FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE DE STRASBOURG

Doyen : Professeur Corinne TADDEI-GROSS

Doyens honoraires : Professeur Robert FRANK
Professeur Maurice LEIZE
Professeur Youssef HAIKEL

Professeurs émérites : Professeur Henri TENENBAUM

Responsable des Services Administratifs : Mme Françoise DITZ-MOUGEL

Professeurs des Universités

Vincent BALL	Ingénieurie Chimique, Energétique - Génie des Procédés
Agnès BLOCH-ZUPAN	Sciences Biologiques
François CLAUSS	Odontologie Pédiatrique
Jean-Louis DAVIDEAU	Parodontologie
Youssef HAÏKEL	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Olivier HUCK	Parodontologie
Marie-Cécile MANIERE	Odontologie Pédiatrique
Florent MEYER	Sciences Biologiques
Maryline MINOUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Anne-Marie MUSSET	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Corinne TADDEI-GROSS	Prothèses
Béatrice WALTER	Prothèses
Matthieu SCHMITTBUHL *Délégation (Juin 2024)*	Sciences Anatomiques et Physiologiques,Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie

Maîtres de Conférences

Youri ARNTZ	Biophysique moléculaire
Sophie BAHI-GROSS	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Yves BOLENDER	Orthopédie Dento-Faciale
Fabien BORNERT	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Abdessahmad BOUKARI	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Claire EHLINGER	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Olivier ETIENNE	Prothèses
Florence FIORETTI	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Catherine-Isabelle GROS	Sciences Anatomiques et Physiologiques - Biophysique - Radiologie
Sophie JUNG	Sciences Biologiques
Nadia LADHARI *Disponibilité (Nov. 2020)*	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique
Davide MANCINO	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Damien OFFNER	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Catherine PETIT	Parodontologie
François REITZER	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Martine SOELL	Parodontologie
Marion STRUB	Odontologie Pédiatrique
Xavier VAN BELLINGHEN	Prothèses
Delphine WAGNER *Délégation (Août 2021)*	Orthopédie Dento-Faciale
Etienne WALTMANN	Prothèses

Equipes de Recherche

Nadia JESSEL	INSERM / Directeur de Recherche/Directrice d'UMR
Philippe LAVALLE	INSERM / Directeur de Recherche
Pierre SCHAAF	UdS / Professeur des Universités / Directeur d'UMR
Bernard SENGER	INSERM / Directeur de Recherche

Remerciements :

A mon directeur de thèse, Monsieur le Professeur Clauss,

Vous me faites un immense honneur d'avoir accepté de diriger mon travail.

Merci pour l'énergie que vous mettez au quotidien lors des vacations de pédodontie que j'ai pu partager à vos côtés durant mes trois années cliniques. Vos conseils et votre grand professionnalisme ont été des enseignements très enrichissants que je peux désormais appliquer lors de mon exercice quotidien.

Notre passion commune pour le sport a permis de faire fructifier nos échanges pour l'élaboration de ma thèse. Je vous suis extrêmement pour votre disponibilité infaillible, si précieuse, dont vous avez fait preuve tout au long de ce travail. Je vous témoigne mon plus profond respect pour votre ténacité, votre persévérance et votre capacité à allier votre passion du sport à votre vie professionnelle très chargée. J'espère pouvoir suivre un jour ce modèle de réussite. Veuillez trouver en ces quelques mots l'expression de mes remerciements et de ma reconnaissance les plus sincères.

A mon président du jury, Monsieur le Professeur Huck,

Vous me faites un immense honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse, et en conséquent je vous en suis extrêmement reconnaissante. Je vous remercie également pour votre bonne humeur au quotidien et la qualité de vos enseignements. Veuillez trouver au travers de ce travail, le témoignage de mes considérations distinguées.

A mon juge, Monsieur le Docteur Van Bellinghen,

Je vous remercie d'avoir accepté de siéger à mon jury de thèse. Vos enseignements sur l'odontologie du sport m'auront été précieux dans la réalisation de ce travail. Qu'il soit pour moi l'occasion de vous exprimer tout mon respect et ma reconnaissance.

A mon juge, Monsieur le Docteur Offner,

Je vous remercie d'avoir accepté aussi spontanément de bien vouloir faire partie de mon jury de thèse. Je vous remercie également pour l'engouement que vous mettez au quotidien lors de vos cours magistraux et également lors de vos encadrements cliniques que j'ai pu partager avec vous. Pour tous ces instants ainsi que pour avoir accepté de juger mon travail, je tiens à vous témoigner ma reconnaissance pour votre gentillesse et votre pédagogie.

A mon parrain de thèse, Emmanuel,

Je tiens à te remercier pour toute la bienveillance et l'enseignement que tu m'apportes depuis presque 2 ans. Je te suis extrêmement reconnaissante de veiller à mon épanouissement au cabinet et de m'apprendre encore chaque jour. Je te déclare à travers ces quelques mots et par ce travail, ma profonde gratitude d'avoir accepté être mon parrain de thèse.

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2020 N°46

THESE

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

le Vendredi 16 octobre 2020

par

BRENDLE Marie

Née le 21 février 1995 à COLMAR

SPECIFICITES DU RISQUE CARIEUX INDIVIDUEL CHEZ LE SPORTIF DE HAUT NIVEAU : REVUE SYSTEMATIQUE DE LA LITTERATURE ET ETUDE BASEE SUR UN QUESTIONNAIRE

Président : Professeur HUCK Olivier

Assesseurs : Professeur CLAUSS François

Docteur OFFNER Damien

Docteur VAN BELLINGHEN Xavier

TABLE DES ILLUSTRATIONS : 5

INTRODUCTION 10

CHAPITRE I : LE SPORT ET LA POPULATION SPORTIVE DE HAUT NIVEAU 12

1.1 Le sport en France 12
1.1.1 Le sport : définition 12
1.1.2 La pratique sportive en France 12

1.2 Le sport de haut niveau 13
1.2.1 Définition 13
1.2.2 Le sportif de haut niveau 13

1.3 Une population spécifique du point de vue bucco-dentaire 14
1.3.1 Une population à risque 14
1.3.2 Risque de répercussions systémiques des pathologies bucco-dentaires 15
1.3.3 Les différents risques bucco-dentaires 16

1.4 Observations chez les sportifs de haut niveau 18
1.4.1 Le sport olympique 18
1.4.2 Analyse bibliographique portant sur les pathologies bucco-dentaires dans la population des sportifs de haut niveau, de 1983 à 2018 26

1.5 Cariologie 35
1.5.1 La carie dentaire : définition 35
1.5.2 Les bactéries cariogènes 36
1.5.3 Le processus carieux 39
1.5.4 L'indice CAO 40
1.5.5 Le risque carieux 41

CHAPITRE II : FACTEURS ETIOLOGIQUES DE L'AUGMENTATION SIGNIFICATIVE DU RISQUE CARIEUX INDIVIDUEL CHEZ LES SPORTIFS DE HAUT NIVEAU 42

2.1 L'Alimentation 42
2.1.1 Nutrition et besoins énergétiques 42
2.1.2 Règles nutritionnelles pour la population générale 44
2.1.3 Dépenses énergétiques liées à la pratique sportive 45
2.1.4 Apports énergétiques chez le sportif 47

2.1.5 Particularités selon type de sport pratiqué 57

2.2 Conséquences bucco-dentaires de l'alimentation spécifique de l'effort 63
2.2.1 Consommation de glucides et risque carieux individuel 63
2.2.2 Collations supplémentaires et fréquence de consommation des glucides augmentée 72

2.3 Les boissons du sport 77
2.3.1 L'hydratation 77
2.3.2 Généralités sur les boissons énergétiques 84
2.3.3 Boissons énergétiques VS boissons énergisantes 90
2.3.4 Santé bucco-dentaire et boissons du sport 95

2.4 La salive 99
2.4.1 Les caractéristiques de la salive 100
2.4.2 Rôle de protection de la salive contre les caries 103
2.4.3 La xérostomie des sportifs 108

2.5 Système immunitaire 119
2.5.1 Définition 119
2.5.2 Immunité et pratique sportive à haut niveau 121

CHAPITRE III : ANALYSE DE L'ETUDE 130

3.1 Introduction 130

3.2 Matériels et méthodes 130
3.2.1 Elaboration du questionnaire 130
3.2.2 Population étudiée 134
3.2.3 Critères d'inclusion 134
3.2.4 Critères d'exclusion 134
3.2.5 Recueil et traitement des données 134

3.3 Résultats 135
3.3.1 Sexe et âge 136
3.3.2 Niveau de pratique, Sport pratiqué, Nombre d'heures pratiquées 138
3.3.3 Suivi bucco-dentaire et antécédents bucco-dentaires 141
3.3.4 Impact de pathologies bucco-dentaires 144
3.3.5 Impact de la pratique sportive sur la santé bucco-dentaire 147
3.3.6 Consommation de boissons du sport 151
3.3.7 Sécheresse buccale et autres symptômes liés à l'effort 152
3.3.8 Mesures d'hygiène bucco-dentaires 154
3.3.9 Mesures d'hygiène bucco-dentaires spécifiques à la pratique sportive 156

3.3.10 Alimentation 157
3.3.11 Réflexions libres sur le sujet 160

3.4 Analyse et discussions 163

CHAPITRE IV : RECOMMANDATIONS POUR LES SPORTIFS DE HAUT NIVEAU FACE A CE RCI AUGMENTE 168

CONCLUSION 171

BIBLIOGRAPHIE : 176

Table des illustrations :

Tableau I : Synthèse des sports les plus représentés parmi les athlètes ayant fréquenté le service dentaire de la polyclinique des JO d'Athènes de 2004.....20
Tableau II : Nombre total de patients traités au service dentaire durant les Jeux Olympiques d'été, depuis 1968 21
Tableau III: Traitements dentaires effectués au service dentaire de la polyclinique des JO de Pékin en 2008.....22
Tableau IV : Top 10 des sports les plus représentés parmi les athlètes ayant fréquenté le service dentaire de la polyclinique des JO de Londres de 2012 25
Tableau V : Résultats de la méta-analyse de Ashley et al portant sur la prévalence des caries chez les athlètes de haut niveau 29
Tableau VI : Dépenses énergétiques moyennes pour un sujet de 70kg de poids corporel, pour des courses réalisées dans les temps des records du monde et au cours de différentes activités sportives 46
Tableau VII : Tableau des apports énergétiques en fonction de l'activité physique..47
Tableau VIII : Les valeurs de pH des boissons énergisantes.....94
Tableau IX : Acidité de quelques boissons du sport 96

Figure 1 : La trilogie de Keyes 35
Figure 2 : La trilogie modifiée de Keyes.....36
Figure 3 : Facteurs de virulence de la plaque cariogène : co-agrégation à la surface dentaire, synthèse de polysaccharides extracellulaires et fermentation lactique.....37
Figure 4 : Formation du biofilm bactérien : biofilm de plus en plus épais, organisé et imperméable aux défenses salivaires de l'hôte 38
Figure 5 : Besoins énergétiques (kcal/j) des hommes et des femmes estimés selon l'âge et l'équation prédictive du métabolisme de base 43
Figure 6 : Courbe de Stephan illustrant la baisse rapide du pH de la plaque en réponse à une solution de saccharose à 10%, suivie d'au moins 40minutes avant de revenir à un pH neutre de 7. (52) 66
Figure 7 : Nombre moyen de dents cariées, manquantes et obturées (DMFT) au Japon à partir de neuf enquêtes dentaires nationales menées à 6 ans d'intervalles de 1957 à 2005.....68

Figure 8 : Habitudes alimentaires de 265 sportifs de haut niveau appartenant à vingt disciplines olympiques différentes 71
Figure 9 : Effet de la fréquence des prises alimentaires sur les valeurs du pH de la plaque dentaire dans la cavité buccale. A= faible fréquence ; B= fréquence importante. 72
Figure 10 : Proportion de l'apport énergétique quotidien rapporté et consommé à différentes périodes de la journée par 167 athlètes olympiques australiens 74
Figure 11 : Déshydratation et performances aérobies 81
Figure 12 : Effets respectifs et combinés de la température et de l'arôme sur la prise spontanée de boisson 83
Figure 13: Apport recommandé en hydrates de carbone en fonction de la durée d'exercice pour les athlètes de haut niveau 88
Figure 14: Fiche de l'INSEP portant sur les boissons énergisantes versus boissons énergétiques 93
Figure 15 : Processus de déminéralisation/reminéralisation et équilibre au sein de la plaque dentaire 104
Figure 16: Multiples facteurs impliqués dans les processus de minéralisation/déminéralisation du processus carieux 106
Figure 17: Changements du pH salivaire (b) et du pouvoir tampon (c) selon les 5 conditions d'hydratation et de nutrition 113
Figure 18: Mesure du test salivaire avant, pendant et après le test d'effort *P=0,003 114
Figure 19: Un aperçu schématique des composants de base du système immunitaire 120
Figure 20: Concept de la réponse "J-curve" 123
Figure 21 : Relation entre niveau de performance et risque d'infection ; J-shaped curve VS S-shaped curve 124
Figure 22 : La théorie de "l'open window", associée aux réponses immunitaires aux exercices intenses 125
Figure 23 : Mécanismes possibles par lesquels l'exercice augmente la susceptibilité aux infections mineures mais réduit l'inflammation et le risque de développer une maladie chronique. 127
Figure 24 : Diagramme représentant la répartition des sujets inclus dans l'étude selon leur niveau de pratique 135

