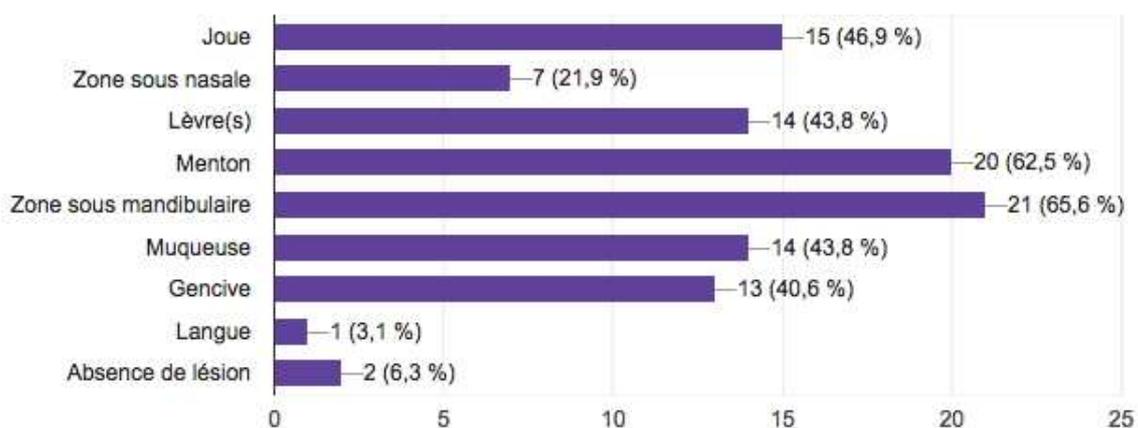


Figure 71 : Répartition des tissus mous concernés par les lésions.

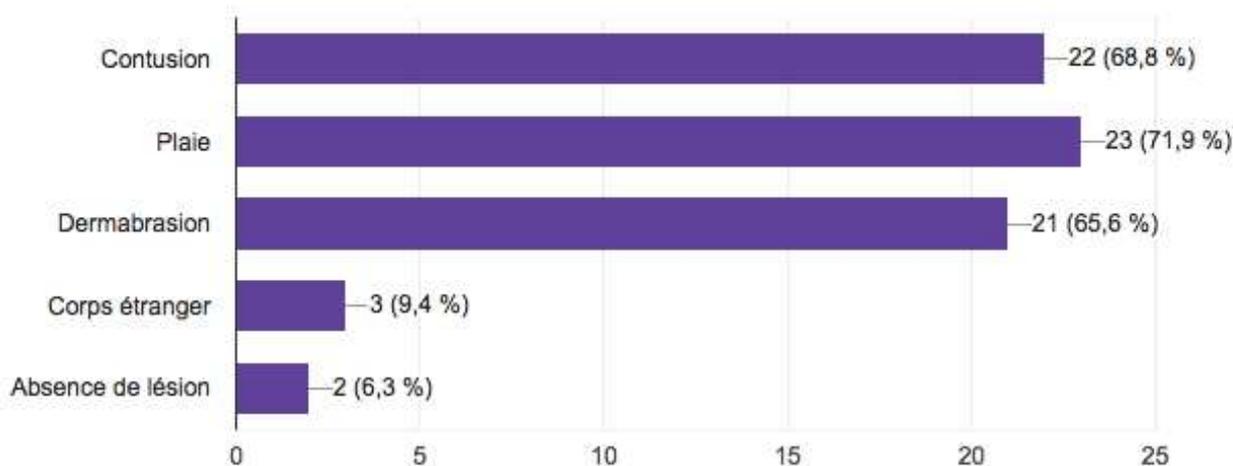


Figure 72 : Répartition des types de lésions des tissus mous.

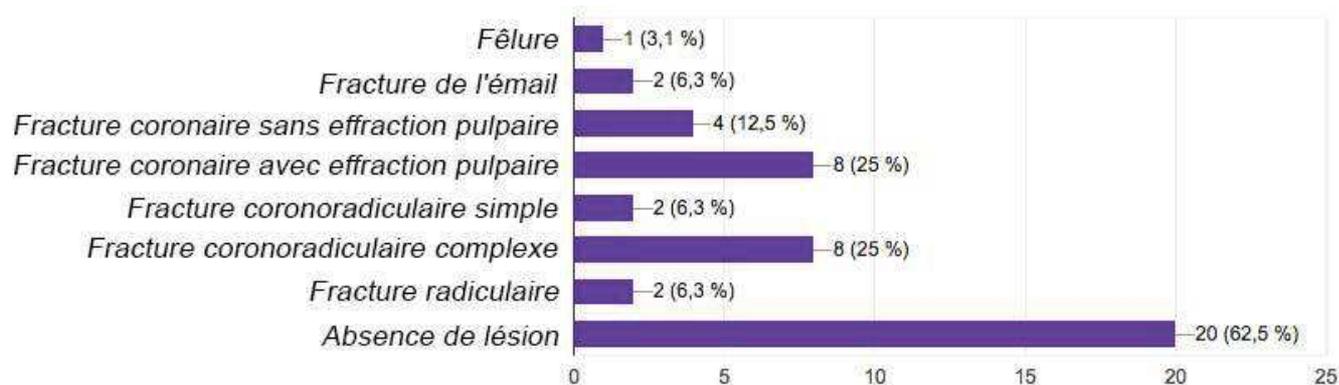


Figure 73 : Répartition des types de lésions dento-pulpaire

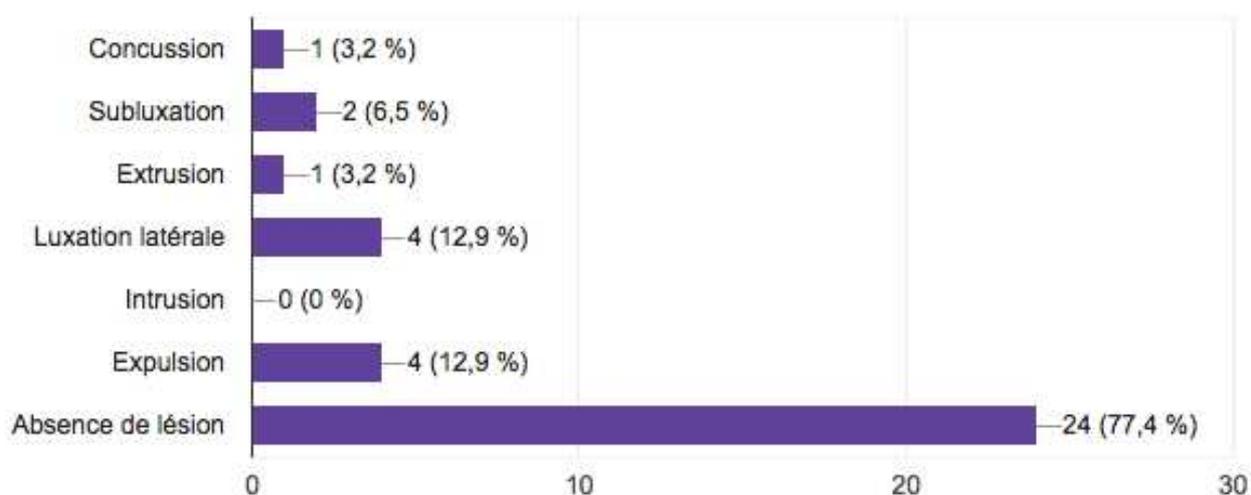


Figure 74 : Répartition des types de lésions parodonto-osseuses.

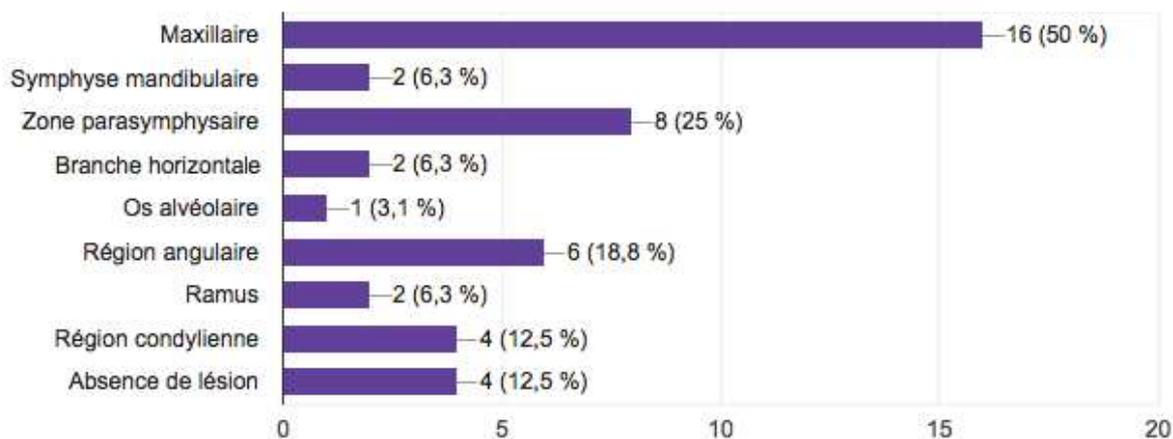


Figure 75 : Répartition des tissus osseux touchés par les lésions.

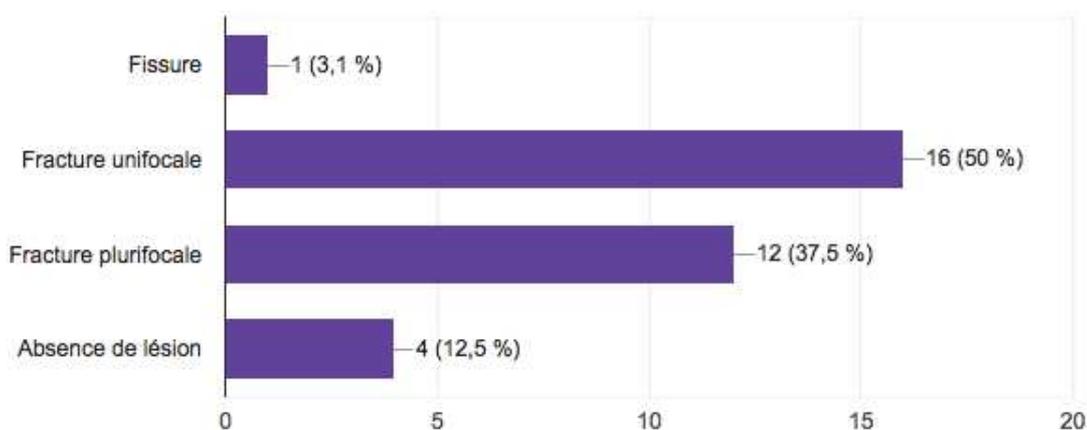


Figure 76 : Répartition des types de lésions osseuses.

Afin de mieux comprendre ces résultats, un croisement a été réalisé sur logiciel Microsoft Excel.

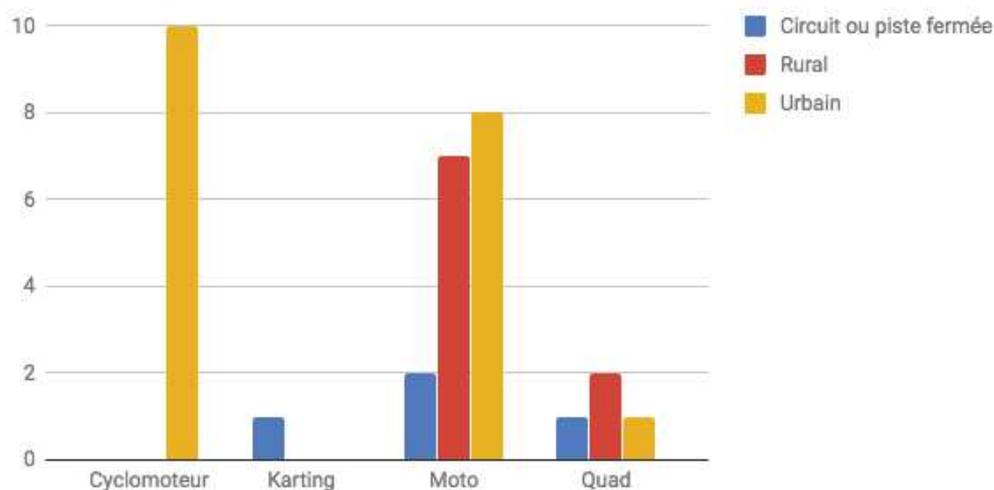


Figure 77 : Répartition des lieux d'accident en fonction des véhicules utilisés.