Figure 25 : Histogramme représentant la répartition de l'âge des athlètes internationaux inclus dans l'étude.....136
Figure 26 : Histogramme représentant la répartition de l'âge des athlètes nationaux inclus dans l'étude.....137
Figure 27 : Diagramme représentant la répartition par sexe des sujets inclus dans l'étude 137
Figure 28 : Histogramme représentant la répartition des sports pratiqués par les athlètes internationaux inclus dans l'étude 138
Figure 29 : Histogramme représentant la répartition des sports pratiqués par les athlètes nationaux inclus dans l'étude 139
Figure 30 : Histogramme représentant le nombre d'heures de pratique par semaine pour les athlètes internationaux inclus dans l'étude.....139
Figure 31 : Histogramme représentant le nombre d'heures de pratique par semaine pour les athlètes nationaux inclus dans l'étude.....140
Figure 32 : Diagramme représentant la part d'athlètes inclus dans l'étude et inscrits sur la liste ministérielle des sportifs de haut niveau 140
Figure 33 : Diagramme représentant la répartition des sujets de l'étude étant suivis par un chirurgien-dentiste traitant.....141
Figure 34 : Histogramme représentant la fréquence de consultation dentaire pour les athlètes suivis par un chirurgien-dentiste traitant et inclus dans l'étude 142
Figure 35 : Diagramme représentant le recours aux soins bucco-dentaires dans l'année écoulée par les athlètes inclus dans l'étude 142
Figure 36 : Diagramme représentant les types de soins bucco-dentaires effectués rapportés par les athlètes internationaux inclus dans l'étude et ayant eu recours à des soins bucco-dentaires dans l'année écoulée 143
Figure 37 : Diagramme représentant les types de soins bucco-dentaires effectués rapportés par les athlètes nationaux inclus dans l'étude et ayant eu recours à des soins bucco-dentaires dans l'année écoulée 144
Figure 38 : Diagramme représentant la part d'athlètes considérant que des pathologies dentaires ont eu un impact négatif sur leur qualité de vie générale 145
Figure 39 : Diagramme représentant la part d'athlètes considérant que des pathologies dentaires ont eu un impact négatif sur leurs performances sportives ..145

Figure 40 : Diagramme représentant les pathologies bucco-dentaires décrites par les athlètes internationaux ayant rapporté qu'elles ont eu un impact sur leur qualité de vie générale et/ou leurs performances sportives 146
Figure 41 : Diagramme représentant les pathologies bucco-dentaires décrites par les athlètes nationaux ayant rapporté qu'elles ont eu un impact sur leur qualité de vie générale et/ou leurs performances sportives 147
Figure 42 : Diagramme représentant la part d'athlètes considérant que leur pratique sportive puisse avoir un impact sur leur santé bucco-dentaire 148
Figure 43 : Diagramme représentant la part d'athlètes pensant que la pratique sportive pourrait impacter sur leur santé bucco-dentaire par la consommation de boissons du sport 148
Figure 44 : Diagramme représentant la part d'athlètes pensant que la pratique sportive pourrait impacter sur leur santé bucco-dentaire par la consommation de gels/barres/fruits 149
Figure 45 : Diagramme représentant la part d'athlètes pensant que la pratique sportive pourrait impacter sur leur santé bucco-dentaire par le phénomène de sécheresse buccale lors de l'effort physique 149
Figure 46 : Diagramme représentant la part d'athlètes pensant que la pratique sportive pourrait impacter sur leur santé bucco-dentaire par le niveau de stress 150
Figure 47 : Diagramme représentant la part d'athlètes pensant que la pratique sportive pourrait impacter sur leur santé bucco-dentaire par d'autres mécanismes que ceux cités précédemment 150
Figure 48 : Diagramme représentant le mode de consommation de boissons du sport par les athlètes internationaux 151
Figure 49 : Diagramme représentant le mode de consommation de boissons du sport par les athlètes nationaux 152
Figure 50 : Diagramme représentant la part des athlètes présentant une sécheresse buccale durant leur pratique sportive 152
Figure 51 : Diagramme représentant la part des athlètes présentant d'autres symptômes en rapport avec leur pratique sportive 153
Figure 52 : Diagramme montrant les autres symptômes ressentis par les athlètes en rapport avec leur pratique sportive 153
Figure 53 : Diagramme représentant la fréquence de brossage par jour des athlètes internationaux 154

Figure 54 : Diagramme représentant la fréquence de brossage par jour des athlètes nationaux 155
Figure 55 : Diagramme représentant l'usage d'un dentifrice fluoré pour le brossage des athlètes 155
Figure 56 : Diagramme représentant les athlètes qui effectuent un brossage après la consommation de boissons du sport 156
Figure 57 : Diagramme représentant les athlètes qui effectuent un bilan dentaire pré- ou post-compétition 157
Figure 58 : Diagramme représentant la consommation des athlètes en boissons/gels/barres de récupération 157
Figure 59 : Histogramme représentant le nombre de repas/collations par jour des athlètes internationaux en période d'entrainement et de compétition 158
Figure 60 : Histogramme représentant le nombre de repas/collations par jour des athlètes nationaux en période d'entrainement et de compétition 159
Figure 61 : Diagramme représentant la prise alimentaire par les athlètes durant l'effort 159
Figure 62 : Histogramme représentant la nature de la prise alimentaire des sportifs durant l'effort 160

Introduction

L'effort physique et la pratique sportive à tous les niveaux ont depuis toujours été au cœur de nos activités. Dès la préhistoire, ils ont été la condition essentielle pour la survie de l'homme primitif. La pratique sportive a subi de nombreuses évolutions. En passant par la pratique organisée lors des jeux guerriers pour en arriver aujourd'hui à une pratique, où les épreuves sportives sont très médiatisées et suivies par des millions de spectateurs passionnés. Ainsi, l'histoire du sport a connu de nombreux avancements et évolutions des modes de pratique au fil des siècles.

De nos jours, le sport est une pratique courante apportant de nombreux bienfaits pour notre organisme et constitue également un vecteur d'intégration au sein de notre société, étant très valorisé. Il peut être pratiqué de manière récréative en tant que loisir ou bien en compétition, ce qui demande de nombreuses heures d'entrainements et des sacrifices.

Aujourd'hui, 45% des français âgés de 16 à 80 ans font du sport plus d'une fois par mois. Parmi eux, 72% pratiquent un sport au moins une fois par semaine et 28% trois fois par semaine (données recueillies en 2016).

Obtenir le statut de sportif de haut niveau représente le grâle pour une personne pratiquant le sport en compétition. La liste des sportifs de haut niveau est établie par le ministère chargé des sports selon différents critères. En 2016, 6225 sportifs ont été recensés en France.

Malgré les bienfaits que la pratique sportive apporte sur l'organisme, lorsqu'elle est pratiquée de manière intensive, elle entraine également de nombreuses répercussions sur la santé générale et notamment une augmentation du risque d'atteinte bucco-dentaire, en rapport avec l'ingestion fréquente de carbohydrates et de boissons du sport à fort potentiel érosif et cariogène. Ces sportifs font l'objet d'un suivi médical rigoureux, mais il existe peu de consensus et de recommandations de pratique clinique concernant le suivi bucco-dentaire.

Il nous a donc paru intéressant d'étudier les mécanismes étiologiques et les spécificités du risque carieux individuel augmenté chez le sportif de haut niveau. Pour cela, nous nous baserons sur une analyse bibliographique de la littérature scientifique

puis sur une étude basée sur un questionnaire que nous avons mené en collaboration avec le service d'exploration fonctionnelle des Hôpitaux universitaires de Strasbourg et des médecins du sport libéraux.

La première partie de ce travail sera consacrée à des données socio-démographiques et épidémiologiques concernant la population sportive en France, ainsi qu'à son exposition à divers facteurs de risques pour la santé buccale. Elle reprendra les différents aspects du risque carieux individuel et comportera également une analyse rétrospective des différentes manifestations olympiques et des atteintes bucco-dentaires de ses participants.

Dans la seconde partie de ce manuscrit, nous aborderons les différents paramètres étiologiques de l'augmentation significative du risque carieux individuel dans cette population : l'alimentation spécifique des sportifs de haut niveau, la consommation de boissons du sport, les modifications de la salive d'un point de vue quantitatif mais également qualitatif, les différents effets supplémentaires en lien avec le système immunitaire.

Pour finir, la troisième partie sera consacrée à l'étude non interventionnelle basée sur un questionnaire destiné à une population de sportifs, visant à recueillir leurs habitudes d'hygiène bucco-dentaire, leurs antécédents d'atteintes dentaires, leurs ressentis sur les différents paramètres impactant leur santé buccodentaire et leurs habitudes de vie générale liées à leur pratique sportive intensive. Ce questionnaire nous a permis de constater les lacunes de la prévention bucco-dentaire pour cette population spécifique à risque. Nous essaierons alors d'envisager dans le cadre de la discussion des axes possibles d'amélioration des recommandations pour leur santé bucco-dentaire exposés dans la dernière partie de ce travail.

Chapitre I : Le sport et la population sportive de haut niveau

1.1 Le sport en France

1.1.1 Le sport : définition

L'activité physique est décrite selon l'OMS comme tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques, entrainant une dépense d'énergie supérieure à celle du repos. (1)

Les activités physiques et sportives représentent un continuum allant de l'inactivité à une activité au moins modérée jusqu'à la pratique d'activités d'intensité élevée de façon régulière, comme chez les sportifs de haut niveau. Elles se différencient ainsi selon l'intensité de l'effort produit.

Selon l'OMS, le sport est « un sous-ensemble de l'activité physique, spécialisé et organisé », c'est une « activité revêtant la forme d'exercices et/ou de compétitions, facilité par les organisations sportives ». (1)

1.1.2 La pratique sportive en France

L'enquête menée en 2010 par le comité national du sport, la direction des sports et l'Institut National des Sports, de l'Expertise et de la Performance (INSEP) a révélé que près de 65% des personnes âgées de 15 ans et plus et résidant en France, soit au total 34 millions d'individus, ont pratiqué de manière soutenue une activité physique ou sportive (hors éducation physique et scolaire) lors des douze derniers mois précédant l'enquête, c'est-à-dire au moins une fois par semaine. (2) Ce qui montre bien un réel engouement pour les activités physiques et sportives en France.

Cette enquête a également révélé que 43% de la population des 15 ans et plus de référence sont des pratiquants intensifs (plus d'une fois par semaine). En revanche, les personnes cumulant une pratique intensive au sein d'une structure privée ou d'une association sportive avec une participation à des compétitions ou des rassemblements sportifs ne sont plus que de 8% (3).

1.2 Le sport de haut niveau

1.2.1 Définition

Le sport peut être pratiqué de manière récréative comme un loisir ou alors en compétition. La course à la performance demande de nombreux engagements et un grand investissement de la part des athlètes pour accéder au sommet.

Le sport de haut niveau représente l'excellence sportive. Il est reconnu par différents textes législatifs et réglementaires (code du sport, instructions) et par la charte du sport de haut niveau qui consacre l'exemplarité du sportif de haut niveau (4).

1.2.2 Le sportif de haut niveau

Un sportif de haut niveau est inscrit sur la liste sélectionnant les sportifs les plus méritants aux vues de leurs compétences et de leurs performances. L'âge minimum requis est fixé à douze ans.

Les inscriptions sur la liste des sportifs de haut niveau sont réalisées annuellement. Les directeurs techniques nationaux des fédérations sportives concernées proposent des athlètes potentiellement sélectionnables, dans la limite de quotas. C'est ensuite la commission nationale du sport de haut niveau qui prend la décision finale (5).

D'après les chiffres avancés par le ministère de la Ville, de la Jeunesse et des Sports et la Direction des sports, au 15 novembre 2016, les sportifs de haut niveau étaient 6 225. Au même moment, les espoirs étaient 7 313, ce qui donne un total de 13 847 sportifs (2).

1.3 Une population spécifique du point de vue bucco-dentaire

1.3.1 Une population à risque

Pratiquer une activité sportive est indéniablement bénéfique pour le bien-être et la santé des individus. Ainsi, l'OMS a mis en place en 2015 une liste de recommandations de pratique d'activité physique en fonction de trois catégories d'âge afin de lutter contre la sédentarité et les facteurs de risques qui en découlent (6).

Cependant, lorsque le sport est pratiqué de manières intensive et poussée, en particulier pour le haut niveau, le rapport bénéfice-risque peut être rediscuté et devenir moins favorable (7). Les limites du corps poussées à l'extrême et un mode de vie modifié exposent ces athlètes à des risques en termes de santé générale et bucco-dentaire (7). En effet, de nombreux paramètres peuvent avoir un effet néfaste au niveau de la cavité buccale : l'alimentation, l'hydratation spécifique, la déshydratation buccale, le stress, l'immunodépression induite par l'exercice, les mauvaises habitudes d'hygiène bucco-dentaires, le manque de sensibilisation sur les pathologies spécifiques bucco-dentaires ou encore l'absence de priorité par rapport à leur hygiène bucco-dentaire (8). Ces paramètres peuvent alors affecter la préparation et les performances des athlètes de haut niveau induisant des douleurs, détresse, diminution du bien-être et de la qualité de vie et augmentation des marqueurs inflammatoires systémiques (9). Le maintien d'une bonne santé bucco-dentaire représente donc un réel défi au vu du nombre élevé de facteurs.

Il parait alors évident qu'une surveillance rigoureuse est un « impératif » dans le suivi des athlètes, conférant un rôle primordial au chirurgien-dentiste. Pendant trop longtemps, les suivis médicaux se sont concentrés sur les appareils circulatoires, respiratoires, locomoteurs, etc… Mais la cavité buccale et les dents ont été négligées, étant pourtant indissociables de la santé générale et remplissant leurs fonctions indispensables. Ainsi, l'organisation mondiale de la santé a reconnu lors du 8ème congrès de dentisterie préventive en 2005, que la santé bucco-dentaire faisait partie

intégrante de la santé et du bien-être en général et constituait un droit fondamental de l'homme (10). Le point rassurant porte sur le fait que les maladies bucco-dentaires sont évitables grâce à une prévention adaptée. De plus, des améliorations considérables peuvent être apportées si des programmes de santé publique appropriés étaient mis en place (10).

1.3.2 Risque de répercussions systémiques des pathologies bucco-dentaires

Il a été démontré qu'il existe un lien entre tendinopathies et foyers infectieux bucco-dentaires (11,12). Des atteintes buccales qui, à distance, pourront aggraver et parfois déclencher des pathologies allant au-delà de la sphère buccale (12). Toute pathologie inflammatoire dentaire ou parodontale, comme les gingivites, parodontites, pulpites ou infections intracanalaires, est à l'origine d'une bactériémie (13). Par exemple, les lésions carieuses intra ou juxta-pulpaires permettent le passage bactérien à travers la chambre pulpaire jusqu'à l'apex dentaire ; toute réaction apicale peut ainsi être responsable d'une bactériémie (11).

Historiquement, la notion d'infection focale d'origine buccale est apparue avec Miller en 1891 (14). La SFCO parle d'infection focale (15) dès lors que l'on retrouve une infection à distance et en lien avec un foyer infectieux initial primaire. L'infection focale d'origine bucco-dentaire signifie qu'un foyer infectieux oral peut être à l'origine d'une complication à distance.

Dans de nombreux cas où les sportifs se plaignaient de tendinopathies récidivantes qui les perturbaient dans leurs entrainements, des foyers dentaires ont été détectés et traités. Dès lors, les tendinites ont disparu et les entrainements ont repris normalement.

Toutefois ce concept demeure controversé puisqu'il est difficile de prouver de façon absolue l'origine buccale des germes responsables de ces infections focales à distance. Ainsi d'autres études doivent être entreprises afin d'obtenir suffisamment de

preuves pour établir de façon absolue un lien de causalité entre l'infection buccale et les tendinopathies (16).

1.3.3 Les différents risques bucco-dentaires

Les sportifs de haut niveau, du fait de leurs habitudes et de leur pratique intensive, peuvent cumuler des facteurs de risque pour leur santé buccodentaire, avec notamment une augmentation significative du risque carieux individuel (17).

L'objectif principal de ce travail est de montrer que le risque carieux des sportifs de haut niveau est augmenté de par l'action de nombreux paramètres qui seront analysés et qu'il existe donc certaines spécificités en termes de risque carieux individuel. Cependant, ce risque carieux n'est pas le seul à être impacté.

En effet, la pratique sportive est une des principales causes de traumatismes dentaires (18). Les études ont montré que le sport est incriminé dans près d'un tiers des traumatismes oro-faciaux (17). Le risque dépend en grande partie du type de sport exercé. Un sportif peut se blesser « seul » en cas de chute par exemple, mais le plus souvent, les traumatismes résultent de chocs directs entre sportifs. Il faut toutefois distinguer les traumatismes causés involontairement comme dans le cadre de sports collectifs de contact notamment (football, rugby, handball…) de ceux causés volontairement dans les sports de combat (19). Cependant, il existe des moyens pour réduire le risque de traumatismes bucco-dentaires, notamment avec le port de protections dento-maxillaires personnelles réalisées sur mesure par le chirurgien-dentiste (17).

Les sportifs de haut niveau sont également plus à risque d'érosion dentaire (9). De nombreux paramètres, comme par exemple la diminution du flux salivaire (20) durant l'effort ou la consommation de boissons énergétiques à fort potentiel érosif et cariogène, ont un impact négatif sur les dents (21,22). Selon une étude américaine

portant sur 304 athlètes universitaires, 36,5% des sujets présentaient des érosions dentaires (23).

Nous pouvons évoquer le cas particulier du nageur de compétition. En effet, l'athlète évolue plusieurs heures par jour dans un bassin comportant des acides et provoquant un phénomène d'érosion. Selon une étude menée portant sur la prévalence de lésions érosives sur 100 jeunes nageurs de moins de 25 ans et de haut niveau, 90% présentaient des érosions dentaires (24). Ces érosions sont plus fréquentes chez les nageurs passant le plus de temps par jour en piscine (24). Il peut s'avérer utile pour ce type de patient de proposer des gouttières de fluoration dans un but prophylactique.

Il existe des mesures de préventions simples d'hygiène buccodentaire afin de limiter les atteintes de ces différents risques.

1.4 Observations chez les sportifs de haut niveau

1.4.1 Le sport olympique

Les revues de la littérature relatives à l'impact de la santé bucco-dentaire sur le sport montrent qu'il y a peu d'études traitant de cette problématique et des soins dentaires spécifiques chez les sportifs de haut niveau (25). Bien que la littérature soit limitée sur ce sujet, une hygiène buccale relativement mauvaise est souvent rapportée pour ces athlètes (9,26,27).

Depuis 1996, une augmentation constante de la quantité mais aussi de la qualité des publications relatives aux blessures liées aux activités sportives a été observée (25). Cependant ce phénomène est beaucoup moins observé pour les publications concernant les blessures oro-faciales (25). Des analyses graphiques étudiant leur parution suggèrent qu'il y aurait une corrélation positive entre les années olympiques et le nombre de publications concernant la prévention des blessures dans le milieu sportif, dont les blessures faciales (25). Ceci montre bien l'importance de l'héritage olympique qui impacte positivement la médecine du sport mais également le sport lui-même de manière plus globale (25). Toutefois, des recherches supplémentaires portant sur la santé-buccodentaire et son impact sur le sport de haut niveau seraient pertinentes et permettraient d'agrémenter la littérature, pauvre sur ce sujet.

Les Jeux Olympiques sont un évènement sportif mondial qui accueille plus de 10 000 athlètes, d'environ 200 pays, qui se réunissent dans un pays hôte pour participer aux jeux sur une période de deux semaines. Cet évènement est mondialement suivi par tous les amoureux du sport. Il a été constaté, depuis 1932, qu'un nombre croissant de participants sollicitent la clinique dentaire pendant les Jeux Olympiques (28). Ainsi, le service des soins dentaires est devenu le deuxième service le plus fréquenté de la polyclinique du village olympique, juste derrière la physiothérapie (9,28,29).

Chaque pays hôte successif doit pouvoir fournir des soins dentaires de qualité avec une équipe de professionnels appropriée pendant toute la durée des Jeux Olympiques.

Cela nécessite une organisation parfaite et millimétrée. Les différents rapports des Jeux olympiques précédents permettent d'aider le Comité Internationale Olympique et le comité d'organisation du pays hôte à estimer le nombre de patients qui fréquenteraient le service, les jours et heures de plus grande influence, le nombre de professionnels requis pour garantir des soins dentaires de qualité et également estimer les types d'actes les plus pratiqués (30).

i. 1968 : J.O. de Mexico

Dès 1968, suite aux Jeux Olympiques de Mexico, Forest (1969) avait déjà alerté sur le mauvais état bucco-dentaire des sportifs participants (31). Sur place, il avait examiné 400 athlètes de plus de 30 pays différents et a même rapporté le cas d'une athlète détenant un record du monde qui, présentant une péricoronarite et infection, avait dû abandonner à mi-parcours de sa course (19).

L'un des premiers rapports sur les Jeux Olympiques était une étude pilote menée sur des athlètes britanniques avant les l'évènement de Mexico de 1968 ainsi qu'un sondage réalisé auprès d'autres athlètes participants (29). A cette période, l'utilisation de dentifrice fluoré était encore rare. Une moyenne de 3,5 dents cariées pour les athlètes britanniques a été rapportée, moyenne allant de 1,16 pour les athlètes africains à 4,5 pour les athlètes d'Amérique du Nord (19,29,31).

ii. 1992 : J.O. de Barcelone

Une étude portant sur les Jeux Olympiques de Barcelone a mis en évidence un impact négatif de la santé bucco-dentaire sur le bien-être et les performances des athlètes. En effet, les données ont rapporté un impact sur la vie quotidienne pour 41% des athlètes et 5% rapportant un impact sur leurs performances sportives (32).

iii. 2004 : J.O. d'Athènes

Le comité d'organisation a délégué à la faculté dentaire de l'université d'Athènes l'organisation du service dentaire de la polyclinique du village olympique. L'accès était réservé aux athlètes, aux entraineurs et membres du staff des équipes nationales ainsi qu'aux bénévoles, les visiteurs n'y avaient donc pas accès. 29 chirurgiens-dentistes du personnel universitaire ont été recrutés pour assurer les soins durant 31 jours (le service étant ouvert durant les 10 jours précédant l'évènement jusqu'à un jour après la cérémonie de clôture). Le service était opérationnel environ 15heures/jour. Une analyse sur la fréquentation du service avec les heures et jours de pointe a été effectuée afin de donner des informations cruciales aux futurs comités d'organisation pour les prochains Jeux Olympiques.

Durant cette période, 658 personnes ont fréquenté le service dentaire dont 325 athlètes.

Sport	Number of athletes
Athletics	75
Boxing	48
Swimming	30
Basketball	19
Field Hockey	15

Tableau I : Synthèse des sports les plus représentés parmi les athlètes ayant fréquenté le service dentaire de la polyclinique des JO d'Athènes de 2004

Source : Article Dental data of the Athens 2004 Olympic and Paralympic Games

On remarque une disparité selon les sports représentés par les athlètes ayant fréquenté le service.

65% ont consulté pour le soulagement d'une douleur (30). Parmi les traitements les plus fréquemment effectués, on a relevé 313 obturations, 100 dents traitées endodontiquement ou encore 65 avulsions (30).

Le rapport de Fasel et Piccininni de 2005 (28) a noté une évolution dans les prises de décisions de traitement, par la réduction du nombre d'avulsions en faveur de la réalisation de traitements endodontiques au cours des cinq Jeux Olympiques

d'Athènes, Sydney, Atlanta, Barcelone et Séoul. Il a également permis de mettre en évidence une baisse de la fréquentation de la clinique durant les Jeux d'été de 2004, en comparaison avec les précédentes éditions et les 30 années précédentes.

City	Number of dental patients
Mexico City (1968)	1030
Munich (1972)	2278
Montreal (1976)	439
Moscow (1980)	no data
Los Angeles (1984)	630
Seoul (1988)	no data
Barcelona (1992)	681
Atlanta (1996)	906
Sydney (2000)	1200
Athens (2004)	658

Tableau II : Nombre total de patients traités au service dentaire durant les Jeux Olympiques d'été, depuis 1968

Source : Piccininni PM, Fasel R, Sports dentistry and the olympic games

En comparaison avec les Jeux Olympiques d'Athènes, le nombre de patients ayant fréquenté le service aux Jeux de Sydney est presque le double (30). A titre indicatif, le nombre de protections dento-maxillaires fabriquées à Sydney est de 400 contre 57 à Athènes. Lors de l'évènement sportif d'Athènes, ces dispositifs n'étaient fournis que sur demande, pour les athlètes ayant droit, pratiquant un sport à haut risque ; de plus, aucun produit dentaire n'était donné aux patients. La clinique dentaire a été mise en place dans le seul but de prodiguer des soins d'urgence (30).