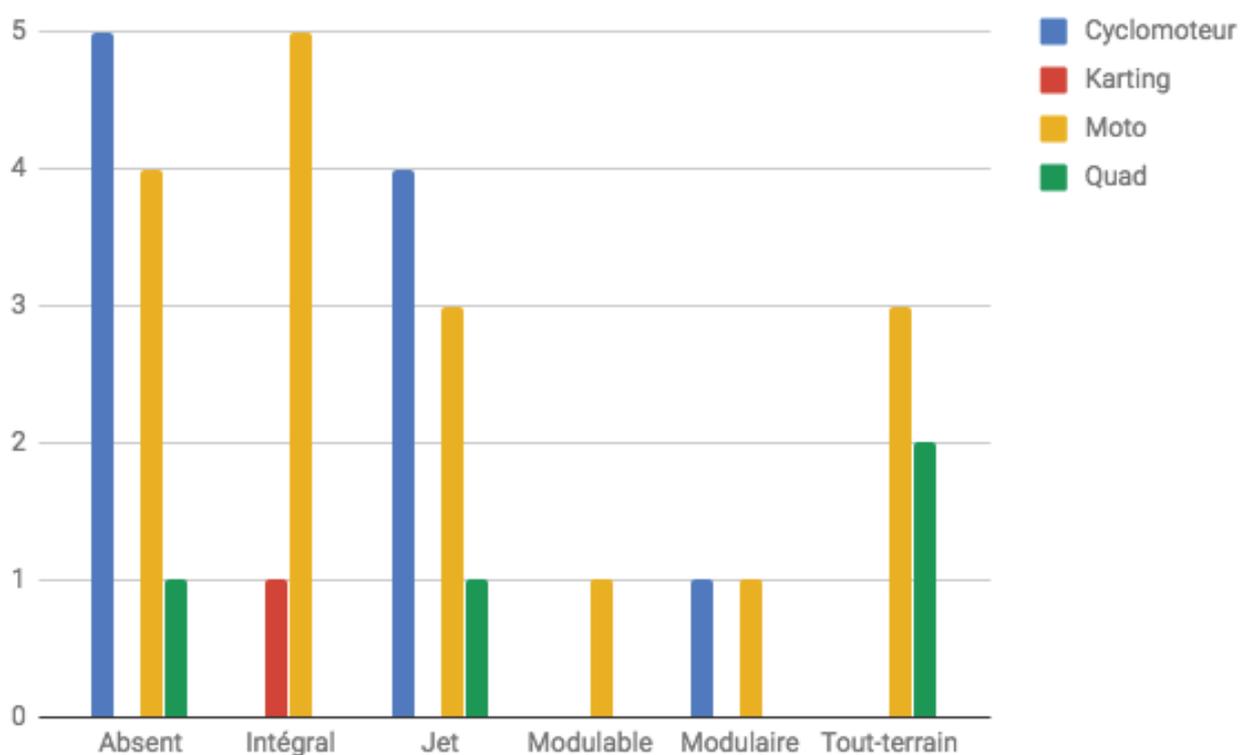


Figure 78 : Répartition des véhicules utilisés en fonction des casques portés par les usagers.

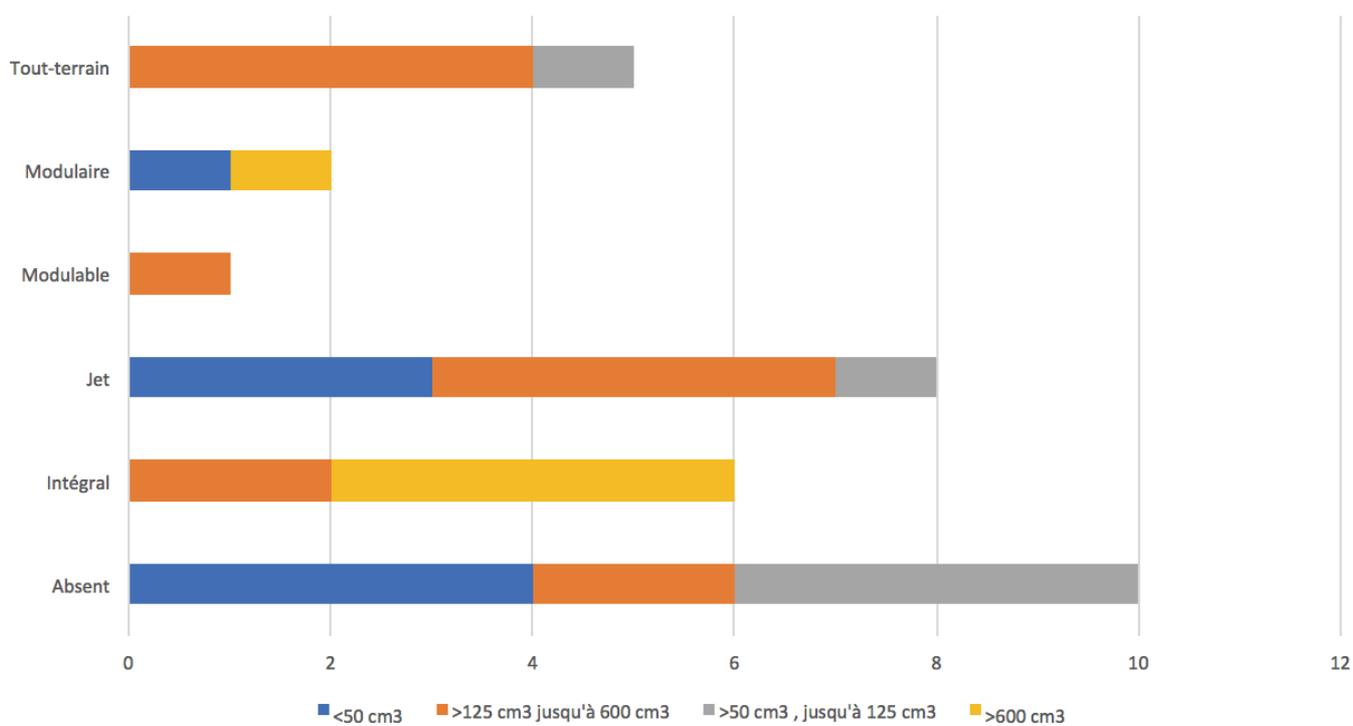


Figure 79 : Répartition des casques utilisés en fonction des cylindrées.

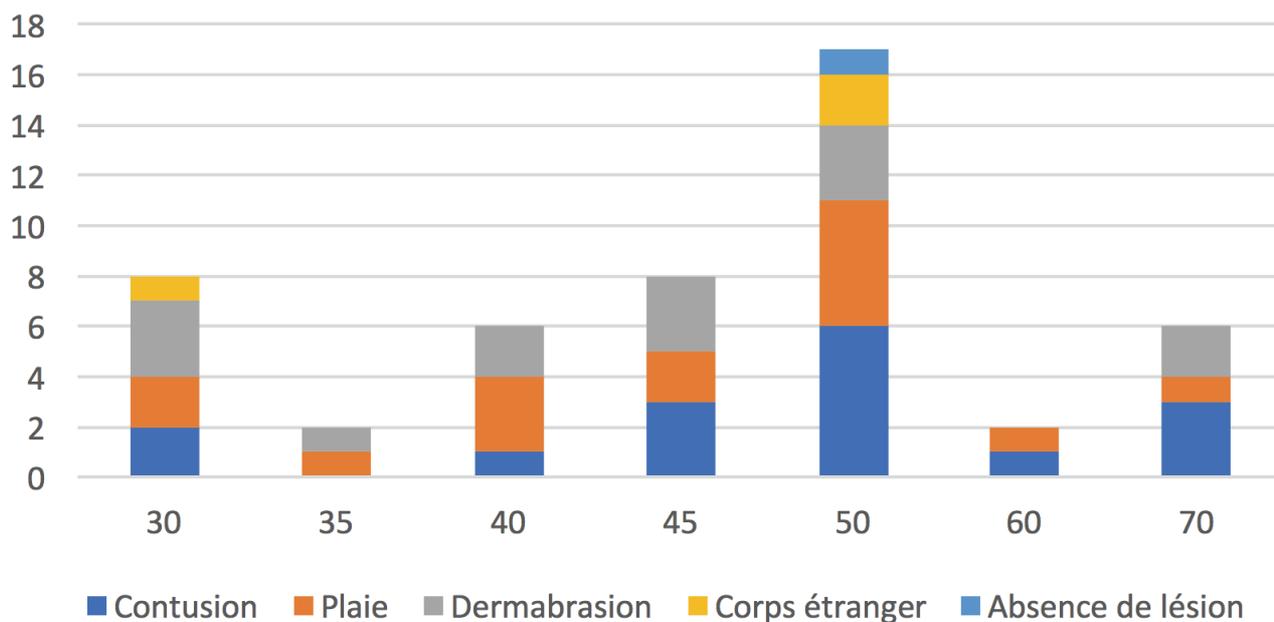


Figure 80 : Répartition des types de lésions des tissus mous subies en fonction de la vitesse au moment de l'impact.

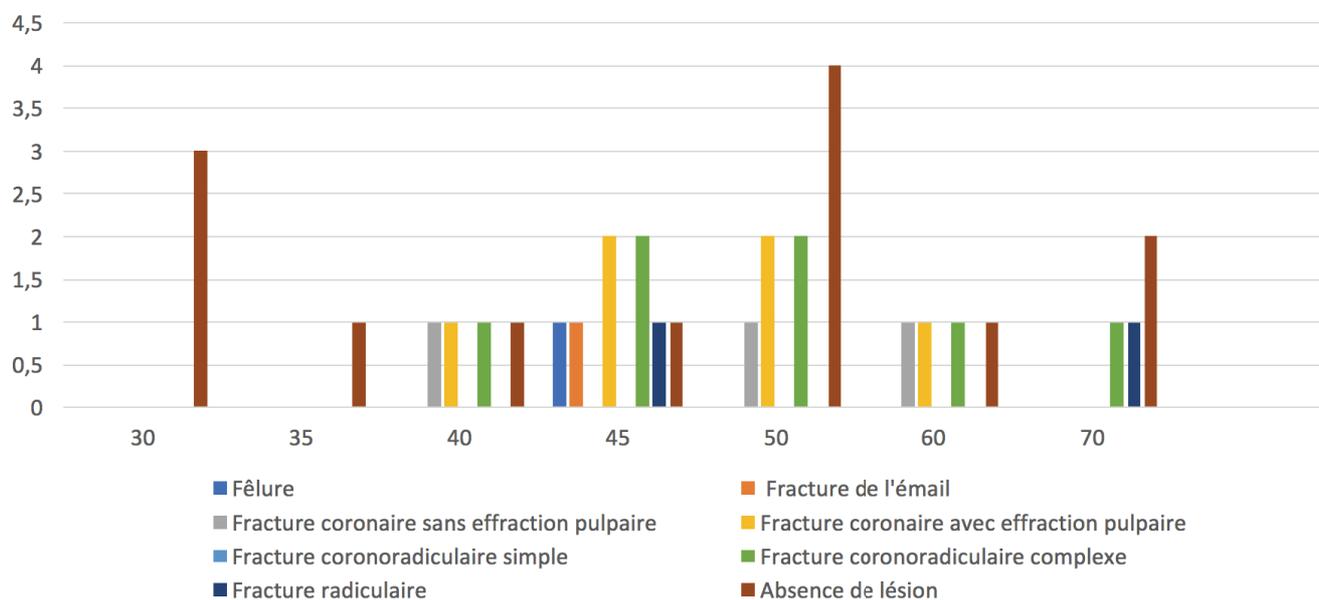


Figure 81 : Répartition des types de lésions dento-pulpaire subies en fonction de la vitesse au moment de l'impact.

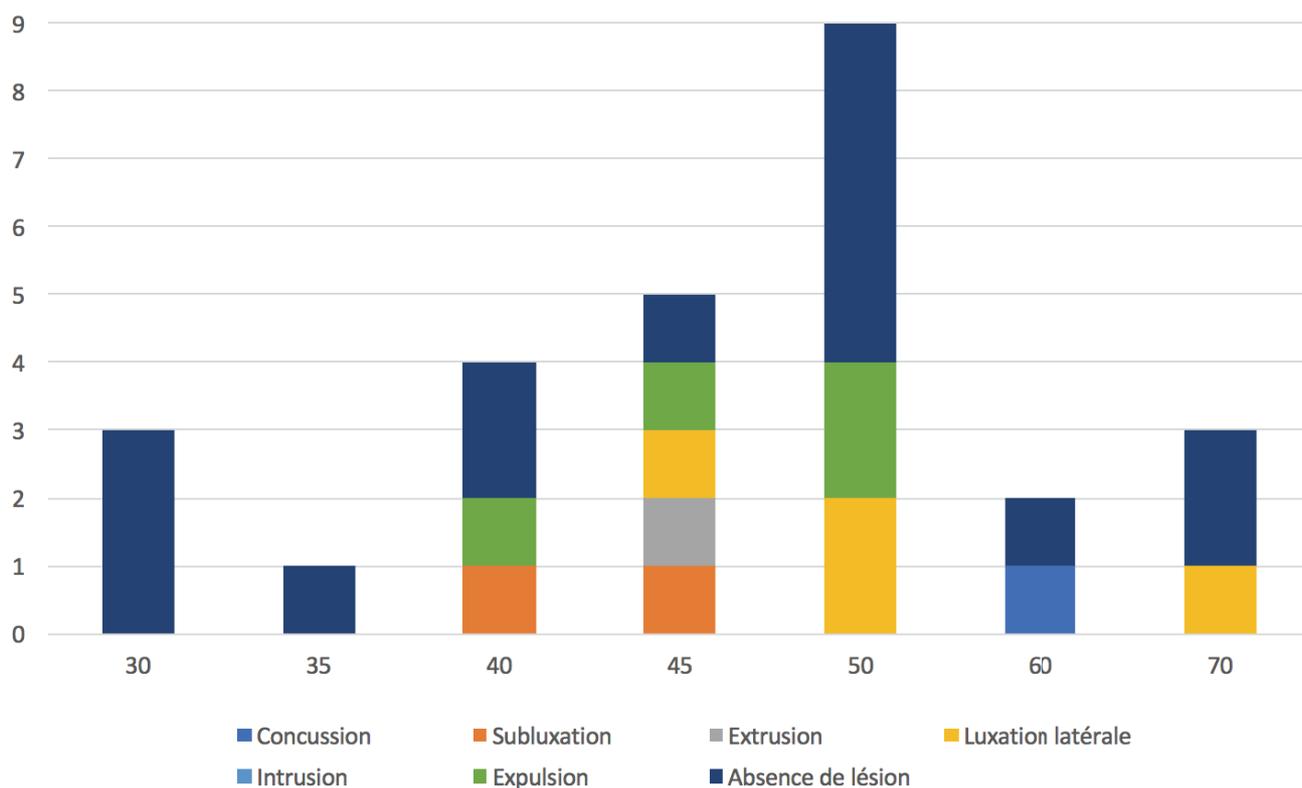


Figure 82 : Répartition des types de lésions parodonto-osseuses subies en fonction de la vitesse au moment de l'impact.