Cette diminution de fréquentation pourrait également être corrélée à une augmentation de la qualité de la prise en charge dentaire des athlètes dans leur pays d'origine. Cependant, de grosses lacunes en termes de prise en charge et de prévention dentaires en amont de ces compétitions sont mises en avant. D'après les auteurs du rapport sur le service dentaire de la polyclinique d'Athènes, seul le staff médical de la délégation brésilienne était accompagné d'une équipe dentaire (30). Les comités nationaux olympiques des différents pays participants devraient désormais aller dans le même sens afin d'éviter au maximum le recours aux soins d'urgence durant un tel évènement sportif.

iv. 2008 : J.O. de Pékin

La polyclinique du village olympique des Jeux de Pékin a été opérationnelle durant 40jours (33). Sur cette durée, 80 chirurgiens-dentistes ont pratiqué des soins dentaires contre seulement 29 praticiens lors des Jeux d'Athènes. Les athlètes, les entraineurs et tout le staff des délégations, les dirigeants de l'évènement ainsi que les bénévoles ont pu avoir accès à la clinique.

En tout, 1607 consultations impliquant 1126 patients ont nécessité des soins dentaires, dont 795 consultations pour 516 athlètes (le nombre de patients est moins important car parfois le traitement d'une dent a nécessité 2 voire plusieurs visites ; ainsi le nombre de consultations est le chiffre clé pour estimer la quantité de travail pour un dentiste) (33). Les traitements les plus fréquemment réalisés à Pékin ont été les obturations définitives (410), traitements endodontiques (211), détartrages (184) ou encore traitements de péricoronarite (166) (33).

	Teeth/cases
Permanent filling	410
Root-canal treatment with finished filling	211
Hygiene (case)	184
Pericoronitis treatment	166
Education only (case)	155
Mouthguard (case)	122
Sensitive treatment	77
Periodental treatment	63
Temporary filling	50
Root-canal treatment with unfinished filling	50
Extraction	47
Teeth new fracture treatment	22
Mucosa (case)	15
Refixed crown/bridge	7
Orthodontic (case)	7
Abscess	6
Repair denture	4
Trauma (case)	4
Fix loose implant	3
Temporomandibular disorder (case)	2
Trauma teeth fixed (cases)	2
Total	1607

Tableau III: Traitements dentaires effectués au service dentaire de la polyclinique des JO de Pékin en 2008

Source : Article Dental service in 2008 Summer Olympic Games

47 dents ont été extraites durant ces 40 jours contre 370 cas d'avulsions à Mexico en 1968. Seulement 6 cas de traitements d'abcès d'urgence ont été rapportés. Cela pourrait indiquer que le niveau de santé bucco-dentaire global des athlètes progresse régulièrement depuis 40 ans (33).

Pas tous, mais beaucoup de pays ont réalisé que la mise à disposition d'une équipe dentaire dans leur staff médical semblait nécessaire (34).

v. 2012 : J.O. de Londres

Les rapports des Jeux Olympiques précédents indiquent qu'il existe un besoin important en soins bucco-dentaires pour ces athlètes et suggèrent qu'il y aurait un nombre élevé de pathologies bucco-dentaires chez les athlètes.

Needlman et Ashley ont ainsi mené une étude portant sur des athlètes, de plus de 25 sports différents, participant aux Jeux Olympiques de Londres de 2012 et ayant fréquenté le service dentaire de la polyclinique du village (31). Les consultations dentaires représentaient 30% des consultations médicales et venaient en 2ème position derrière les consultations pour problèmes musculo-squelettiques.

278 sportifs d'élite ont répondu à un questionnaire évaluant l'impact de la santé bucco-dentaire sur leur bien-être, leur préparation et leurs performances et un examen clinique a été effectué (31). 46,5% d'entre eux ont rapporté ne pas avoir consulté de chirurgien-dentiste dans les 12 mois précédant les jeux pour un contrôle ou un détartrage. Plus de la moitié des athlètes, soit 55,1% présentaient des caries dentaires à l'examen dont 41% étaient déjà irréversibles et dentinaires (31).

L'examen clinique a révélé une moyenne de deux dents touchées par des caries amélaires ou dentinaires par athlète et une moyenne de 3,44 dents restaurées par athlète (31). D'autres pathologies bucco-dentaires ont aussi été mises en avant : érosions dentaires (44,6%) gingivite (76%) ou encore parodontite (15%).

De plus, le questionnaire a permis de montrer l'impact négatif de la santé bucco-dentaire sur le bien-être et l'activité sportive des athlètes ; en effet, sur les athlètes s'étant présentés à la clinique :

- Plus de 40% étaient gênés par leur santé-bucco-dentaire,
- 28% ont signalé un impact sur leur qualité de vie
- 18% ont signalé un impact sur leurs préparation et performances ; beaucoup plus élevé que celui relevé lors des JO de Barcelone en 1992 (5%) (32).

Les caries dentaires présentaient une association statistiquement significative avec les différents impacts rapportés par les athlètes :

- Athlètes « gênés » par leur santé-bucco-dentaire : $p<0,001$
- Impact sur leurs préparation et performances : $p <0,001$
- Impact sur leur qualité de vie : presque statistiquement significatif ($p = 0,066$) (31)

Ceci peut s'expliquer par l'expérience douloureuse de la carie et des différentes répercussions qu'elle engendre. S'alimenter devient plus difficile, avec des répercussions fonctionnelles et métaboliques considérables. L'athlète n'a alors plus une nutrition optimale pour s'entraîner et assurer ses apports énergétiques importants. En cas de douleur, il est plus difficile de se concentrer sur un effort qui peut demander des souffrances physiques afin de progresser. De la même manière, la douleur perturbe le sommeil de l'athlète, pourtant essentiel dans la récupération (19). L'athlète n'évolue plus dans un environnement optimal, et son entraînement devient inefficace, d'où une baisse de progression et de performance. De surcroît, si la douleur se déclenche à quelques jours voire le jour de la compétition, l'athlète peut être amené à l'abandon.

La fréquentation du service diffère selon les disciplines qui ne sont pas représentées équitablement :

Track and field	95	34.9
Boxing	38	14.0
Hockey	31	11.4
Swimming	21	7.7
Waterpolo	11	4.0
Judo	10	3.7
Volleyball	8	2.9
Shooting	7	2.6
Football	6	2.2
Weightlifting	6	2.2

Tableau IV : Top 10 des sports les plus représentés parmi les athlètes ayant fréquenté le service dentaire de la polyclinique des JO de Londres de 2012

Source : Article de Needlman et al Oral health and impact on performance of athletes participating in the London 2012 Olympic Games: a cross-sectional study

Toutefois, l'échantillon des athlètes inclus dans cette étude peut être remis en cause car les athlètes sont ceux ayant fréquenté le service dentaire de la polyclinique. Par conséquent, ils ne peuvent pas représenter la santé orale de tous les athlètes. Cependant, les raisons de fréquentation n'étaient pas uniquement en lien avec des douleurs et problèmes buccaux, le programme de protection dento-maxillaire et d'examen buccal gratuits a permis d'attirer d'autres athlètes que ceux présentant une douleur. Cette accessibilité au service dentaire pour les athlètes va dans le sens de la déclaration de consensus du Comité international Olympique de 2009 (35) sur l'évaluation périodique de la santé des athlètes de haut niveau. En effet, suite aux différentes publications rapportant une mauvaise santé bucco-dentaire des athlètes olympiques, le CIO a été amené à agir et à lancer des appels à tous les pays concernés. La déclaration de consensus a promu le développement de programmes de prévention de santé bucco-dentaire, qui devraient devenir un élément essentiel des soins dispensés à ces athlètes élites. Une mauvaise santé bucco-dentaire peut avoir des conséquences considérables si elle n'est pas prise en charge, avec notamment un besoin important de traitements complexes, des pertes de dents, des troubles fonctionnels avec des répercussions systémiques et psychologiques pour l'athlète (9).

Nonobstant, des études complémentaires avec un échantillon plus représentatif d'athlètes sont nécessaires. On pourrait s'attendre à des différences entre les sports et les pays, nécessitant alors une approche multicentrique internationale.

vi. 2016 : J.O. de Rio

Kragt et *al* ont lancé un dépistage visant à évaluer la santé bucco-dentaire mené auprès des athlètes d'élite du comité olympique néerlandais (36). Au total, 116 athlètes d'élite éligibles aux Jeux Olympiques et Paralympiques de Rio de Janeiro de 2016 ont été inclus dans l'étude. 15% des athlètes avait un indice DMFT (decayed, missing, filled teeth index, équivalent à l'indice CAO) supérieur à 10, ce qui indique une santé bucco-dentaire altérée. 27,3% ont rapporté que leur santé bucco-dentaire a eu un impact sur leur qualité de vie. De plus, presque la moitié des athlètes, 43%, devaient consulter leur chirurgien-dentiste traitant pour réaliser des soins dentaires. Les praticiens examinateurs ont diagnostiqué des caries dentaires chez 20% d'entre eux. Ceci est d'autant plus étonnant que 81% des athlètes reportaient avoir consulté leur praticien traitant dans les 12 derniers mois. Cette étude a ainsi mis en avant des résultats assez surprenants sur la santé bucco-dentaire de cet échantillon d'athlètes néerlandais.

1.4.2 Analyse bibliographique portant sur les pathologies bucco-dentaires dans la population des sportifs de haut niveau, de 1983 à 2018

- Etude de 1983 portant sur 34 footballeurs professionnels, *Dental Trauma and Disease in 34 Professional Athletes*

34 joueurs professionnels de football ont été examinés. 18 d'entre eux présentaient des problèmes dentaires dont d'importantes caries dentaires : 21% présentaient des caries actives. (37)

- Essai clinique de 1990 sur 30 footballeurs suédois avec un groupe contrôle, *Dental caries in players belonging to a swedish soccer team :*

Un rapport publié en 1990 a mis en avant une étude réalisée sur 30 joueurs de football d'élite suédois, âgés de 17 à 30 ans et 30 individus du même sexe, même âge, même milieu social, mais non pratiquants d'activité sportive, constituant le groupe contrôle. La valeur moyenne de l'indice DFS, l'indice de plaque et la présence de *streptococcus mutans* et de lactobacilles étaient moins favorables pour le groupe de joueurs de football d'élite par rapport au groupe contrôle. Ainsi, ils semblaient être plus à risque de développer des caries dentaires (38).

- Etude de 1996 portant sur 467 cyclistes de la fédération de cyclisme britannique, *Evaluation of elite British cyclists : the role of the squad medical*

Dans le cadre de la visite médicale annuelle dirigée par la fédération britannique de cyclisme, un examen dentaire complet est réalisé. Le rapport de 1996 décrit les données relevées lors des examens de 1990 à 1995. Il a révélé que sur un total de 467 cyclistes d'élite examinés lors de ces cinq années, 21% d'entre eux nécessitaient des traitements dentaires supplémentaires (39). En 1992, trois coureurs présentaient des problèmes dentaires qui avaient déjà été identifiés lors de l'examen médical de l'année précédente. Ce rapport confirme que trop souvent les cyclistes passent outre les soins de santé les plus élémentaires et ne bénéficient pas d'une prise en charge optimale (39).

- Etude de 2011 portant sur 30 footballeurs professionnels, *Study of the effect of oral health on the physical condition of professional soccer players of Football Club Barcelona :*

Une étude publiée en 2011 a évalué la santé bucco-dentaire de 30 joueurs professionnel de football du FC Barcelona afin d'explorer une possible corrélation entre le contexte bucco-dentaire et le développement de blessures sportives.

L'indice DMFT moyen était de 5,7 avec en détail (40):

  - Moyenne des caries actives : 2,2

- Moyenne des dents obturées : 2,9
- Moyenne d'obturations absentes : 0,6

Une comparaison de l'indice DMFT des joueurs professionnels avec celui d'étudiants en chirurgie dentaire, du même âge, de l'Université de Barcelone a mis en avant quelques différences. La moyenne du DMFT des étudiants était de 5,0, cependant la moyenne de caries actives était nettement inférieure à celle des joueurs : 0,9. Ceci a montré que les joueurs présentaient plus de caries actives, ce qui peut s'expliquer par le fait que les étudiants en chirurgie dentaire sont plus sensibilisés au traitement des caries (40).