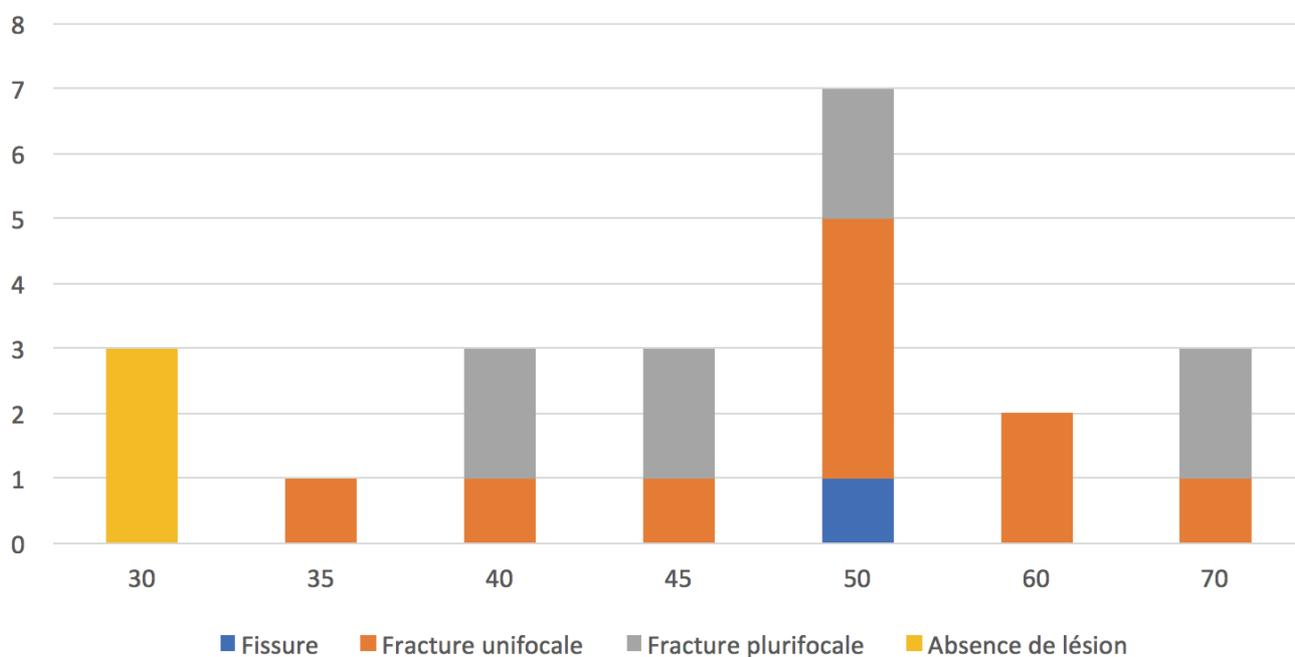


Figure 83 : Répartition des types de lésions osseuses subies en fonction de la vitesse au moment de l'impact.

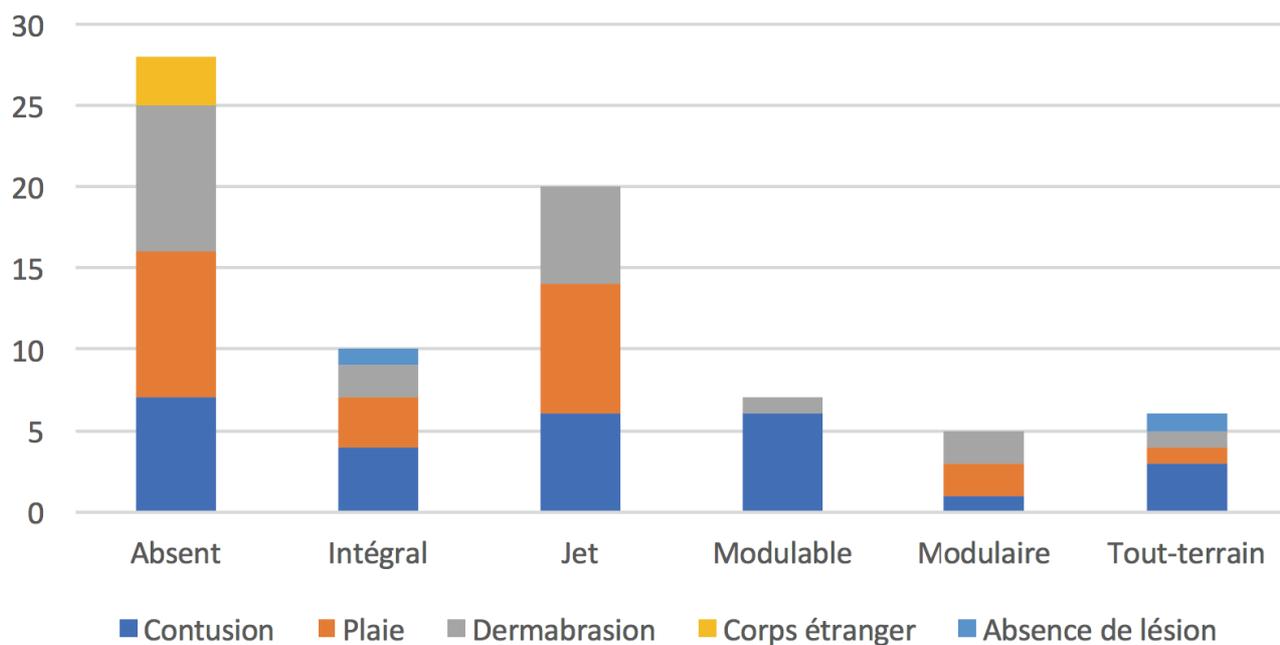


Figure 84 : Répartition des types de lésions des tissus mous subies en fonction des différents casques.

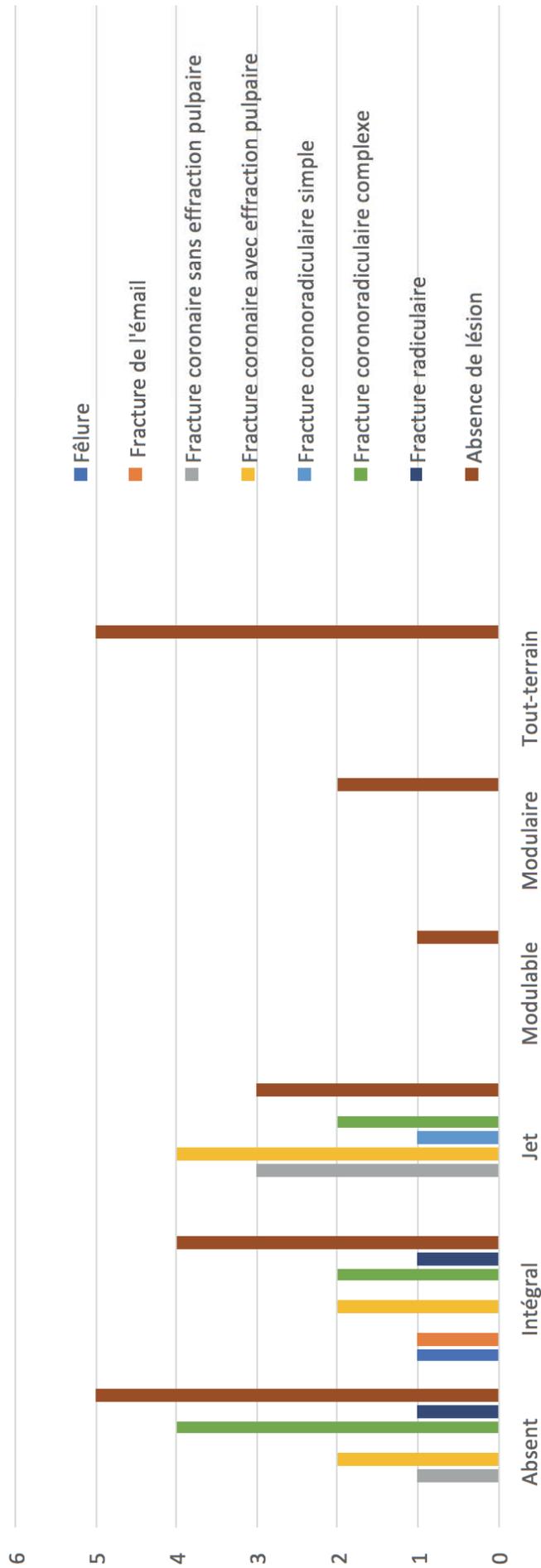


Figure 85 : Répartition des types de lésions dento-pulpaire subies en fonction des différents casques.

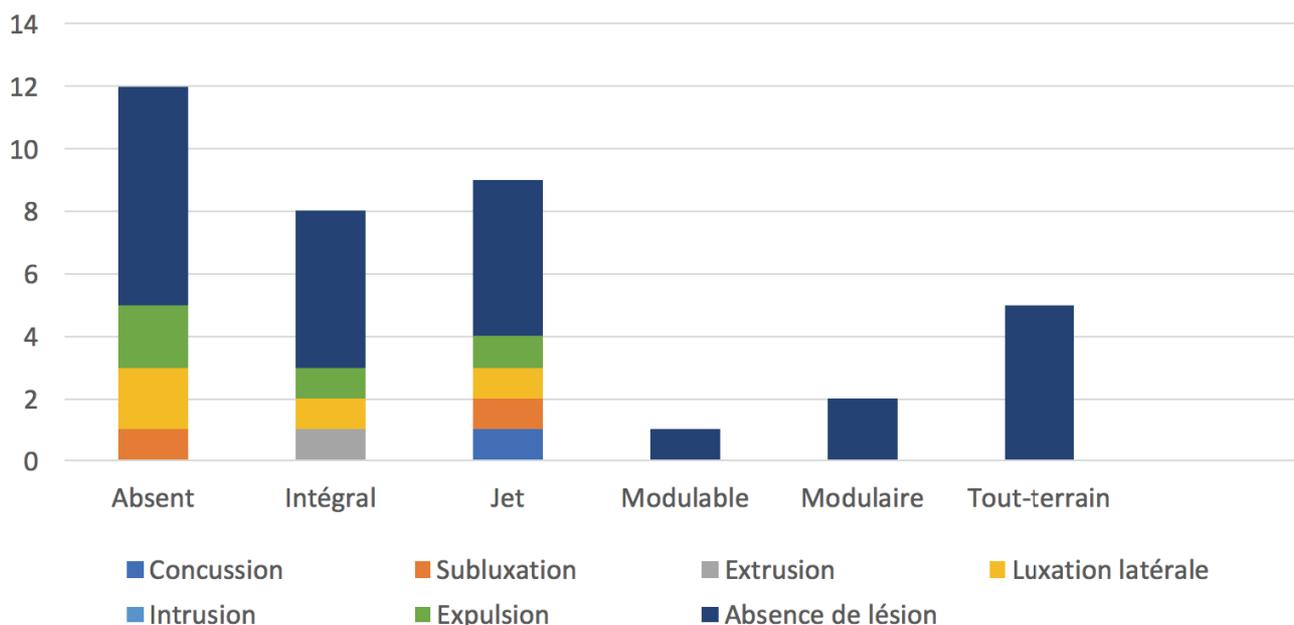


Figure 86 : Répartition des types de lésions parodonto-osseuses subies en fonction des différents casques.

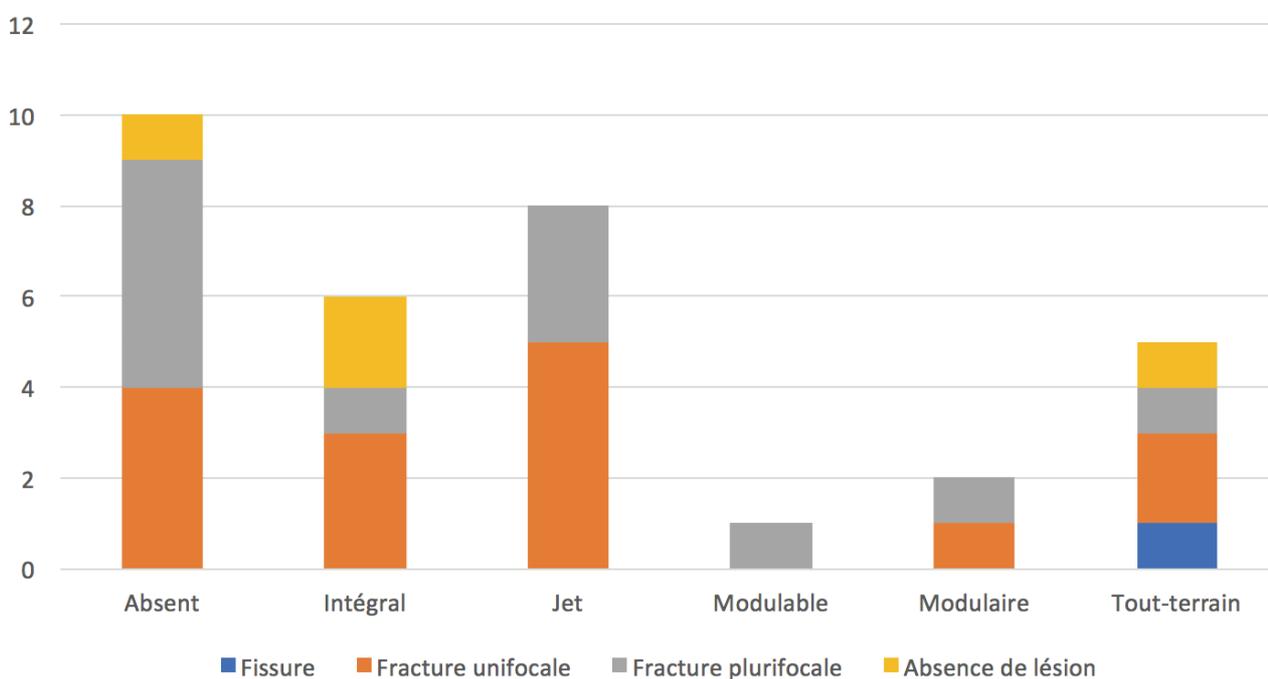


Figure 87 : Répartition des types de lésion osseuses subies en fonction des différents casques.

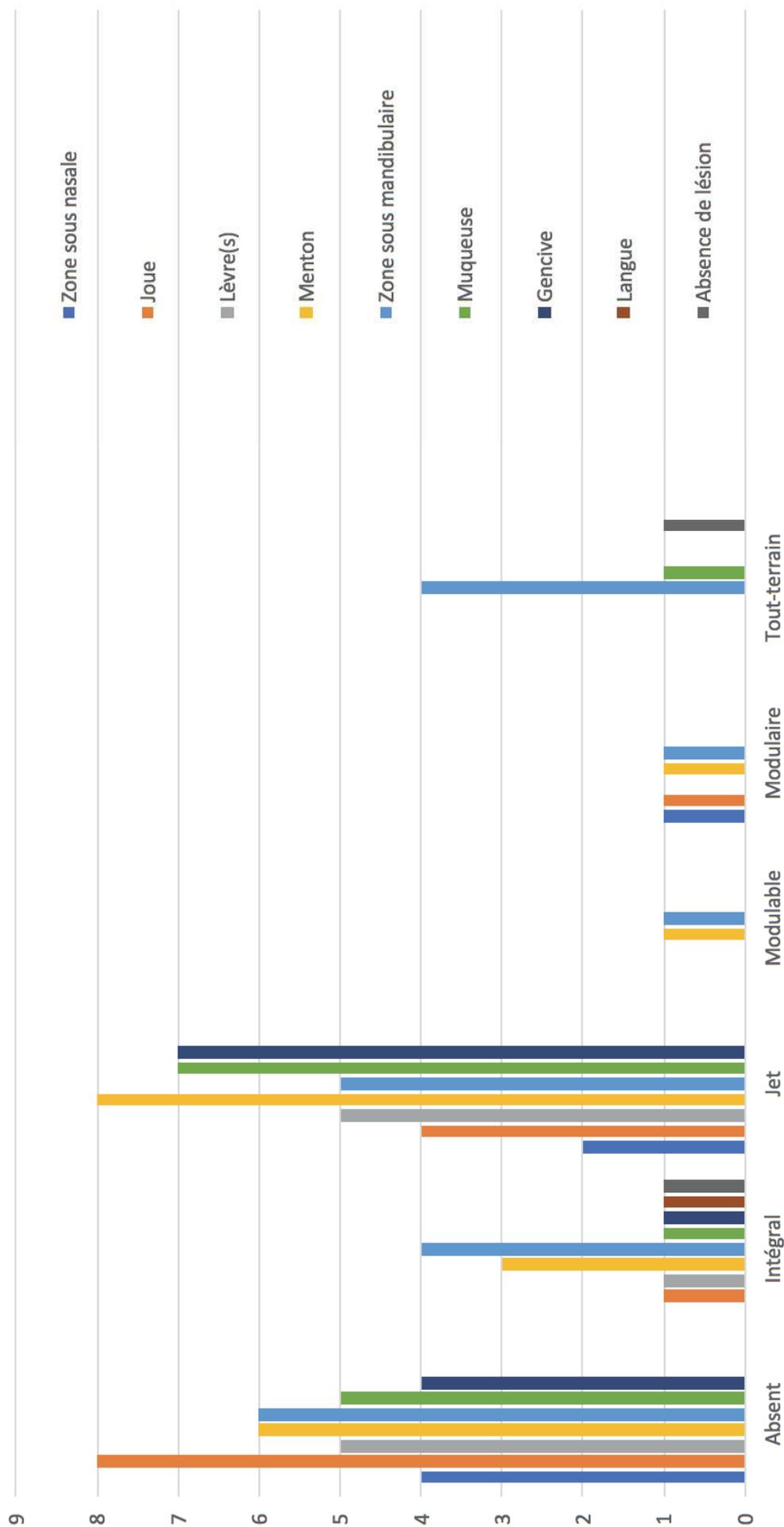


Figure 88 : Répartition des tissus mous concernés par les lésions en fonction des différents casques.

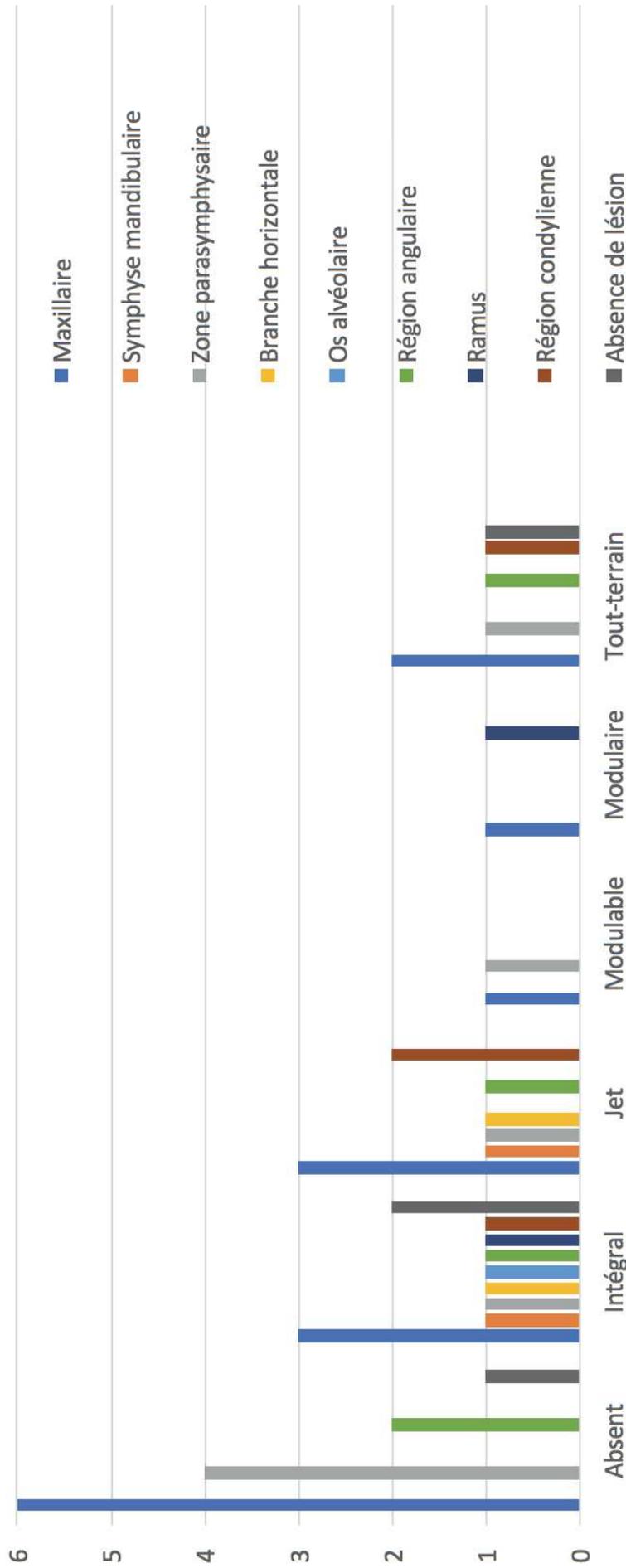


Figure 89 : Répartition des tissus osseux concernés par les lésions en fonction des différents casques.

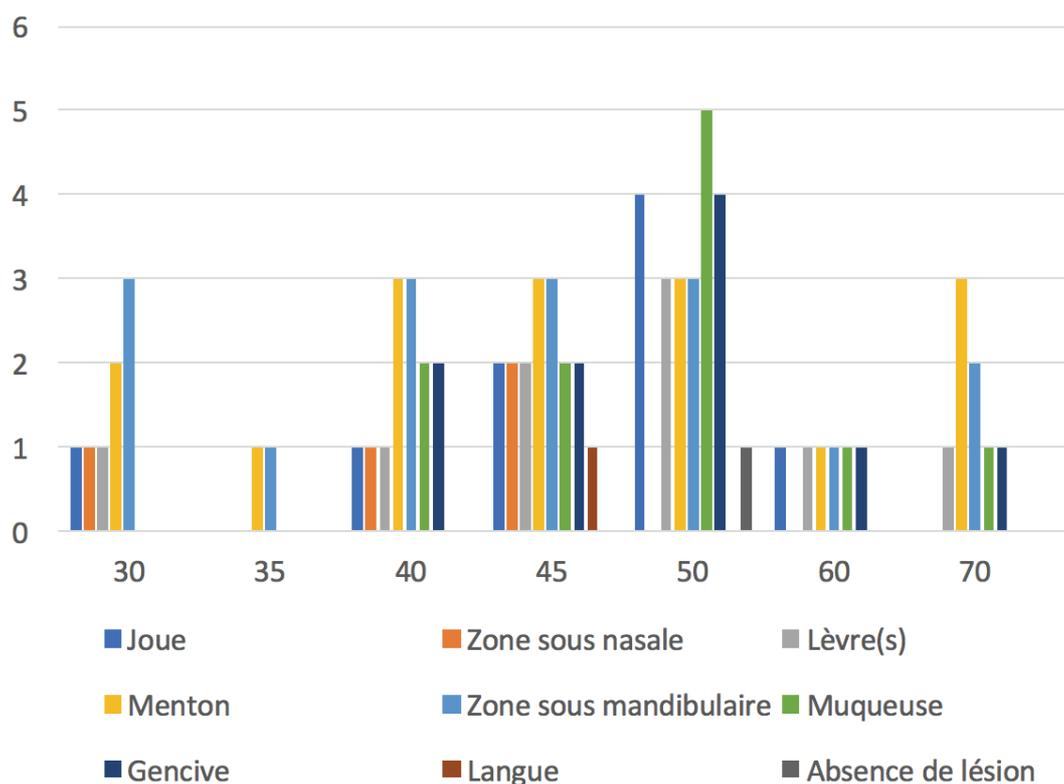


Figure 90 : Répartition des tissus mous concernés par les lésions en fonction de la vitesse.

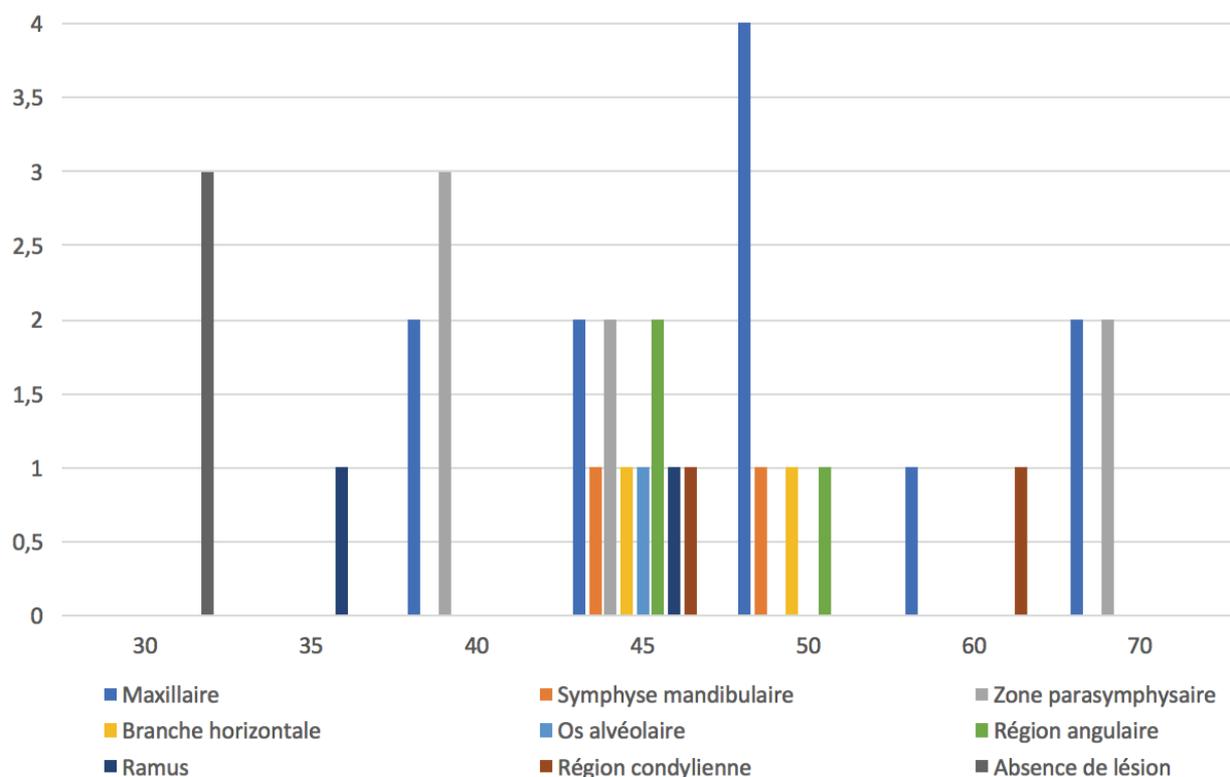


Figure 91 : Répartition des tissus osseux concernés par les lésions en fonction de la vitesse.