- Revue systématique de la littérature de 2014 : *Oral health of elite athletes and association with performance : a systematic review*

Ashley et *al* (9) ont effectué une revue systématique de la littérature sur une période étendue, de 1950 à octobre 2013, afin d'analyser la santé bucco-dentaire des athlètes d'élite. Au final, 34 études ont été sélectionnées et analysées (9).

Les données de cette revue suggèrent une mauvaise santé bucco-dentaire des athlètes. Ce constat est d'autant plus frappant sachant qu'à l'inverse, leur santé générale est excellente. De plus, les pathologies bucco-dentaires mises en avant dans la revue sont évitables, à savoir la carie dentaire, l'érosion, les maladies parodontales. Jusqu'à 75% des athlètes examinés, selon les études, avaient une ou plusieurs dents cariées (9).

Sport	Study type	Author/number of participants	Caries
Biathlon	Epidemiological survey (oral examination)	Lundell[24] n=31	22% with caries
Cycling	Epidemiological survey (oral examination)	Milosevic *et al*[27] n=20	Mean DMFS=11.6 (SD 8.4)
Football	Epidemiological survey (oral examination)	de Sant'Anna *et al*[15] n=18	Mean DMFT=8
		Gay-Escoda *et al*[21] n=30	Mean DMFT=5.7 (SD 4.1)
		Randell[31] n=34	21% with untreated caries/pulp exposures
Olympic sports/ Mixed sports	Epidemiological survey (oral examination)	de Cardenas[14] n=209	75.12% with caries
	Injury or treatment audit	Forrest[19] n=350	Mean DMFT ranged from 2.8 to 16.8
		Needleman *et al*[1] n=278	41% with caries into dentine
		Szekely[37] n=197	Caries was 23% of all diseases
		Sharma *et al*[33] n=342	Fillings/temporary fillings 20%, endodontics 3%, extractions 1%
		Soler Badia *et al*[34] n=266	Broken/lost filling 20%, pulpitis 18%, caries 15.8% (athletes only)
		Vougiouklakis *et al*[38] n=658	Fillings/temporary fillings 50%, endodontics 13%, extractions 16% Data from athletes and non-athletes
Swimming	Epidemiological survey (oral examination)	Yang *et al*[39] n=795	Fillings/temporary fillings 29%, endodontics 16%, extractions 3% Data from athletes and non-athletes
		Milosevic *et al*[27] n=205	DMFS=6.2 (SD 8.6)
Triathlon	Epidemiological survey (oral examination)	Bryant *et al*[11] n=31	DMFT 0–4 in 6 cases, 9 in 2 cases Patients self-reported as moderate to high caries risk
Wrestling	Epidemiological survey (oral examination)	Persson and Kiliaridis[29] n=51	DFT 9.4 (SD 3.9) wrestlers DFT 8.2 (SD 5.5) control population

Tableau V : Résultats de la méta-analyse de Ashley et al portant sur la prévalence des caries chez les athlètes de haut niveau

Source : Oral health of elite athletes and association with performance: a systematic review, 2014

Cette mauvaise santé bucco-dentaire des athlètes ne semble pas être liée à l'accès aux soins dentaires de qualité. En effet, de nombreux athlètes participant aux études provenaient de pays dotés en matière de système de santé bien développés. Cela suggère donc que les stratégies actuelles en matière de prise en charge bucco-dentaire des athlètes d'élite ne sont pas efficaces pour maintenir une bonne santé orale.

Les données provenant d'études portant sur la santé bucco-dentaire et les performances suggèrent qu'une santé bucco-dentaire altérée a un effet négatif sur l'entrainement, la préparation et les performances selon les ressentis déclarés par les athlètes eux-mêmes. Il est très plausible qu'elle puisse affecter les performances compte tenue de ses effets bien connus sur la qualité de vie et des multiples répercussions systémiques (41). Une performance diminuée due à une mauvaise santé orale est inadmissible pour des athlètes de haut niveau, mais également évitable.

Cependant, il a été compliqué pour les auteurs de tirer de fortes conclusions significatives aux vues des limites que comporte cette revue. Bien que 34 études aient été sélectionnées, la plupart portaient sur les traumatismes dentaires et moins de la moitié traitaient plus largement de la santé bucco-dentaire avec ses différentes pathologies. La faible qualité méthodologique de nombreuses études a également posé problème. En général, toutes les études étaient sujettes à une ou plusieurs formes de biais méthodologiques. Un autre problème récurrent est le manque de données concernant les groupes de comparaison au sein des études, à savoir les sujets non sportifs d'élite contrôles. Il est donc plus difficile de déterminer la part du risque spécifique de pathologies bucco-dentaires imputables au sport de haut niveau (9).

- Etude de 2015 portant sur 187 footballeurs professionnels d'équipes britanniques, *Poor oral health including active caries in 187 UK professional male football players : clinical dental examination performed by dentists*

Suite aux différents rapports concernant la santé orale des joueurs de football, premier rapport de 1983 (37), rapport sur les footballeurs du FC Barcelone cité auparavant (40), Needleman et Ashley ont voulu évaluer la santé bucco-dentaire de 187 joueurs évoluant dans 8 clubs professionnels anglais et ainsi apporter d'avantage de puissance à leur étude en augmentant significativement la taille de l'échantillon (42). L'âge moyen des athlètes était de 24 ans. Environ ¾ d'entre eux ont rapporté avoir réalisé un contrôle dentaire auprès d'un chirurgien-dentiste durant les 12 derniers mois.

Les résultats de l'étude ont à nouveau mis en avant une mauvaise santé bucco-dentaire pour ces athlètes de haut-niveau. En effet, 37% présentaient des caries actives à l'examen clinique, l'indice DFT moyen était de 4,6. 53% présentaient des érosions et une gingivite était relevée chez plus de 8 joueurs sur 10 (42).

Ils ont également noté l'augmentation des maladies bucco-dentaires avec l'âge : le nombre de restaurations et caries augmentait selon l'âge des athlètes, entre la tranche d'âge des 16-24 ans et celle des 25-34 ans. L'enseignement en matière de santé bucco-dentaire et de prévention est donc à promouvoir pour les jeunes joueurs de football. Trop peu d'équipes intègrent un suivi bucco-dentaire au sein des soins médicaux. Il est intéressant de noter que la prévalence des caries dentaires variait considérablement entre les 8 clubs différents, ce qui laisse supposer l'existence de différences dans la politique de prévention et de prise en charge bucco-dentaires entre les différentes structures (42).

Cette enquête a donc montré des niveaux élevés de mauvaise santé bucco-dentaire avec des impacts associés chez les footballeurs professionnels. 10% des joueurs ont signalé des douleurs dentaires. Les impacts rapportés étaient fréquents :

- 45% des joueurs étaient « gênés » par leur santé bucco-dentaire
- Près de 20% ont déclaré que cela affectait leur qualité de vie
- 7% que cela affectait leur préparation et leurs performances

Par ailleurs, les caries dentinaires avaient un lien statistiquement significatif ($p<0,007$) avec ces impacts rapportés par les athlètes (42).

- Etude de 2018 portant sur 96 athlètes masculins turcs, *The relation between performance and oral health in male athletes*

L'étude réalise par l'équipe turque de Yapici et al (43) en 2018 avait pour but d'investiguer la relation entre la santé bucco-dentaire et la performance sportive. 96 athlètes masculins, d'âge moyen de 20,4 ans, ont effectué des tests de vitesse et d'agilité afin d'analyser d'éventuelles différences de performance. 26,1% ont rapporté avoir un suivi dentaire régulier et seulement 29,2% effectuent deux brossages quotidiens, voire plus (43).

Lors de l'examen clinique, l'indice DMFT moyen relevé était de 3,9 et le nombre moyen de caries actives était de 2,7. 70,8% des athlètes ont une ou plusieurs dents cariées. Ces chiffres suggèrent donc que ces athlètes turcs, tout comme ceux d'autres pays, n'attachent pas une importance suffisante à leur santé bucco-dentaire (43).

42,7% des hommes présentaient un DMFT ≥4, sachant que le facteur, le plus important affectant le DMFT, était le nombre de dents cariées. Le groupe avec l'indice DMFT <4 a obtenu de meilleurs scores, comparé au groupe avec DMFT≥4 lors des tests d'agilité et de vitesse. Les valeurs du coefficient de corrélation de ces tests étaient toutes significatives avec p<0,01 (43).

Les résultats de cette étude ont donc mis en avant une corrélation positive entre l'indice DMFT et les tests de performances. Un nombre important de dents cariées, absentes et obturées a eu un impact négatif sur les performances et prolonge la réalisation des tests. Cependant, l'échantillonnage de l'étude s'est limité au sexe masculin, correspondant à un biais d'inclusion, les résultats obtenus ne peuvent donc pas être généralisés à l'ensemble des athlètes (43).

- Essai clinique sur 4 années publié en 2018 analysant 27 sports différents avec des triathlètes pour plus de la moitié des athlètes inclus, *Clinical management and prevention of dental caries in athletes : a four-year randomized controlled clinical trial*

L'essai clinique contrôlé randomisé de 4 ans de Frese et *al* (44) avait pour objectif principal de mieux comprendre la prise en charge et la prévention de la carie et les effets des produits à base de fluor chez les athlètes. 27 sportifs ont pris part aux différents contrôles dentaires biannuels. Le chirurgien-dentiste leur procurait également, lors de cette séance, des recommandations d'hygiène bucco-dentaires et réalisait un nettoyage prophylactique. Les participants dont des lésions carieuses irréversibles avait été diagnostiquées ont été adressés, soit dans le service où s'effectuait les contrôles de l'étude, soit chez leur dentiste traitant.

Il a été montré que les surfaces dentaires exemptes de caries ont augmenté durant les 4 années, grâce aux traitements des caries détectées et aux recommandations données permettant de diminuer l'apparition de nouvelles lésions carieuses (44).

Associé aux examens dentaires réguliers, le risque de développer une nouvelle atteinte carieuse était 17 fois moins important après 2 ans d'étude et 25 fois moins important après 4 ans. Ce qui a conduit les auteurs à conclure que des séances de contrôle biannuels devraient être mises en place dans le suivi des athlètes pour détecter le plus précocement possible les lésions carieuses actives (44).

- Etude de 2018 sur 344 athlètes britanniques de 11 sports différents : *Oral health and performance impacts in elite and professional athletes*

L'équipe de Gallagher et *al* (26) a réalisé une étude transversale sur 344 athlètes d'élite et professionnels britanniques de 11 sports différents. Il s'agit de la première grande étude sur un échantillon représentatif de la santé bucco-dentaire chez des athlètes de différents sports pratiqués au haut niveau.

Les caries dentaires ont été évaluées à l'aide du score ICDAS (International Caries Detection and Assessment system). Des lésions carieuses (score ICDAS ≥3) ont été détectées chez 173 athlètes, soit 49,1% (au moins 1 dent atteinte). Parmi eux, le nombre moyen de dents touchées était 2. La probabilité d'avoir des caries dans les sports mixtes/d'équipes étaient 2,4 fois plus grandes que chez les athlètes d'endurance.

Concernant les ressentis auto-déclarés par les athlètes, 169 ont déclaré un score non nul pour un ou plus impacts psychosociaux au cours des 12 derniers mois :

- Difficultés à boire ou manger : 34,6%
- Difficultés à se détendre (y compris dormir) : 15,1%
- Difficultés à sourire, rire ou montrer les dents sans gêne : 17,2%

Au total, 32% ont rapporté un score non nul pour un ou plusieurs impacts sur les performances sportives durant les 12 derniers mois avec 29,9% d'entre eux qui ont rapporté avoir souffert d'une douleur orale. 5,8% ont ressenti leur performance affectée et 3,8% ont même dû réduire leur volume d'entrainement.

Plusieurs problèmes concernant la santé bucco-dentaire rapportés étaient associés à des impacts sur le bien-être ou la performance sportive rapportés par les athlètes : douleur ou problème actuel liés aux dents ($p<0,001$) ou encore, sensibilité au chaud ou froid ($P= 0,006$).

Cette étude présente plusieurs points forts. En effet, il s'agit de l'étude la plus robuste sur le plan méthodologique évaluant la santé bucco-dentaire et les impacts rapportés par les athlètes sur leurs performances. C'est une des plus grandes études sur la santé bucco-dentaire dans le sport de haut niveau avec un échantillon de 352 athlètes inclus. Dans chaque sport, 75 à 100% des athlètes ont répondu favorablement, l'athlétisme étant la seule exception à 26%. Tous les examens ont été effectués par un seul dentiste examinateur et expérimenté. L'inclusion de différents sports permet la comparaison de l'état bucco-dentaire pour la première fois. Ainsi, on peut raisonnablement généraliser les résultats aux sports d'élite et professionnels au Royaume-Uni. Une différence de prévalence des maladies bucco-dentaires entre les sports a été mise en avant ; une analyse plus poussée de la santé bucco-dentaire et des comportements à risques auto-déclarés peut fournir un aperçu des raisons de cette différence. A noter qu'aucune radiographie n'a été prise dans cette étude, les estimations de la maladie peuvent, par conséquent, sous-estimer la prévalence réelle.

- Conclusion de cette analyse bibliographique des pathologies bucco-dentaires chez les sportifs de haut niveau

Ces études montrent bien que malgré un suivi médical pointu et sophistiqué, un sportif de haut niveau n'est pas nécessairement mieux averti des pathologies bucco-dentaires et mieux pris en charge que tout autre personne, bien au contraire. Une mauvaise santé bucco-dentaire peut avoir des impacts sur le bien-être des athlètes, leur préparation et leurs performances. Ce qui est inacceptable à un tel niveau, où un rien peut faire la différence pour atteindre le sommet de leur discipline. Ces études ont mis en avant un nombre très élevé de lésions carieuses détectées chez ces athlètes. Les effets des caries sur la qualité de vie sont connus (45,46). Il va désormais être intéressant d'analyser les différents paramètres spécifiques qui influent sur le risque carieux des sportifs de haut niveau

1.5 Cariologie

1.5.1 La carie dentaire : définition

La carie est une maladie infectieuse et transmissible post-éruptive des tissus durs de la dent (émail, dentine, cément). C'est un phénomène multifactoriel et complexe qui aboutit à la déminéralisation des tissus qui sont affectés à des degrés variables : allant d'une simple perte de minéraux non détectable à l'œil nu à une destruction complète de la dent. Ce processus de déminéralisation est dynamique et réversible aux stades initiaux tandis qu'aux stades d'atteintes plus avancés, le processus peut être stoppé par des mesures thérapeutiques mais les tissus dentaires déminéralisés ne seront pas restaurés à leur état d'origine (47–50).

D'après le schéma de Keyes, la maladie carieuse implique 3 facteurs (50) :

- La présence de micro-organismes cariogènes
- L'alimentation contenant des hydrates de carbone fermentescibles
- Les capacités de défense de l'hôte contre ces micro-organismes. Ces capacités de défense correspondent à des caractéristiques intrinsèques à chaque patient, incluant le système immunitaire local, les aspects qualitatifs et quantitatifs de la salive, la forme des dents, la porosité de l'émail…

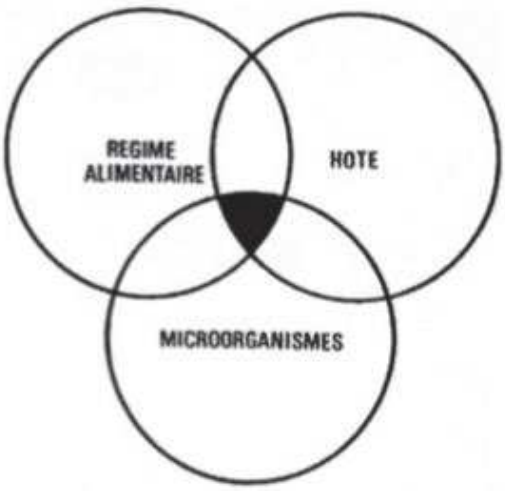


Figure 1 : La trilogie de Keyes

Source : Research in dental caries, Keyes PH, 1968

Un 4ème facteur rentre en jeu dans le schéma de Keyes modifié par la théorie de Newburn en 1978 (51). Le temps durant lequel ces trois facteurs sont réunis en bouche pour interagir et provoquer une baisse du pH sous le seuil de 5,5, auquel les cristaux d'hydroxyapatite commencent à se dissoudre.

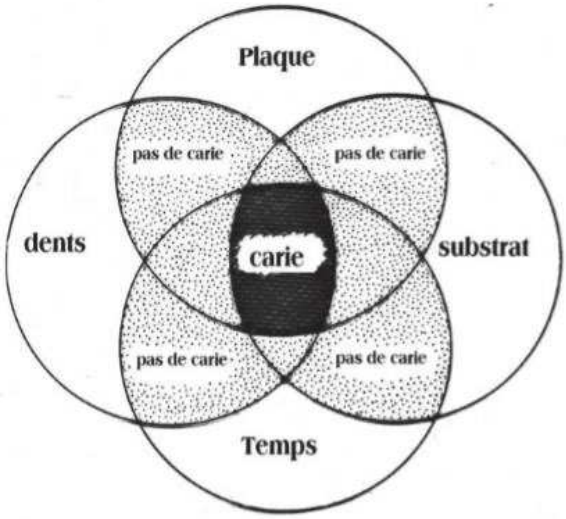


Figure 2 : La trilogie modifiée de Keyes

Source : Cariology, Newburn, 1989

Chez l'athlète de haut niveau nous savons que certains de ces facteurs sont modifiés par une hygiène de vie adaptée à leur sport et leur pratique.

1.5.2 Les bactéries cariogènes

La présence de bactéries dans la cavité buccale est liée à leur capacité à résister aux mécanismes naturels d'élimination propres à la bouche : en particulier la chasse salivaire et la friction triturante, auxquelles s'ajoutent les mesures d'hygiène buccale (52). Certaines bactéries tirent profit de zones protégées ou d'anfractuosités à la surface des dents pour proliférer, mais elles peuvent en être facilement délogées. D'autres souches bactériennes, par contre, se fixent aux surfaces disponibles et résistent aux mécanismes naturels d'élimination (53).

A ce titre, l'adhésion bactérienne est considérée comme un facteur étiologique déterminant primordial (50). En effet, une bactérie ne pourra se multiplier à l'intérieur de la cavité buccale que si elle a pu se fixer préalablement à une surface. L'adhésion à la surface dentaire se fait par l'intermédiaire de la pellicule exogène acquise (PEA) (50).

Elle est composée de protéines et glycoprotéines salivaires. Cependant, différents motifs de ces protéines salivaires humaines sont reconnus spécifiquement par des adhésines bactériennes. Elles vont alors contribuer à la première phase de la plaque dentaire : l'adhésion. Les colonisateurs précoces interagissent avec de nouvelles bactéries et permettent leur agrégation. L'étape suivante de co-agrégation est saccharose-dépendante : la maturation et l'épaississement de la plaque ne peut se faire seulement si suffisamment de sucres est au contact de celle-ci (50).

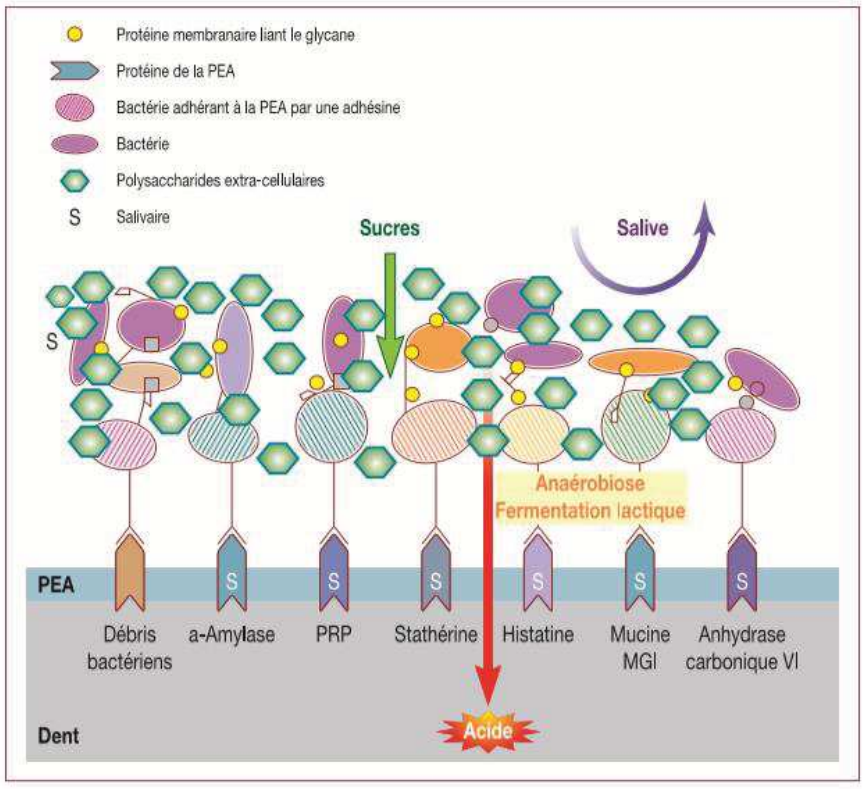


Figure 3 : Facteurs de virulence de la plaque cariogène : co-agrégation à la surface dentaire, synthèse de polysaccharides extracellulaires et fermentation lactique.

Source : *Pelat et al. ,* Plaques bactériennes dentaires : approche biochimique. Potentiels cariogène et parodontopathogène. Encyclopédie Médico-Chirurgicale Stomatologie, 2002

Le biofilm constitue donc un écosystème très complexe, au sein duquel les bactéries vivent en micro- colonies, encapsulées dans une matrice extrapolymérique (polymères provenant à la fois des bactéries et de la pellicule exogène acquise) (50). Celle-ci confère au biofilm son haut pouvoir pathogène en facilitant la co-agrégation des bactéries et en constituant une source d'énergie qui permet aux bactéries de survivre, en les protégeant des défenses de l'hôte et en augmentant leur résistance aux agents anti-microbiens (50). En effet, le biofilm isole la surface dentaire des systèmes tampon de la salive et offre des conditions d'anaérobioses. Le potentiel pathogène des bactéries est donc augmenté grâce à leur organisation en biofilm (54).

Au sein de la matrice, les bactéries communiquent grâce à des canaux aqueux qui leurs permettent également le passage, entre autres, des nutriments nécessaires à la survie des bactéries. Une réelle synergie opère entre les différentes espèces par la mise en commun des réserves énergétiques. De ces colonies peuvent ensuite se détacher certaines bactéries qui iront coloniser d'autre sites (50,55).

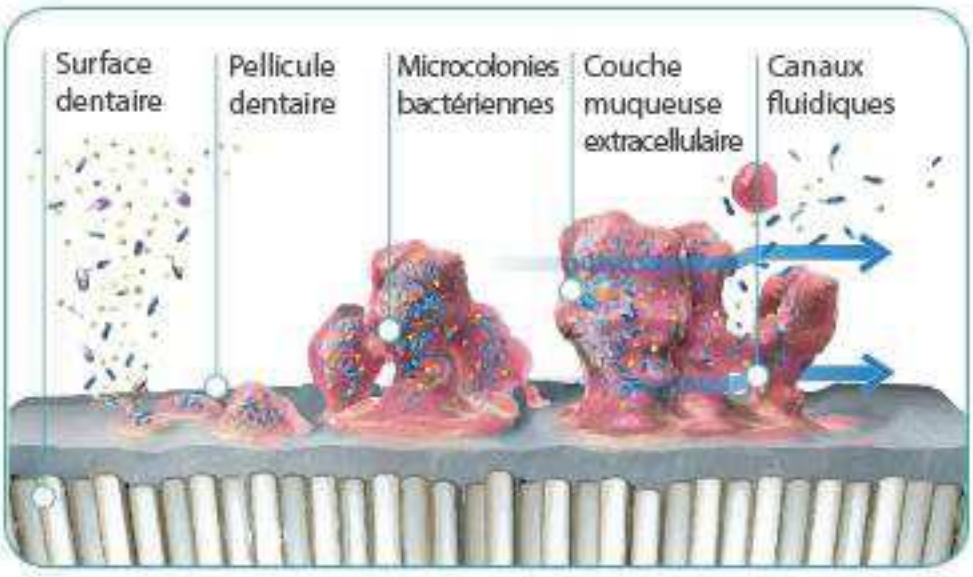


Figure 4 : Formation du biofilm bactérien : biofilm de plus en plus épais, organisé et imperméable aux défenses salivaires de l'hôte

Source : https://fr.intersurgical.com/info/oralcareensavoir

Une bactérie cariogène possède trois critères de virulence :

- Acidogène, c'est-à-dire qu'elle rejette beaucoup d'acide de par leur métabolisme (notamment de l'acide lactique)
- Acidophile, sa croissance est favorisée en milieu acide

- Capable de synthétiser des polymères glucidiques à l'extérieur du corps bactérien (50)

Les principaux groupes de bactéries impliqués dans la physiopathologie de la carie dentaire sont les streptocoques, du groupe *streptococcus mutans* et *streptococcus sobrinus*, ainsi que les lactobacilles (53,56).