À propos des types de dents touchées, aucun graphique exploitable n'a pu être présenté. En raison, premièrement, du faible nombre de lésions dentaires recensées et deuxièmement de la grande variabilité des dents touchées.

2.4. Discussion

○ **Population étudiée :**

Les patients ayant été inclus dans l'étude se situent dans la tranche d'âge entre 11 et 55 ans. Un nombre plus important de victimes concerne les adolescents et jeunes adultes. L'âge moyen est de 28 ans (figure 62) et confirme la tendance actuelle (Lam, 2016).

Les hommes représentent très nettement la majeure partie des patients avec un taux de 87,5%. Seulement 12,5% des victimes sont des femmes (figure 63). Ces résultats appuient ceux trouvés par Ugolini et al. (2018).

La quasi-totalité des victimes se trouvait comme conducteur des véhicules utilisés (96,9%) et seulement 3,1% étaient passagers (figure 68).

Aucun des accidents recensés ne s'est produit sur le réseau autoroutier. 12,5% ont eu lieu sur piste fermée ou circuit, 28,1% en milieu rural et une très nette majorité (59,4%) en milieu urbain (figure 67).

Plusieurs critères entrent en considération quant à la représentativité de cette étude :

- Tout d'abord, le CHRU de Besançon possède certes un rayonnement sur l'ensemble de la région mais touche de ce fait une population relativement peu dense par rapport au CHU de Strasbourg plus au nord ou au CHU de Lyon en direction du sud.
- De plus, la recherche réalisée exclut d'emblée les victimes décédées des suites de leurs blessures, mais aussi les patients indemnes que l'on pourrait éventuellement juger comme étant en parfaites conditions de protection.
- Par ailleurs, la période étudiée (du 1^{er} janvier 2010 au 31 mai 2018) couvre une transition importante dans le renseignement des dossiers médicaux.

Avec l'utilisation de manière plus systématique des outils informatiques, les dossiers papiers se sont peu à peu allégés. Cette transition a malheureusement fait apparaître certaines erreurs dans l'annotation des dossiers dont certains semblent incomplets.

Dans de rares cas (environ 10%), une alcoolémie aigüe est annotée dans le dossier du patient au moment des faits. Axe de travail majeur de la sécurité routière, elle ne paraît ici pas être un facteur majeur d'aggravation du tableau lésionnel même si sa prise en compte et son impact ne sont évidemment pas à remettre en question.

- **Véhicules, cylindrées et vitesses:**

Plus des trois quarts des accidents recensés concernent des deux-roues motorisés. On observe une majorité de conducteurs de moto (53,1%) et un peu moins d'un tiers des patients étaient au guidon d'un cyclomoteur au moment de l'accident (31,3%).

Les quads représentent 12,5% des véhicules impliqués et les kartings seulement 3,1%. Aucun tricycle à moteur n'a été impliqué dans ce type d'accident sur la période étudiée (figure 64).

Les grosses cylindrées sont représentées à hauteur de 56,2% répartis de la façon suivante : 40,6% sont supérieures à 125cm³ jusqu'à 600cm³ et 15,6% sont supérieures à 600cm³. 18,8% des véhicules sont de cylindrée comprise entre 51cm³ et 125cm³. Le dernier quart regroupe les véhicules de cylindrée inférieure ou égale à 50cm³ (figure 65).

Dans 68,7% des cas, la vitesse au moment de l'accident était approximativement connue. Les vitesses enregistrées s'étendent de 30 à 70km/h avec une concentration importante des accidents survenus à 50km/h (31,8%). Lorsque la vitesse était connue, les accidents sont survenus dans 13,6% des cas à 30km/h, 4,5% à 35km/h, 13,6% à 40km/h, 13,6% à 45km/h, 31,8% à 50km/h, 9,1% à 60km/h et 13,6% à 70km/h (figure 66). En dessous, la vitesse peut être considérée comme trop basse pour engendrer un traumatisme. Au-dessus, le pronostic vital est davantage mis en jeu.

Pour l'ensemble des patients recensés, l'augmentation de la vitesse semble logiquement accroître le tableau lésionnel de ces derniers.

- **Casques :**

Parmi l'ensemble des patients étudiés, il est inquiétant de constater qu'un peu moins d'un tiers ne portait aucun casque au moment de l'accident et cette proportion représente le sous-groupe le plus important des différentes options avec 31,3%. Vient ensuite le casque jet représenté à 25%, l'intégral à 18,8%, le tout-terrain à 15,6%, le modulaire et le modulable respectivement à 6,3% et 3,1%. Aucun des patients n'était porteur de casque bol (figure 69). Le casque jet, qui recueille le plus grand nombre d'utilisateurs avec 25% des patients, représente 36,7% des patients casqués. L'étude révèle donc que 51,3% des patients ne présentaient aucune protection mandibulaire durant l'impact. Toutefois, les chiffres d'observance du port du casque décrit en première partie dans le rapport MAIDS (2009) et Amans et al. (2005) (entre 90,4% et 95%) pourrait également expliquer le nombre peu significatif de patients inclus malgré une étude sur une période de 90 mois.

Le bon fonctionnement du système d'attache du casque ainsi que son utilisation correcte permettent de minimiser les lésions encourues. Une immense majorité des situations permet de constater que le casque est resté sur la tête de la victime car étant considéré comme correctement attaché (90,9%). Dans 9,1% le casque a été expulsé car mal attaché. Aucune situation n'a révélé une expulsion de casque par défaut total d'attache (figure 70).

Le casque intégral, de par sa couverture maximale du massif cranio-facial, offre la meilleure protection mais n'immunise pas les usagers des lésions au niveau sous-mandibulaire et mentonnier. Moins fréquemment observés durant l'étude, les usagers coiffés de casque tout terrain semblent avoir été protégés de manière sensiblement similaire qu'avec un casque intégral. Les résultats obtenus avec un casque modulaire ou modulable semblent s'apparenter à ceux d'un casque jet et sont considérés comme tel. Pour toutes les structures anatomiques étudiées, les casques n'offrant pas de protection de l'étage inférieur de la face tendent à engendrer un tableau lésionnel similaire à une absence totale de protection.

Les situations où les casques ont été mal ou pas attachés sont dans cette étude rares voire inexistantes. Comparable au tableau lésionnel des patients non casqués, les chances de survie de ces patients sont alors limitées. Il semblerait que certains patients souhaitent avant tout respecter les lois en vigueur par le port du casque, plutôt que par volonté de se protéger. C'est dans ce type de situation que le choix du casque se fait davantage par critère esthétique, financier ou pratique que pour des raisons de sécurité.

- **Lésions :**

Parmi les tissus mous les plus touchés, le menton et la zone sous-mandibulaires ont concerné respectivement 62,5% et 65,6% des patients. Les joues (46,9%), les lèvres (43,8%), les muqueuses buccales (43,8%) et les gencives (40,6%) sont quant à elle moyennement touchées. Pour finir, la zone sous-nasale (21,9%) et la langue (3,1%) sont les tissus les moins touchés. On observe dans 6,3% des cas étudiés une absence totale de lésion des tissus mous (figure 71).

De manière assez homogène les contusions, plaies et dermabrasions ont été observées respectivement à hauteur de 68,8%, 71,9% et 65,6% des cas. Dans seulement 9,4% des cas la présence d'un corps étranger a été détectée (figure 72).

Pour ce qui est des tissus dentaires, on constate une sensible tendance à l'absence de lésion (62,5%). Lorsque des traumatismes dentaires ont été décelés, les fractures coronaires avec effraction pulpaire (25%) et les fractures coronoradiculaires complexes (25%) ont été les plus fréquemment rencontrées. Les fractures coronaires sans effraction pulpaire ont été vues chez 12,5% des patients. Pour finir, les traumatismes les moins observés ont été les fractures de l'émail (6,3%), les fractures coronoradiculaires simples (6,3%), les fractures radiculaires (6,3%) et les fêlures (3,1%) (figure 73).

De même que les lésions dentaires, les lésions parodonto-osseuses sont dans la grande majorité des cas absentes du tableau lésionnel des patients de l'étude avec 77,4% des cas. Les plus fréquemment rencontrées sont les luxations latérales (12,9%) et les expulsions (12,9%). Viennent ensuite les subluxations (6,5%), les extrusions (3,2%) et les concussions (3,2%). Aucune intrusion n'a été observée (figure 74).

Les lésions osseuses concentrent une grande partie des lésions constatées chez les patients inclus dans cette étude. En effet, seulement 12,5% des cas ne présentaient aucune lésion osseuse. En revanche, la moitié des patients a été victime d'une fracture maxillaire. Un quart a subi une lésion des zones parasymphysaires. On observe d'une manière plus mesurée des lésions à 18,8% de la région angulaire, à 6,3% de la symphyse mandibulaire, du ramus ou encore du corps de la mandibule et à 3,1% de l'os alvéolaire sans atteinte dentaire (figure 75).

Plus des trois quarts des patients (87,5%) inclus dans l'étude ont été victimes d'une fracture des tissus osseux de l'étage inférieur de la face. Logiquement, seuls 12,5% en sont sortis indemnes de lésions osseuses. Une fissure osseuse a été observée dans seulement 3,1% des cas (figure 76).

Chaque situation d'accident amène à de très vastes lésions possibles. Le facteur environnemental et les circonstances d'accidents influent très nettement sur le tableau lésionnel. L'orientation du vecteur force au moment de l'impact, la présence d'un obstacle, la surface d'impact, etc. sont autant de critères à prendre en considération et qui offrent une large variabilité des lésions encourues.

- **Croisement des données :**

Le choix d'établir un questionnaire à choix multiple a permis de recueillir le tableau lésionnel le plus détaillé possible pour chaque patient mais dont la lisibilité est relativement compliquée. En effet, l'étude brute des résultats ne permet pas d'observer un lien direct de causalité entre protection et lésions, et un croisement des résultats est nécessaire.

On observe que la totalité des cyclomotoristes ont été victimes d'accident en milieu urbain. Le pilote de karting a quant à lui subi son traumatisme sur circuit ou piste fermée. Quad et moto sont représentés dans chacun des trois milieux de manière assez homogène pour le premier et avec une concentration plus importante en milieux rural et urbain pour le second (figure 77).

Les cyclomotoristes sont les usagers les plus exposés, comme l'indiquait également le rapport MAIDS (2009). Aucun d'entre eux ne portait de casque avec protection mentonnière valable au moment de l'accident et la moitié n'en portait tout simplement pas.

Le Pilote de kart se trouvant sur circuit était à fortiori porteur d'un casque intégral. Les motocyclistes sont représentés dans chacune des catégories, avec une concentration plus importante pour les porteurs de casque intégral. L'absence totale de casque vient en seconde position chez ces patients. Les pilotes de quad préfèrent les casques tout-terrain même si deux d'entre eux n'en portaient pas ou portaient un casque jet au moment de l'impact (figure 78).

Pour appuyer les résultats décrits précédemment, on constate que les utilisateurs de petites cylindrées (< à 50cm³) étaient plus sujets à négliger leur protection par le port, ou non, de casques modulaires ou jet. Par opposition, la majorité des conducteurs de grosses cylindrées (>600cm³) utilisaient un casque intégral (figure 79). Ces données corroborent les résultats trouvés par Amans et al. (2005).

Un évident travail de prévention est nécessaire, particulièrement chez les usagers de petites cylindrées, en grande majorité constitué des sujets jeunes et peu sensibilisés aux enjeux de ces protections (Laumon et al. 2017).

Concernant les types de lésions des tissus mous – à l'exception des valeurs extrêmes – on observe une tendance logique à l'augmentation du nombre de lésions en fonction de la vitesse (figure 80).

C'est à partir d'une vitesse de 40km/h que le nombre et la variabilité des lésions dento-pulpaire augmentent. Les patients victimes d'accident inférieur à cette vitesse ont été indemnes de ce type de lésion (figure 81).

Il en est de même pour les lésions parodonto-osseuses avec un pic de concentration en termes de nombre et de variabilité pour les vitesses de 45km/h et 50km/h (figure 82).