1.5.3 Le processus carieux

L'émail est constitué dans sa grande majorité de cristaux minéraux d'hydroxy-apatite solubles à pH acide (53). Les bactéries cariogènes liées aux surfaces dentaires (amélaires et dentinaires) métabolisent les sucres fermentescibles de l'alimentation pour leur survie. Ce métabolisme de sucre cariogène se fait en profondeur de la plaque, c'est un processus de fermentation (50). Les produits issus de cette glycolyse sont des acides, principalement de l'acide lactique. Ils vont alors diffuser à travers le biofilm constitué et provoquer une chute du pH local et la dissolution des phosphates de calcium qui constituent la trame minérale de l'hydroxy-apatite des tissus dentaire (53). La baisse du pH en dessous de 5,5, qui correspond au pH critique, est suffisante pour attaquer l'émail et la dentine (53).

A pH acide, l'émail et/ou la dentine se déminéralisent. Sur le plan moléculaire on note une libération d'ions Ca++ et PO4-- dans la salive pouvant alors entrainer une cavitation de la dent. Entre les périodes acides, les systèmes tampon de la salive diffusent dans le biofilm et neutralisent les acides présents. Stoppant ainsi la fuite de calcium et phosphate et faisant remonter le pH buccal grâce à ses deux systèmes tampons ainsi qu'à sa richesse en ions phosphate et calcium (50). La reprécipitation des cristaux de phosphates de calcium se produit à la surface du tissu calcifié à l'aide des ions Ca++ et PO4—libérés lors de la dissolution : c'est la reminéralisation (53).

Suite à cette dissolution initiale des cristaux de l'émail, plusieurs situations sont possibles :

- Si le processus de déminéralisation se répète fréquemment, la déminéralisation progresse et peut ainsi induire la formation d'une cavité.
- Au contraire, si les ingestions de sucres sont ralenties ou stoppées, ou si la plaque est correctement éliminée lors des mesures d'hygiène bucco-dentaires, alors la production d'acide est neutralisée. L'évolution des lésions cesse et la symptomatologie disparaît.
- Si des ions fluors sont apportés, ils vont agir comme des catalyseurs pour la diffusion de calcium et de phosphate dans la dent qui reminéralisent les structures cristallines dans la lésion (53,57). La reminéralisation en présence de fluorure remplacera non seulement les minéraux altérés , mais augmentera également la résistance aux acides et à la déminéralisation ultérieure en diminuant la baisse de pH (53).

Lorsque la balance déminéralisation-reminéralisation est équilibrée, le patient est indemne de caries. En revanche, lorsqu'un déséquilibre apparait, la balance penche vers le côté déminéralisation et les lésions carieuses se développent (50,53).
Ce déséquilibre est fréquent lorsque :

- Les microorganismes ne sont pas éliminés assez régulièrement par le brossage, la plaque dentaire devient donc de plus en plus épaisse et de plus en plus cariogène
- Les prises alimentaires sont trop fréquentes : le système salivaire tampon est dépassé et la remontée du pH est donc plus difficile. La carie s'initie et/ou progresse.

1.5.4 L'indice CAO

L'indice carieux est la plupart du temps mesuré à l'aide de l'indice CAO décrit par Klein et Palmer en 1937. C étant le nombre de dents cariées ; A le nombre de dents absentes pour cause de carie ; O le nombre de dents obturées définitivement.

$$\text{Indice CAO} = \frac{\text{C total} + \text{A total} + \text{O total}}{\text{Le nombre de personnes examinées}}$$

En fonction du résultat nous pourrons déterminer le risque carieux dans une population donnée :

- 0 < CAO < 1,1 : risque très faible
- 1,2 < CAO <2,6 : risque faible
- 2,7 < CAO < 4,4 : risque moyen
- 4,5 < CAO < 6,5 : risque élevé
- CAO > 6,5 : risqué très élevé

1.5.5 Le risque carieux

Le risque carieux individuel est le risque pour un patient donné de voir apparaître une ou plusieurs lésions carieuses dans sa cavité buccale. L'évaluation du risque carieux individuel correspond donc une démarche diagnostique visant à optimiser la prise en charge d'un patient, en déterminant s'il existe, dans la cavité buccale, à un moment donné, en fonction des facteurs de risque individuels de ce patient, une probabilité forte ou nulle qu'une lésion carieuse apparaisse. Ainsi une stratégie de traitement personnalisée adaptée au risque déterminé pourra être mise en place.

Dans le contexte des sportifs de haut niveau, différents paramètres spécifiques à la nutrition et à l'alimentation du sport doivent être pris en compte et contribuent à augmenter significativement le risque carieux individuel pour cette sous-population. Pour cela il est nécessaire de qualifier et quantifier les éléments entraînant le développement de la pathologie carieuse (58,59).

Chapitre II : Facteurs étiologiques de l'augmentation significative du risque carieux individuel chez les sportifs de haut niveau

2.1 L'Alimentation

2.1.1 Nutrition et besoins énergétiques

D'après la définition de l'OMS, la nutrition représente l'apport alimentaire répondant aux besoins de l'organisme. Une bonne nutrition consiste en « un régime adapté et équilibré – et la pratique régulière d'exercices physiques, gages de bonne santé » (6).

L'énergie est difficile à définir, elle n'a ni forme, ni caractéristiques descriptibles, ni masse physique. L'énergie permet aux athlètes de réaliser un travail physique. Elle se mesure en kilocalories (kcal). Toutes les fonctions corporelles et cellulaires font appel à l'énergie (60). Le métabolisme correspond à la somme totale de l'énergie (c'est-à-dire, le total des calories quotidiennes) nécessaire au corps pour alimenter les activités et processus cellulaires (60).

Le corps tire son énergie des aliments qu'il ingère au quotidien. Les glucides, protéines et lipides constituent une source d'énergie pour le corps et sont considérés comme les nutriments énergétiques (60,61). Ils se dégradent au sein des cellules corporelles et fournissent l'énergie nécessaire à la fabrication d'un composé hautement énergétique appelé adénosine triphosphate (ATP) (60). L'ATP constitue la source d'énergie directe pour l'organisme, non seulement pour les performances sportives mais pour l'ensemble du travail biologique. Sans une source constante d'ATP, les muscles ne

pourraient générer aucune force. Les athlètes seraient alors incapables de bouger ou de pratiquer une activité physique (60).

Les besoins énergétiques d'un individu sont définis comme étant « la quantité d'énergie nécessaire pour compenser les dépenses et assurer une taille et une composition corporelle compatibles avec le maintien à long terme d'une bonne santé et d'une activité physique adaptée au contexte économique et social » (OMS, 2005) (62).

L'ANSES (Agence nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail) a publié un rapport définissant les ANC, Apports Nutritionnels Conseillés, afin de définir ces besoins énergétiques sur une base scientifique (63).

Différentes simulations ont permis de définir un besoin énergétique de **2600 kcal/j** et de **2100 kcal/j** pour les hommes âgés de 18 à 69 ans et les femmes âgées de 18 à 59 ans respectivement (63).

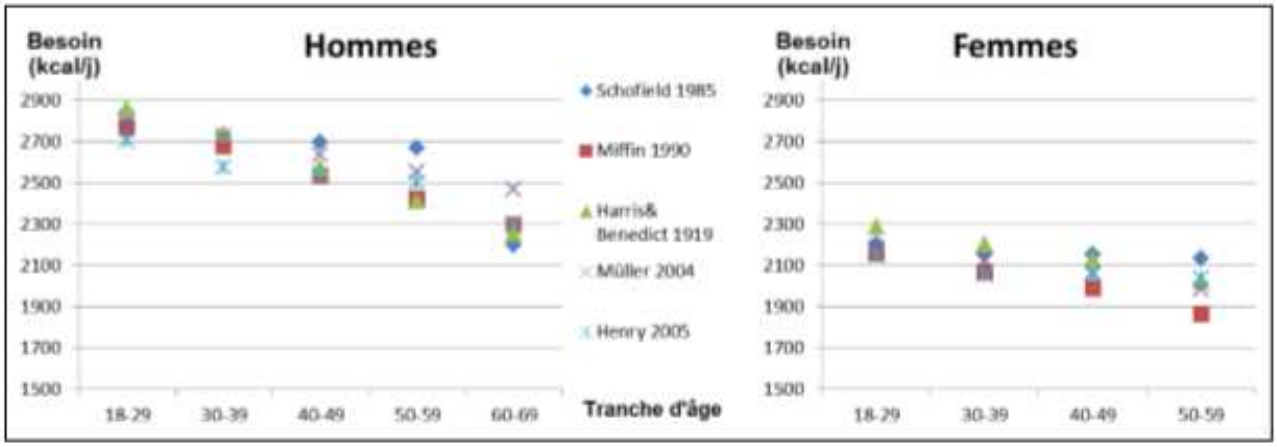


Figure 5 : Besoins énergétiques (kcal/j) des hommes et des femmes estimés selon l'âge et l'équation prédictive du métabolisme de base

Source : ANSES, élaboration des références nutritionnelles

La dépense énergétique totale d'un sujet, et donc son besoin énergétique, est fonction du métabolisme de base, de la thermogenèse et des dépenses liées à l'activité posturale et aux activités physiques (63). Le rapport entre la dépense énergétique totale et le métabolisme de base définit le niveau d'activité physique (NAP). A noter

que le NAP moyen de la population générale pris en compte pour les recommandations, caractérise une activité physique modérée, compris entre 1,4 et 2,0 (63).

2.1.2 Règles nutritionnelles pour la population générale

L'énergie peut être fournie par plusieurs macronutriments (60,61,63). Il est donc important de définir la répartition des différents apports nutritionnels et de déterminer des intervalles de références pour les 3 macronutriments. Une limite basse, en deçà de laquelle l'apport en un macronutriment est jugé insuffisant, et une limite haute, au-delà de laquelle ce macronutriment est jugé en excès ont été définis (63).

i. Les lipides

Au cours des quinze dernières années, les connaissances et données sur la nutrition lipidique ont beaucoup évolué (63). Les apports recommandés en lipides doivent favoriser la couverture du besoin en acide gras et des besoins énergétiques mais également la réduction du risque des maladies chroniques d'origine nutritionnelle (63). Ainsi, l'optimisation des apports et la réduction des risques conduit à recommander un intervalle de **35 à 40%** de l'énergie totale sous forme de lipides (63).
A savoir qu'1 gramme de lipides fournit 9 kcal (37,656 kJ) (60).

ii. Les protéines

Pour permettre la couverture des besoins protéiques, le pourcentage de protéines dans l'apport énergétique de la population générale adulte doit être supérieur à **10%** (63). La limite haute de l'intervalle est établie à **20%** (63).
A savoir qu'1 gramme de protéine fournit 4 kcal (16,736 kJ) (60).

iii. Les glucides

L'ensemble des études montre qu'une alimentation apportant de l'ordre de **40 à 55 %** de l'énergie sous forme de glucides est l'intervalle d'apport optimal pour la réduction du risque de prise de poids et de troubles métaboliques, de diabète de type 2, de maladies cardiovasculaires et de certains cancers (63).
A savoir qu'1 gramme de glucides fournit 4 kcal (16,736 kJ) (60).

iv. Les micronutriments

Outre ces macronutriments, l'ANSES publie également ses recommandations dans la catégorie des micronutriments, comprenant les vitamines (vitamine A, D, E,…), les minéraux (sodium, potassium, calcium,…) et les oligo-éléments (zinc, manganèse, iode,…) (63).

2.1.3 Dépenses énergétiques liées à la pratique sportive

L'une des règles élémentaires en nutrition consiste à maintenir un équilibre entre les besoins en nutriments et les apports alimentaires (61). Un apport calorique adéquat permet d'assurer l'équilibre de la balance énergétique.

Un apport énergétique adapté aux dépenses et aux contraintes de la discipline du sportif est donc un prérequis indispensable pour une bonne tolérance de l'entrainement, et la pierre angulaire de la nutrition du sportif (19,60,61,64).

La pratique sportive engendre une importante augmentation des dépenses énergétiques et donc des besoins en énergie. L'équilibre de cette balance énergétique nécessite alors une augmentation des apports alimentaires. Selon son intensité, la pratique de l'exercice peut induire une augmentation de la dépense en énergie de 500 à plus de 1000kcal/h (61).

Épreuves de course	Dépense énergétique (kcal)
100 m	31
400 m	89
10 000 m	800
42,195 km	2870
Type d'activité	**(kcal/h)**
Volleyball	250
Tennis	450
Basketball, football	570
Judo, crawl	750
Course à pied (12 km/h)	900
Squash	900

Tableau VI : Dépenses énergétiques moyennes pour un sujet de 70kg de poids corporel, pour des courses réalisées dans les temps des records du monde et au cours de différentes activités sportives

Source : d'après Poortmans et Boisseau, 2002

Cependant, des exercices intenses et épuisant sont susceptibles d'engendrer des dépenses encore plus importantes. Par exemple, un marathon induit une dépense de 750 à 1500kcal/h selon la vitesse de course ; l'épreuve dans sa globalité peut ainsi se traduire par une augmentation des dépenses de base de 2500 à 3000kcal (61). De même, les étapes les plus dures du Tour de France induisent une dépense très élevée, atteignant 6500kcal/h (65). La pratique de telles épreuves associées à des dépenses aussi importantes, pose de gros problèmes de couverture des besoins par la prise alimentaire classique.