Les lésions osseuses ont été observées à partir de 35 km/h avec une fracture unifocale. Leur nombre reste stable avec l'augmentation de la vitesse à l'exception des lésions subies à 50km/h où la concentration et la variabilité sont maximales (figure 83).

Concernant les lésions des tissus mous, on observe une relative stabilité des lésions subies chez les porteurs de casque intégral, modulable, modulaire et tout-terrain. En revanche, une concentration plus importante de ces lésions, notamment de plaies et de dermabrasion, touche les victimes coiffées d'un casque jet ou dépourvues de casque (figure 84).

La totalité des traumatismes dentaires est observée chez les victimes dépourvues de casque et chez les porteurs de casque intégral ou jet. Aucune lésion dentaire n'a été décelée chez les victimes coiffées de casque modulable, modulaire ou tout-terrain. Les lésions dentaires observées chez les porteurs de casques intégraux ne résultent bien

souvent pas de choc direct, mais bien indirect par des forces de compressions appliquées sur des dents déjà en occlusion.

Les concentrations de fracture coronaire avec effraction pulpaire et de fracture coronoradiculaire complexe atteignent respectivement leur maximum avec un casque jet et sans casque (figure 85).

Au même titre que précédemment, les lésions parodonto-osseuses ont été observées uniquement chez les victimes pourvues de casque jet et intégral, mais aussi chez celles exemptes de casque. Aucune intrusion dentaire n'a été décelée. Le nombre de lésions atteint son maximum en cas d'absence de casque et son minimum, lorsqu'elles sont présentes, pour les porteurs de casque intégral (figure 86).

Les patients dépourvus de casque ou porteurs de casque jet sont les plus touchés par les lésions osseuses (figure 87). De plus, en cas de vitesse élevée, les forces appliquées durant un choc induisent fréquemment des fractures au niveau des maxillaires, par mouvement indirect de compression.

Certaines situations ont cependant tendance à perturber l'objectivité des résultats et l'impact réel des différents casques sur le tableau lésionnel. Les patients dont les casques ont été expulsés ont eu davantage de traumatismes à faible vitesse que ceux correctement casqués.

Dans chacune des configurations (figure 88), la zone sous mandibulaire, exposée dans tous les cas, a été touchée. Dans le cas d'une protection par casque intégral, le menton et la zone sous-mandibulaire sont les plus touchés par rapport aux autres tissus mous. Les porteurs de casque jet et les patients non casqués sont les victimes ayant été les plus concernées par des lésions des tissus mous que ce soit par le nombre ou la diversité des traumatismes. Les joues sont les plus fréquemment atteintes en l'absence de protection. Les patients coiffés d'un casque jet ont été touchés en premier lieu au menton.

A noter que ces derniers recensent le plus grand nombre de lésions intra-buccales : muqueuses et gingivales.

Les lésions maxillaires sont représentées (figure 89) dans l'ensemble des cas de figure possibles. On observe toutefois une concentration plus importante de ces lésions chez les

patients non casqués. Concernant les lésions mandibulaires, une nouvelle fois l'absence de casque et les porteurs de casque jet se démarquent par des tableaux lésionnels fournis. Les usagers ayant choisi le casque intégral sont plus sujets à subir des lésions maxillaires même si une variabilité importante du type de lésion mandibulaire est observée. Ils représentent également la plus grande proportion d'individus n'ayant subi aucune lésion osseuse.

Le type et le nombre de lésions des tissus mous ont nettement tendance à augmenter avec la vitesse. On observe toutefois des lésions conséquentes pour la vitesse la plus basse (30km/h). La diminution du nombre et de la diversité lésionnelle au-delà de 60km/h semble être expliquée par une diminution du nombre de patients victimes d'un accident de manière inversement proportionnel à la vitesse (figure 90). En effet, pour les accidents de véhicules motorisés non carrossés, plus la vitesse est élevée plus les chances de survie sont faibles.

Les lésions osseuses n'apparaissent qu'à partir de 35km/h avec une atteinte mandibulaire. Les zones parasymphysaires sont les zones les plus touchées à la mandibule notamment pour une vitesse de 40 km/h. C'est à 45km/h et 50km/h que la variabilité des lésions mandibulaires est la plus importante. Le maxillaire quant à lui ne subit de lésion qu'à partir de 40km/h et connaît une concentration de lésions à la vitesse de 50km/h (figure 91).

2.5. Synthèse de l'étude

Pour conclure, bien que l'impact bénéfique du casque soit très nettement connu et reconnu, son observance est malheureusement trop peu respectée. Les outils de prévention routière et la législation actuellement en place tendent à l'améliorer avec un taux de port du casque encourageant. Une faille semble cependant résider dans la variabilité du degré de protection des différents types de casque.

En effet les casques dépourvus de protection mentonnière ont tendance à exposer les patients à des lésions similaires à une absence totale de casque.

Seule une véritable protection mentonnière (casque intégral et tout-terrain) assure une diminution de la gravité du tableau lésionnel dans des conditions d'attache optimales.

Cependant le faible nombre de patients inclus dans l'étude permet difficilement de tirer de véritables conclusions. Seules des suppositions peuvent à ce titre être posées même si les résultats tirés de l'étude semblent confirmer les hypothèses établies.

Cette étude rétrospective n'a permis de se pencher que sur des dossiers déjà constitués sans marge de manœuvre possible pour une étude approfondie de critères spécifiques. Un modèle d'étude prospective mené sur cet axe de réflexion pourrait avoir une représentativité considérablement plus importante. Sur la base également d'un questionnaire type, offrant une facilité d'utilisation et d'interprétation à diffuser dans l'ensemble des centres hospitaliers confrontés à la prise en charge de ces patients. Cette autre étude viserait à étudier non seulement les traumatismes mais aussi le caractère sociétal du port du casque en France. Une étude des lésions potentielles prendrait tout son sens dans un pays où le port du casque n'est pas obligatoire et où les patients sont nettement plus nombreux.

2.6. Analyse d'un cas clinique

Afin d'étayer les résultats présentés, le cas de Monsieur C. est présenté ci-dessous.

- **À propos du patient :**

Monsieur C, 54 ans au moment des faits, a pour habitude de se déplacer en scooter et porte un casque jet correctement sanglé.

- **Circonstance de l'accident :**

Le patient a été victime d'un accident de la voie publique au guidon de son scooter, en milieu urbain et face à un véhicule léger : une voiture.

- **Anamnèse médicale :**

Le patient ne souffrait d'aucune pathologie générale et ne prenait aucun médicament au moment de l'accident.

- **Examen clinique :**

L'examen clinique exo-buccal permet d'observer une plaie transfixiante très délabrante de la lèvre inférieure avec hypovascularisation du bord libre de la lèvre.



Figure 92 : Vue exo-buccale post-traumatisme © / Aurélien Louvrier (2016).

Au niveau endo-buccal, le patient présente :

- Une fracture ouverte déplacée visible au niveau gingival de la symphyse mandibulaire.
- Un fracas alvéolodentaire du bloc incisivo-canin mandibulaire avec luxation latérale de 33.
- Un délabrement muqueux vestibulaire inférieur.
- Une plaie du vestibule et de la face interne de la joue gauche quasiment transfixiante.

Un examen d'imagerie en trois dimensions permet de d'objectiver la fracture de la symphyse mandibulaire.

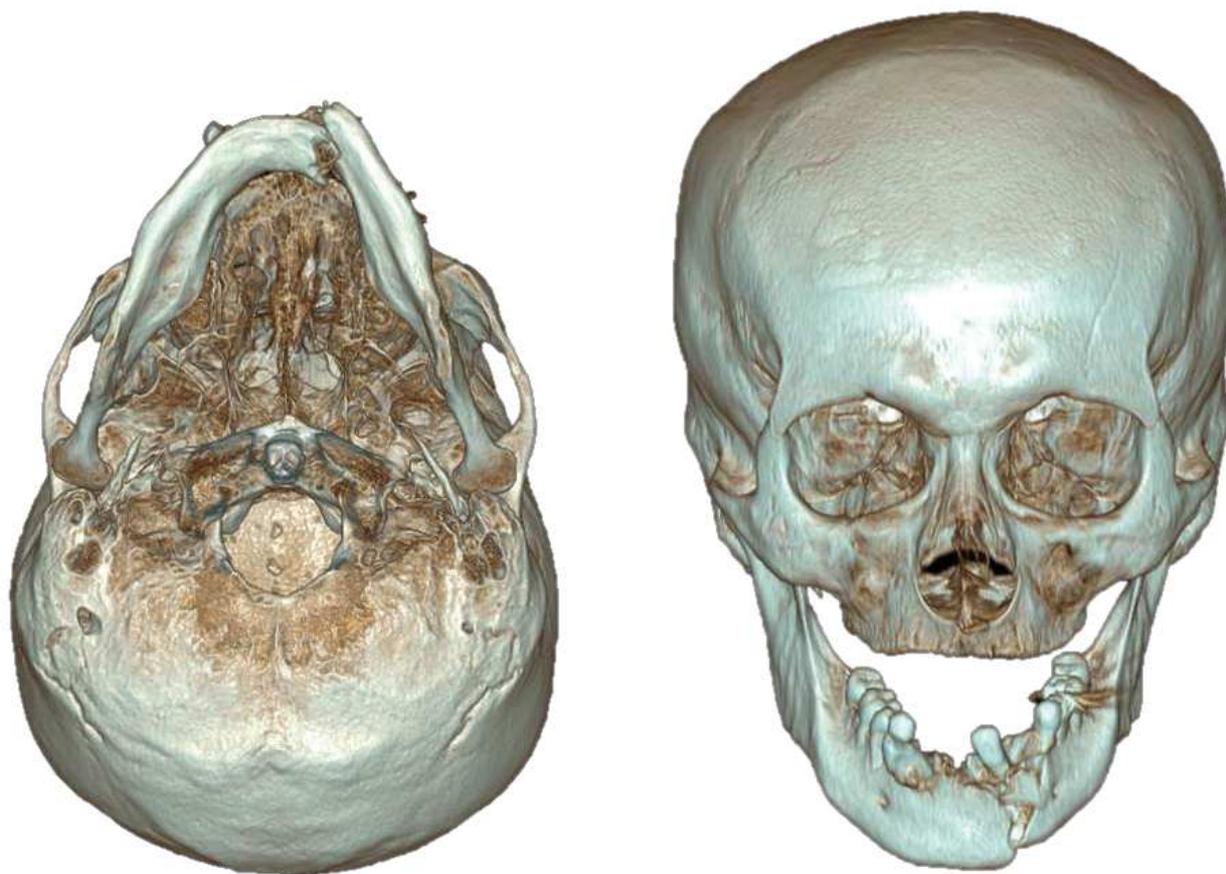


Figure 93 : Reconstitution en trois dimensions du massif osseux cranio-facial post traumatisme, vue inférieure et vue frontale © / Aurélien Louvrier (2016).

- **Plan de traitement :**

Sous anesthésie générale il est décidé de procéder à :

- Une réduction par ostéosynthèse de la fracture mandibulaire à l'aide de plaques et de vis.
- Une réduction de la luxation latérale de 33.
- La réalisation d'une contention au fil d'acier.
- Une suture des plaies plan par plan.

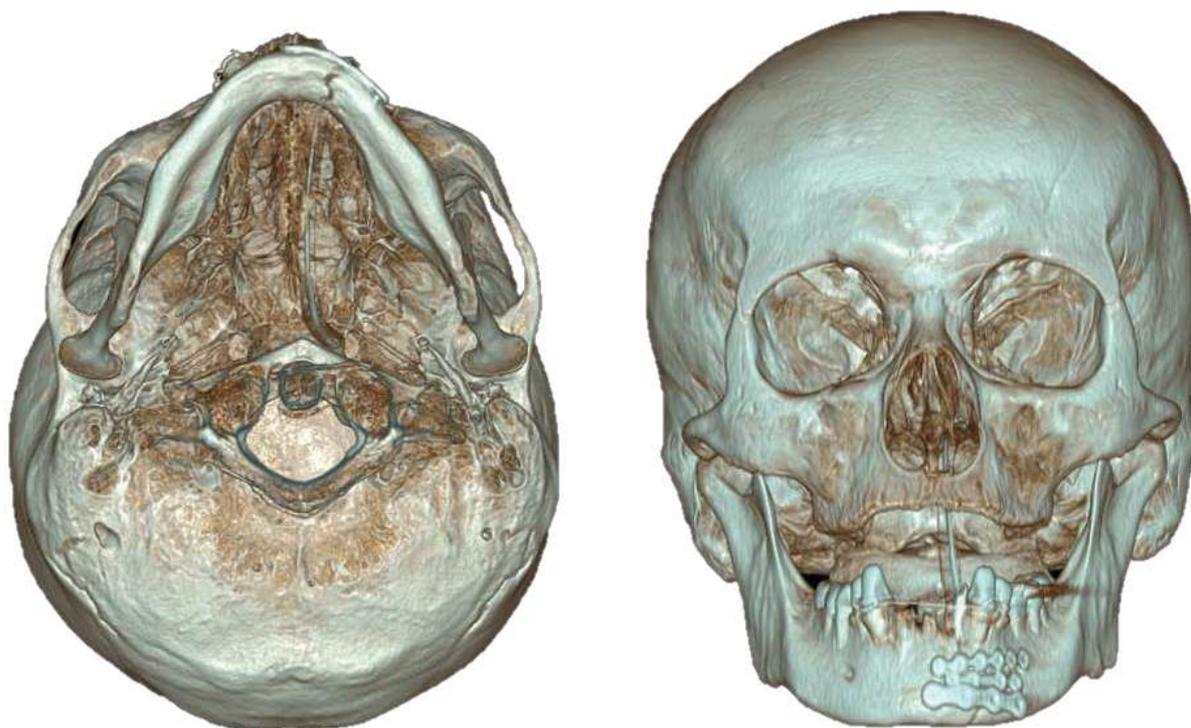


Figure 94 : Reconstitution en trois dimensions du massif osseux cranio-facial après ostéosynthèse de la symphyse mandibulaire, vue inférieure et vue frontale © / Aurélien Louvrier (2016).



Figure 95 : Vue endo-buccale après ostéosynthèse de la symphyse mandibulaire © / Aurélien Louvrier (2016).

Post-opératoire, des sangsues sont utilisées afin de favoriser la circulation veineuse et d'offrir le maximum de chance de revascularisation.



Figure 96 : Vue exo-buccale post-opératoire après mise en place des sangsues © / Aurélien Louvrier (2016).

- **Suivi au long cours** :

Quatre jours après l'intervention, on constate une nécrose du lambeau cutané de la lèvre inférieure malgré l'aide des sangsues, un léger trismus ainsi qu'une hypoesthésie du nerf alvéolaire inférieur gauche.



Figure 97 : Vue exo-buccale de nécrose labiale inférieure quatre jours après l'intervention © / Aurélien Louvrier (2016).

Une nécrosectomie est réalisée au niveau de la lèvre inférieure suivie de la réalisation d'un lambeau de Karapandzic.



Figure 98 : Vue exo-buccale après nécrosectomie © / Aurélien Louvrier (2016).



Figure 99 : Vue exo-buccale des traits d'incision pour la réalisation du lambeau de Karapandzic © / Aurélien Louvrier (2016).



Figure 100 : Vue exo-buccale post opératoire après réalisation du lambeau de Karapandzic
© / Aurélien Louvrier (2016).

De nombreuses séances de kinésithérapie sont prescrites pour le remodelage de la lèvre inférieure nécessaire dans la rééducation des fonctions de phonation et de mastication.

Une prothèse amovible partielle est réalisée pour compenser les pertes dentaires au niveau secteur antérieur mandibulaire et pour permettre un soutien labial inférieur.

Par la suite, deux implants sont posés en regard de zones 32 et 42 afin d'y recevoir un bridge supra implantaire de quatre dents (31 32 41 42).

Les implants sont à ce jour en cours d'ostéointégration et en attente de recevoir l'élément prothétique transvissé.



Figure 101 : Vue exo-buccale 22 mois post-traumatisme © / Aurélien Louvrier (2018).

CONCLUSIONS

Pour commencer nous nous sommes penchés sur quelques rappels anatomiques et avons défini les limites de l'étage inférieur de la face. Il est délimité par la ligne passant par le point sous nasal dans sa partie supérieure et par la ligne passant le point menton cutané dans sa partie inférieure. Il inclut dans ce travail les os maxillaires, support osseux de l'arcade dentaire supérieure. Une description des structures concernées nous a permis d'appréhender convenable la traumatologie des tissus mous, dentaires et osseux de l'étage inférieur de la face.

La classification d'Andreasen (1972) a été utilisée pour décrire ces traumatismes. Leur prise en charge passe en premier lieu par la réalisation d'un certificat médical initial. Il découle d'un examen clinique et radiologique détaillé accompagné d'un récit des faits retranscrits selon les dires du patient.

Parmi l'ensemble des lésions possibles, seule une partie des lésions intrabuccales relève de la prise en charge directe du Chirurgien-Dentiste. Cependant une collaboration étroite avec le Chirurgien Maxillo-Facial est indispensable pour l'appréhension totale et pluridisciplinaire des lésions du patient. Nous avons donc décrit de façon succincte les lésions d'ordre Maxillo-Facial pour nous concentrer sur un développement détaillé des traumatismes dentaires. Leur description, diagnostic, traitement et pronostic ont été présentés. Complications et facteurs de risque ont mis en exergue l'importance d'une prise en charge optimale et ciblée ainsi qu'une prévention active des traumatismes.

Par la suite, les différents casques actuellement sur le marché ont été scrupuleusement étudiés afin d'en comprendre leur rôle, composition et variabilité en termes de protection. Pour cela une maquette a été confectionnée pour mieux comprendre la structure interne d'un casque. Trois casques ont été utilisés. Le premier a subi un démontage complet puis une reconstitution en vue éclatée. Les deux suivants ont respectivement subi une découpe du quart antérieur et une découpe sagittale permettant d'apprécier la succession des matériaux composant les protections mentonnière et crâniale.

Pour être commercialisés en France, les casques doivent passer des tests d'homologation et répondre à certaines normes. Cependant ces normes n'indiquent rien quant au degré de protection mentonnier.

L'obligation du port de casque pour les usagers de véhicules motorisés non carrossés, tels que les motocyclettes, cyclomoteurs, quad et karting, sous-entend une protection crânienne obligatoire. La protection du massif maxillo-facial étant laissée à l'appréciation de son utilisateur.

Nous avons également vu que les circonstances de l'accident peuvent largement influencer le tableau lésionnel du patient. C'est ainsi que l'augmentation de la vitesse (v) au moment de l'impact et de la masse (m) de l'ensemble tête+casque tendent à augmenter proportionnellement l'énergie. Force de décélération (obstacle ou non) et orientation du vecteur force sont autant de facteurs potentiellement aggravants des lésions encourues.

Malgré des conditions de protection optimales offertes par le casque intégral, des points faibles persistent avec des zones d'exposition au niveau cervical et mandibulaire. Le casque n'immunise certainement pas des lésions en cas d'accident mais agit très largement en faveur d'une diminution des traumatismes.

Certains auteurs se sont penchés sur les questions soulevées dans ce travail mais la quasi-totalité s'intéresse aux enjeux vitaux de la protection crânienne. Une très relative minorité a étudié l'impact du port du casque sur les traumatismes maxillo-faciaux et moins encore sur ceux de l'étage inférieur de la face selon les différents casques.

Les études biomécaniques du corps humain et notamment des structures osseuses du crâne ont permis d'orienter les travaux de recherche et d'analyse dans le domaine de la protection. C'est ainsi que des chercheurs, accompagnés du soutien d'équipementiers, consacrent leurs travaux à l'amélioration constante des matériaux et de ce fait des outils de protection des usagers.

Malgré le peu de patients inclus, notre étude a confirmé certaines des suppositions suggérées durant ce travail.

En effet, les usagers ont nettement tendance à être influencés en matière de protection par les véhicules utilisés et les milieux dans lesquels ils se déplacent. De plus un phénomène de mode, non relaté dans l'étude, pourrait également entrer en considération notamment avec l'apparition du « néorétro » donnant un succès grandissant aux casques minimalistes.

Les conclusions de l'étude ont montré le très relatif caractère de protection des casques ouverts dont le tableau lésionnel s'apparente très largement à celui des patients dépourvus de casque au moment de l'impact.

Il semblerait donc qu'une véritable faille existe alors dans l'homologation des casques et plus précisément dans la législation Française. En effet, cette dernière prévoit la condamnation des usagers se déplaçant en l'absence de casque pour des raisons évidentes de sécurité. Mais elle tolère l'utilisation de casques dont la mentonnière est absente ou amovible. Avec un total de 34,4% des patients casqués inclus ne présentant pas de protection de la mandibule au moment de l'accident, on peut raisonnablement envisager une réduction considérable du tableau lésionnel de plus d'un tiers des patients si une protection mentonnière avait été mise en place. L'illustration des résultats par le cas de Monsieur C permet de supposer des lésions évitables dans le cas d'une protection mentonnière.

Pour conclure, si l'enjeu vital est clairement diminué pour les patients casqués, il semblerait que les lésions du massif Maxillo-Facial n'entrent que très peu en considération dans l'élaboration des normes d'homologation. La problématique de santé publique soulevée est majeure et une réévaluation des normes pourrait être aisément justifiée et envisagée.

Faculté
de chirurgie dentaire



SIGNATURE DES CONCLUSIONS

Thèse en vue du Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

Nom - prénom de l'impétrant : BILLOTTE Jean

Titre de la thèse : Les lésions de l'étage inférieur de la face dans les accidents de véhicules motorisés non carrossés.

Directeur de thèse : Docteur Edouard EUVRARD

VU
Strasbourg, le : 17 09 2018
Le Président du Jury,
Professeur M.-C. MANIERE



VU
Strasbourg, le : 20 SEP. 2018
Le Doyen de la Faculté
de Chirurgie Dentaire de Strasbourg,
Professeur C. TADDEI-GROSS

BIBLIOGRAPHIE

Abdelgawad AA, Maxfield D, Tran S, Mclean S, Kanlic EM. Dirt bikes injuries in children. *Musculoskelet Surg.* déc 2013;97(3):211-5.

Amans B, Hermitte T. Rider, Recherche sur les accidents Impliquant un DEux Roues motorisé : accidentologie des deux-roues à moteur : Etude statistique. 2005. (Consulté le 18 août 2017). Disponible sur: http://www.fondation-maif.fr/pièces-jointes/rider-statistiques_rf.pdf

Amans B, Moutreuil M. RIDER, Recherche sur les accidents Impliquant un DEux Roues motorisé : Rapport final. 2005. (Consulté le 18 août 2017). Disponible sur: http://www.fondation-maif.fr/pièces-jointes/RIDeR_RF_PDF.pdf

Ameli. La conduite à tenir devant un traumatisme dentaire. 2017. (Consulté le 13 février 2017). Disponible sur: <http://www.ameli-sante.fr/traumatisme-dentaire/la-conduite-a-tenir-devant-un-traumatisme-dentaire.html>

Andersson L, Andreasen JO, Day P, Heithersay G, Trope M, DiAngelis AJ, et al. Guidelines for the Management of Traumatic Dental Injuries: 2. Avulsion of Permanent Teeth. *Pediatr Dent.* 15 sept 2017;39(6):412-9.

Andreasen JO. *Traumatic Injuries of the Teeth.* 1re éd. Copenhagen : Munksgaard, 1972 ; 334

Azam. Les traumatismes bucco-dentaire chez l'enfant. 2011 (consulté le 22 juillet 2017). Disponible sur <http://livremdical.blogspot.com/2011/05/les-traumatismes-bucco-dentaire-chez.html>

Bao J, Bachani AM, Viet CP, Quang LN, Nguyen N, Hyder AA. Trends in motorcycle helmet use in Vietnam: results from a four-year study. *Public Health.* mars 2017;144S:S39-44.

Beeler J. Alpinestars Releases Marquez's 209.9 MPH Crash Telemetry - Asphalt & Rubber. 2013. (Consulté le 12 février 2018). Disponible sur: <https://www.asphaltandrubber.com/racing/alpinestars-releases-marquezs-2099-mph-crash-telemetry/>

Béry A, Cantaloube D, Delprat L. Expertise dentaire et maxillo-faciale: principe, conduite, indemnisation. EDP Santé; 2012. 420 p.

Black AM, Patton DA, Eliason PH, Emery CA. Prevention of Sport-related Facial Injuries. Clin Sports Med. avr 2017;36(2):257-78.

Bolender Y. Travaux pratiques de céphalométrie D1, 1^{ère} partie. Faculté de chirurgie dentaire de Strasbourg. Unistra; 2015. 20p.

Brewer BL, Diehl AH, Johnson LS, Salomone JP, Wilson KL, Atallah HY, et al. Choice of motorcycle helmet makes a difference: a prospective observational study. J Trauma Acute Care Surg. juill 2013;75(1):88-91.

Burns ST, Gugala Z, Jimenez CJ, Mileski WJ, Lindsey RW. Epidemiology and patterns of musculoskeletal motorcycle injuries in the USA. F1000Research. 2015;4:114.

Cavalcante JR, Oka SC-R, de Santana Santos T, Dourado E, de Oliveira E Silva ED, Gomes ACA. Influence of helmet use in facial trauma and moderate traumatic brain injury victims of motorcycle accidents. J Craniofac Surg. juill 2012;23(4):982-5.

Charland R, Salvail P, Champagne M, Mercier R, Gagnon S, Shoghikian E, Mackay P, Aubre N. Traumatismes des dents antérieures primaires et permanentes. Première partie : classification. Journal de l'Ordre des dentistes du Québec. 2005: 42.

Charland R, Aubre N, Shoghikian E, Gagnon S, Salvail P, Champagne M, Mackay P, Mercier R. Traumatismes des dents antérieures permanentes. Dixième partie : fractures radiculaire. Journal de l'Ordre des dentistes du Québec. Mai/Juin 2007: 44.

Christian JM, Thomas RF, Scarbecz M. The incidence and pattern of maxillofacial injuries in helmeted versus non-helmeted motorcycle accident patients. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. déc 2014;72(12):2503-6.

Cini MA, Prado BG, Hinnig P de F, Fukushima WY, Adami F. Influence of type of helmet on facial trauma in motorcycle accidents. *Br J Oral Maxillofac Surg*. nov 2014;52(9):789-92.

Collège Hospitalo-Universitaire Français de Chirurgie Maxillo-faciale et Stomatologie. *Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie*. Elsevier Masson; 2014. 388p.

Courtois J. Implications médico-légales du certificat médical initial suite à un traumatisme. *ACTA Stomatol Belg*. 1993;90(1):37-45.

Crompton JG, Oyetunji TA, Pollack KM, Stevens K, Cornwell EE, Efron DT, et al. Association between helmets and facial injury after a motorcycle collision: an analysis of more than 40 000 patients from the National Trauma Data Bank. *Arch Surg Chic Ill 1960*. juill 2012;147(7):674-6.

Demas PN, Braun TW. Pediatric facial injuries associated with all-terrain vehicles. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. déc 1992;50(12):1280-3.

Dharmani U, Jadhav GR, Kamal C, Rajput A, Dua A. Management of a rare combination of avulsion and intrusive luxation: A case report. *J Conserv Dent*. 11 janv 2014;17(6):587.

Diagne F, Ngom PI, Diop-Ba K, Diouf JS, Gueye I, Diop F. [Factors predictive of the probable occurrence of traumatic lesions at the level of the incisors. A case-control study of Senegalese adolescents]. *Orthod Francaise*. déc 2009;80(4):379-86.

DiAngelis AJ, Andreasen JO, Ebeleseder KA, Kenny DJ, Trope M, Sigurdsson A, et al. Guidelines for the Management of Traumatic Dental Injuries: 1. Fractures and Luxations of Permanent Teeth. *Pediatr Dent*. 15 sept 2017;39(6):401-11.

Dingman RO, Natvig P : *Surgery of facial fractures*. WB Saunders: Philadelphia 1964: 142-145.

Francè P da. Shoei X-Spirit II Wrecked M.Marquez Mugello 2013. 2013. (Consulté le 12 février 2018). Disponible sur: <http://racinghelmetsgarage.blogspot.com/2013/06/shoei-x-spirit-ii-wrecked-mmarquez.html>

Garnier M, Delamare V, Delamare J, Delamare T, Delamare J, Delamare F, Gélis-Malville E, Delamare L, Dictionnaire illustré des termes de médecine. Maloine; 2009. 1054p.

Gupta A, Jaipuria J, Bagdia A, Kumar S, Sagar S, Misra MC. Motorised two-wheeler crash and helmets: injury patterns, severity, mortality and the consequence of gender bias. *World J Surg.* janv 2014;38(1):215-21.

Gusenbauer A. Brain injury in sports related to trauma to the lower jaw. *Dent Today.* déc 2002;21(12):74-7.

Ha NT, Ederer D, Vo VAH, Pham AV, Mounts A, Nolen LD, et al. Changes in motorcycle-related injuries and deaths after mandatory motorcycle helmet law in a district of Vietnam. *Traffic Inj Prev.* 27 avr 2017;1-6.

Heithersay GS. Invasive cervical resorption: an analysis of potential predisposing factors. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. févr 1999;30(2):83-95.

Hyman DA, Saha S, Nayar HS, Doyle JF, Agarwal SK, Chalet SR. Patterns of Facial Fractures and Protective Device Use in Motor Vehicle Collisions From 2007 to 2012. *JAMA Facial Plast Surg.* 1 déc 2016;18(6):455-61.

Icube. Plateforme MechaniCS. Mécanique des fluides, matériaux, biomécanique, Conception et Simulation. Biomécanique des Chocs. 2016. (Consulté le 12 février 2018). Disponible sur: http://plateforme.icube.unistra.fr/mechanics/index.php/Biom%C3%A9canique_des_Chocs

INC-Fondation MAIF. Casque moto : tous homologués mais inégaux en termes de sécurité. 2015. (Consulté le 16 août 2017). Disponible sur: <https://www.maif.fr/content/pdf/maif-pour-une-societe-collaborative/presse/maif-2015-08-casque-moto.pdf>

Júnior SML, Santos SE, Kluppel LE, Asprino L, Moreira RWF, de Moraes M. A comparison of motorcycle and bicycle accidents in oral and maxillofacial trauma. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* mars 2012;70(3):577-83.

Katepogu P. Avulsion. Mai 2014. *Health & Medicine.* (Consulté le 09/09/2017). Disponible sur : <https://www.slideshare.net/coolkidpraveen/avulsion-34789725>

Kraus JF, Rice TM, Peek-Asa C, McArthur DL. Facial trauma and the risk of intracranial injury in motorcycle riders. *Ann Emerg Med.* janv 2003;41(1):18-26.

Kuo SCH, Kuo P-J, Rau C-S, Chen Y-C, Hsieh H-Y, Hsieh C-H. The protective effect of helmet use in motorcycle and bicycle accidents: a propensity score-matched study based on a trauma registry system. *BMC Public Health.* 7 août 2017;17(1):639.

Lam R. Epidemiology and outcomes of traumatic dental injuries: a review of the literature. *Aust Dent J.* mars 2016;61 Suppl 1:4-20.

Laumon B, Amoros E, Boissier G, Debrisay MC, Dewhurst N, Gadegbeku B, Haddak M, Hours C, Javouhey E, Lafont S, Lieutaud T, Martin JL, Mintsya-Eya C, Ndiaye A, Tardy E, Vallet G, Verney MP, Viallon V. Le Registre du Rhône des victimes d'accidents de la circulation routière : Rapport d'activité de l'année 2016. IFSTTAR/UCBL UMRESTTE. 2017. (consulté le 16 août 2017). Disponible sur: <http://www.revarrhone.org/wp-content/uploads/2017/03/RegistreRapActiv2016.pdf>

Lecoutre F. Connaître les normes de sécurité des casques moto. 2015 (Consulté le 22 janvier 2018). Disponible sur: <http://moto-securite.fr/normes-casques/>

Légifrance. Code de la route (Consulté le 13 février 2017). Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=30577DDF64EED2161746CBF622CF3627.tpdila10v_1?idSectionTA=LEGISCTA000006159608&cidTexte=LEGITEXT000006074228&dateTexte=20170213

MAIDS. Etude approfondie sur les accidents en motocycles : Rapport final 2.0. 2009. (Consulté le 7 février 2018). Disponible sur: <http://www.maids-study.eu/pdf/MAIDS2.pdf>

Maladière E, Bado F, Meningaud JP, Guilbert F, Bertrand JC, =Department of Oral and Maxillofacial Surgery. Pitié-Salpêtrière University Hospital. Paris. FRA. Aetiology and incidence of facial fractures sustained during sports : a prospective study of 140 patients. *Int J ORAL Maxillofac Surg.* 2001;30(4):291-5.

Mallikarjuna SK, Krishnappa P. Prevalence of maxillofacial injuries by motorized two wheeler road traffic accidents in Bangalore city. *Dent Traumatol Off Publ Int Assoc Dent Traumatol.* déc 2009;25(6):599-604.

Malmgren B, Andreasen JO, Flores MT, Robertson A, DiAngelis AJ, Andersson L, et al. Guidelines for the Management of Traumatic Dental Injuries: 3. Injuries in the Primary Dentition. *Pediatr Dent.* 15 sept 2017;39(6):420-8.

Martín J. Marca. Márquez suffers violent crash at Mugello (Consulté le 16 novembre 2017). Disponible sur: http://www.marca.com/2013/05/31/en/more_sports/1370025525.html

Moto-Addict. Les différents types de casque jet (Consulté le 11 août 2017). Disponible sur: <https://www.moto-addict.com/content/17-les-differents-types-de-casque-jet>

Nasser M, Pandis N, Fleming PS, Fedorowicz Z, Ellis E, Ali K. Interventions for the management of mandibular fractures. In: *Cochrane Database of Systematic Reviews* [Internet]. John Wiley & Sons, Ltd; 2013 (Consulté le 24 janvier 2017). Disponible sur: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD006087.pub3/abstract>

Naulin Ifi C. Traumatismes dentaires. CdP; 2005. 224 p.

Naulin Ifi C. Traumatologie clinique. Espace ID; 2016. 384p.

Netter FH. Atlas d'anatomie humaine. Elsevier Masson; 2015. 624p.

O'Connor KL, Rowson S, Duma SM, Broglio SP. Head-Impact-Measurement Devices: A Systematic Review. *J Athl Train.* mars 2017;52(3):206-27.

Obrenovic M, Riederer B, Cadas H, Hornung JP. Vascularisation du cou et de la tête révélée par imagerie médicale et par dissection : élaboration d'un nouvel outil didactique pour l'enseignement. Plateforme de morphologie, faculté de biologie et de médecine. UNIL. janvier 2016. n°2392.

Olsen CS, Thomas AM, Singleton M, Gaichas AM, Smith TJ, Smith GA, et al. Motorcycle helmet effectiveness in reducing head, face and brain injuries by state and helmet law. *Inj Epidemiol.* déc 2016;3(1):8.

Ordre National des Chirurgiens-dentistes, Certificat médical initial. 2016 (Consulté le 16 juillet 2017). Disponible sur : http://www.ordre-chirurgiens-dentistes.fr/fileadmin/user_upload/pdf/2016_Certificat_initial_ONCD.pdf

HMGN N. Cool Helmets. Pinterest. (Consulté le 19 février 2018). Disponible sur : <https://www.pinterest.fr/pin/451274825140106345/>

Prigozen JM, Horswell BB, Flaherty SK, Henderson JM, Graham DA, Armistead LM, et al. All-terrain vehicle-related maxillofacial trauma in the pediatric population. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* sept 2006;64(9):1333-7.

Rishiraj B, MacFadden LR. Le traitement de l'ankylose temporo-mandibulaire : Etude de cas. *Pratique clinique.* Decembre 2001;67(11):659-663

Sécurité routière. Un casque neuf, homologué et bien attaché ! (Consulté le 13 février 2017). Disponible sur : <http://www.securite-routiere.gouv.fr/conseils-pour-une-route-plus-sure/special-deux-roues-motorises/l-equipement/un-casque-neuf-homologue-et-bien-attache-!>

Sécurité routière. Visite du Laboratoire d'accidentologie, de biomécanique et d'études du comportement humain (Lab) (Consulté le 24 février 2017]. Disponible sur: <http://www.securite-routiere.gouv.fr/la-securite-routiere/actualites/visite-du-laboratoire-d-accidentologie-de-biomecanique-et-d-etudes-du-comportement-humain-lab>

Serre T, Masson C, Martin JL, Perrin C, Thollon L. Le choc motocycliste : analyse biomécanique et protection par un gilet airbag. *INRETS.* 2010. (Consulté le 24 février 2017).

Disponible sur: http://www.franche-comte.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/8_Inrets_cle533b71.pdf

Service-Public. Brevet de sécurité routière (BSR), catégorie AM du permis de conduire (Consulté le 31 janvier 2018). Disponible sur: <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F2890>

Shaigany K, Abrol A, Svider PF, Eloy JA, Carron MA, Lin H-S, et al. Recreational motor vehicle use and facial trauma. *The Laryngoscope*. janv 2016;126(1):67-72.

SHARP - THE HELMET SAFETY SCHEME (Consulté le 10 août 2017). Disponible sur: <https://sharp.dft.gov.uk/>

Singleton MD. Differential protective effects of motorcycle helmets against head injury. *Traffic Inj Prev*. 2 sept 2016;1-6.

Snell Foundation, Inc. (Consulté le 11 août 2017). Disponible sur: <http://www.smf.org/about>

Sobotta J. Atlas d'anatomie humaine. Lavoisier; 2013. 1162p.

Soukup JW, Mulherin BL, Snyder CJ. Prevalence and Nature of Dentoalveolar Injuries Among Patients with Maxillofacial Fractures. *J Small Anim Pract*. janv 2013;54(1):9-14.

Spinas E, Mameli A, Giannetti L. Traumatic Dental Injuries Resulting from Sports Activities; Immediate Treatment and Five Years Follow-Up: An Observational Study. *Open Dent J*. 2018;12:1-10.

Tronstad L. Root resorption – etiology, terminology and clinical manifestations. *Endod Dent Traumatol* 1988; 4: 241–252

Trope M. Root resorption of dental and traumatic origin: classification based on etiology. *Pract Periodontics Aesthet Dent*. 1998 May;10(4):515-22.

Turco M. Grosse frayeur pour Marquez. *Moto revue*. 6 juin 2013; 100.

Ugolini A, Parodi GB, Casali C, Silvestrini-Biavati A, Giacinti F. Work-related traumatic dental injuries: Prevalence, characteristics and risk factors. *Dent Traumatol Off Publ Int Assoc Dent Traumatol*. févr 2018;34(1):36-40.

Wells S, Mullin B, Norton R, Langley J, Connor J, Lay-Yee R, Jackson R. Motorcycle rider conspicuity and crash related injury : case control study. *BMJ*. avril 2004; 328:857-60

Willinger R. Biomécanique des chocs et prévention des lésion cérébrales : synthèse finale. Fondation MAIF-ULP. 2003. (consulté le 12 février 2018). Disponible sur: <https://www.fondation-maif.fr/up/pj/lesions-cerebrales-rf.pdf>

Willinger R. PROTEUS, PROtection de la TÊte des USagers vulnérables : Synthèse du projet (Consulté le 21 août 2017). Disponible sur : http://www.transport-research.info/sites/default/files/project/documents/20150330_171251_24255_PROTEUS.pdf

Willinger R, Bourdet N, Deck C, Moutreuil M, Rojas A, Tinard V. BioCASQ, Casque Optimisé sur Critères Biomécaniques : Rapport Final (Consulté le 21 août 2017]. Disponible sur : <http://isidoredd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/Temis/0081/Temis-0081571/19840.pdf>

Zunzarren R. Guide clinique d'odontologie. Elsevier Masson; 2014. 336p.