Ainsi, quelles que soient ses caractéristiques, d'endurance ou de force/puissance, l'effort physique se traduit par une augmentation des dépenses énergétiques totales quotidiennes. Celles-ci sont augmentées par la pratique de l'exercice lui-même mais également par des effets indirects, à moyen terme, sur les dépenses métaboliques de repos tout particulièrement à la suite des exercices (61). L'alimentation du sportif de haut niveau est donc différente de celle de la majorité des personnes ; l'entrainement intense quotidien, voir biquotidien, entraîne une dépense supérieure à la normale (66).

La pratique de l'exercice et cette augmentation des dépenses énergétiques totales quotidiennes sont susceptibles d'affecter le comportement alimentaire par différents aspects en influant sur :

- La fréquence des prises alimentaires
- Leur importance quantitative
- La composition des repas

Population	Protéines	Lipides	Glucides
Adultes / Population générale	10-20 % ou 12-20 % pour : - les personnes ayant un NAP très faible parmi les femmes de plus de 50 ans et hommes de plus de 60 ans - les femmes enceintes lors du 3ème trimestre de grossesse - les femmes allaitantes	35-40 %	40-55 %
Personnes actives à dépense énergétique élevée	10-20 %	30-35 %	50-60 %

Tableau VII : Tableau des apports énergétiques en fonction de l'activité physique

Source : ANSES, Actualisation des repères du PNNS : élaboration des références nutritionnelles, 2016

2.1.4 Apports énergétiques chez le sportif

Les apports nutritionnels doivent compenser le type de substrat principalement utilisé à l'exercice. Ce sont essentiellement les apports en acides gras et en glucides qui sont affectés par la pratique de l'exercice (61).

i. Les glucides ou hydrates de carbone

a) Composition et comportement métabolique

Depuis 1970, l'importance des glucides dans l'alimentation a fait l'objet de recherches approfondies (60). Celles-ci ont largement pu démontrer le caractère essentiel de ce macronutriment dans le cadre d'une alimentation saine et de performances sportives optimales. La popularité des épreuves d'endurance (telles que les triathlons, marathons et courses de distances cyclistes) a contribué à susciter encore plus d'intérêt pour les glucides (60).

Ils sont présents dans une grande variété d'aliments. Les sources les plus riches de ce macronutriment sont les céréales, les fruits et les légumes (60). Toutefois, même si les glucides sont présents universellement dans chaque groupe d'aliments, il est impératif que les athlètes choisissent les options les plus denses en nutriments au sein de chaque catégorie, afin d'obtenir des performances et une santé optimale. Le défi pour l'athlète en vue d'améliorer ses performances sportives consiste à consommer les meilleures sources de ces nutriments et à mettre en place des pratiques idéales en matière d'apport en glucides. De plus, un apport adéquat en hydrate de carbone est également essentiel à la récupération après l'effort et au maintien des stocks de ce macronutriment au sein du corps (60).

Le glucose peut être stocké sous forme de glycogène dans les cellules du foie ou libéré en retour dans la circulation sanguine pour être utilisé en tant qu'énergie ou stocké par d'autres cellules du corps (60).

Les glucides ou hydrates de carbone sont des composés constitués de molécule de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Différents types d'hydrates de carbone existent en fonction de leur chaine carbonée (61) :

- Les monosaccharides sont composés d'une seule molécule, leur vidange gastrique est rapide et ils sont absorbés au niveau de la muqueuse intestinale. Les sucres simples apparaissent rapidement dans la circulation sanguine après leur ingestion, d'où le nom de sucres rapides. Les plus importants sur le plan métabolique sont le glucose, le fructose et le galactose (60,61). Le glucose est le glucide le plus simple et le plus abondant dans la nature.

- Les oligosaccharides sont composés d'un petit nombre de molécules. Les plus importants sont le sucrose, le lactose et le maltose. Leur absorption digestive est moins rapide que celle des sucres simples car ils doivent subir une hydrolyse pour être absorbés au niveau du tube digestif (61).
- Les polysaccharides sont constitués de l'assemblage d'un très grand nombre de molécules. Le glycogène est le polysaccharide aux fonctions physiologiques les plus importantes. C'est la forme de stockage musculaire et hépatique des monosaccharides (61).

  Les sucres dits lents subissent plusieurs étapes frénatrices entre l'ingestion orale, l'absorption intestinale, et l'apparition sous forme de glucose dans la circulation sanguine (61).

◆ **Déterminants du besoin glucidique chez le sportif**

De nombreux travaux ont mis en évidence le rôle déterminant des glucides pour les performances physiques ; ces nutriments sont les carburants principaux des efforts courts et intenses (61).

La connaissance des voies métaboliques mises en jeu lors des exercices prolongés indique que la dépense énergétique est essentiellement couverte par les substrats glucidiques en début d'effort, les substrats lipidiques prennent une place progressivement plus importante lors de l'épuisement progressif des réserves glycogéniques sous l'effet de la durée de l'effort (61). Le maintien d'une disponibilité optimale en glucides permet alors de reculer les limites de la fatigue (61,67). Ces données expliquent donc l'augmentation du besoin en nutriments glucidiques chez les sportifs, avant et pendant l'effort. La physiologie du métabolisme du glycogène permet de comprendre le rôle des nutriments glucidiques sur la performance (61).

◆ **Le glycogène musculaire :**

Les substrats glucidiques représentent la part principale des substrats utilisés par les muscles lors des efforts intenses au-delà- de quelques secondes et jusqu'à plusieurs heures. Le niveau de l'utilisation des glucides dépend de deux principaux facteurs :

l'intensité et la durée de l'exercice physique. L'épuisement du glycogène musculaire survient après environ 90min d'exercice à 75% de VO2 max (68).
Il existe une relation entre l'épuisement du glycogène et la baisse des performances au cours d'un exercice physique de niveau élevé (61,64). L'épuisement du glycogène n'impose pas l'arrêt du travail musculaire, mais limite considérablement la capacité de travail maximal (61).

- **Production hépatique de glucose**

Le foie est le seul organe capable de fournir du glucose et de contribuer ainsi au maintien de la glycémie, en dehors des apports alimentaires (61). La production hépatique du glucose augmente progressivement au cours de l'exercice musculaire. Lors d'un exercice intense, le débit peut être de 4 à 5 fois supérieur au débit de repos (61).

La glycogénolyse et la néoglucogenèse sont les deux voies métaboliques contribuant à la production hépatique de glucose (61). En début d'exercice la glycogénolyse est la voie prépondérante, alors que la néoglucogenèse prend le relais lors d'un exercice prolongé (61). Lors de ce type d'effort sans apport nutritionnel de glucose, malgré la mise en jeu de la néoglucogenèse, un déséquilibre entre la capacité de production de glucose et la consommation par les muscles apparait. Cela entraine une baisse modérée de la glycémie et dans certains cas une hypoglycémie caractérisée par une sensation de fatigue physique et mentale (61) .
Le principal moyen permettant d'optimiser la performance au cours d'exercices prolongés est d'augmenter le niveau des apports glucidiques alimentaires (61).

b) Nutrition glucidique et performance

- **Effets des régimes enrichis en glucides dans les jours précédant une épreuve**

Les régimes enrichis en glucides dans les jours précédant une épreuve ont prouvé qu'ils augmentent de façon constante le taux de glycogène dans l'organisme (67).

Chez l'homme, le niveau des réserves en glycogène hépatique et musculaire dépend exclusivement des apports alimentaires en hydrate de carbone (61).
Le rôle critique des réserves glycogéniques sur la performance a été mis en évidence par plusieurs études (61). Plusieurs auteurs ont démontré que l'augmentation de performance pour des efforts prolongés, sous l'effet de la nutrition glucidique, est corrélée avec l'augmentation des réserves glycogéniques musculaires et hépatiques (68,69).
Pour des efforts longs, supérieurs à 90 minutes, la majorité des études mettent en évidence une amélioration des performances sous l'effet d'un régime préalablement enrichi en hydrates de carbone (67,69). Pour ces intensités d'exercices, il se produit un épuisement du glycogène musculaire et l'augmentation des réserves glycogéniques avant l'épreuve (sous l'effet d'un régime hyperglucidique suivi pendant plusieurs jours), améliore la performance (70).

Un gain moyen de 3 à 4% de performance sous l'effet d'un régime riche en hydrate de carbone est rapporté pour les épreuves compétitives d'endurance d'une durée supérieure à 90 minutes (61). L'action de ce régime sur la performance est également observé lors de la pratique de sports collectifs avec des exercices intermittents prolongés dont la durée des matchs est suffisamment longue pour réduire les réserves endogènes de glycogène (71).

En revanche, une alimentation insuffisante en hydrate de carbone peut diminuer les capacités d'effort en endurance même pour des efforts plus courts que ceux pour lesquels la nutrition glucidique est reconnue comme un moyen efficace d'améliorer les performances (61).

- **Effets de la nutrition glucidique administrée avant ou pendant l'exercice physique**

Le minutage et le type de glucides consommés dans les jours et les heures qui précèdent une compétition peuvent se révéler essentiels aux performances (61) :

- La nutrition glucidique avant l'exercice : **ration pré-compétitive**

L'apport glucidique avant l'exercice a pour but principal d'apporter des nutriments glucidiques qui vont participer directement à la fourniture d'énergie pendant l'exercice. Cependant le type d'encas ingéré est à prendre en compte. En effet, l'ingestion de glucose avant l'effort peut être suivi d'une hyperglycémie réactionnelle provoquant une forte réponse insulinique qui peut induire une hypoglycémie en début d'effort. Il existe toutefois des moyens permettant d'apporter des hydrates de carbone avant l'exercice sans risque d'hypoglycémie réactionnelle en utilisant des sucres avec un faible index glucidique (tels que le fructose) ou des sucres lents (61). A noter que l'index glucidique (67) indique dans quelle mesure un aliment donné élève les niveaux de glucose sanguin lorsqu'il est consommé seul. Plus le taux de glucose sanguin s'élève rapidement après ingestion, plus l'indice glycémique est élevé (60).

La ration d'attente se situe entre la fin du repas et le début de la compétition. Elle permet de conserver une hydratation optimale mais peut aussi être complétée par une boisson énergétique à base de glucose qui a pour but de donner un effet starter au muscle (61).

Dans les jours précédant l'épreuve il est donc très important d'augmenter cet apport autour de 60 à 70% afin d'augmenter les réserves glycogéniques. Nous avons vu plus haut, qu'une valeur élevée de glycogène musculaire est susceptible d'améliorer la performance pour des efforts de plus de 90minutes (61).

L'alimentation la veille et le jour de l'effort est une phase ultime dans la préparation alimentaire de l'athlète. Le principal but est de maintenir les réserves glucidiques de l'organisme au plus haut niveau par une poursuite du régime hyper glucidiques (61).

- La nutrition glucidique pendant l'exercice : **ration per-compétitive**

L'intérêt de l'apport de nutriments glucidiques pendant l'effort a largement été mis en avant dans plusieurs travaux : un effet net sur les performances a été démontré (61). L'ingestion de glucides pendant l'exercice a montré qu'elle contribue à retarder

l'apparition de la fatigue et donc à améliorer les performances musculaires (60,61,66,67).
L'effet est obtenu pour des apports se situant entre 30 et 60g d'hydrates de carbone par heure d'exercice, en fonction de l'intensité de l'épreuve d'endurance (61). Cette consommation de glucides devra commencer à proximité du début de la séance et se poursuivre tout au long de celle-ci. Les sujets pratiquant l'ultra-endurance peuvent tolérer jusqu'à 90 grammes de glucides par heure (60,72).

Les nutriments ingérés pendant l'épreuve devront être rapidement métabolisés, ne pas perturber la vidange gastrique de l'eau et ne pas être source de troubles digestifs. En général, en cours d'effort, les petites prises répétées sont plus facilement tolérables qu'une prise importante (60,72).

- **Effets de la nutrition glucidique administrée après l'exercice physique : ration de récupération**

Les glycogènes musculaire et hépatique sont utilisés, en partie ou en totalité, respectivement lors d'activités d'intensité/durée modérées à élevées. A l'issue de l'exercice, il est essentiel de nourrir les muscles au moyen de glucides afin de réapprovisionner les stocks de glycogènes musculaire et hépatique qui seront sollicités lors du prochain exercice (67).
Si une quantité suffisante de glucides n'est pas consommée dans le cadre de l'alimentation post-compétition ou post-entrainement, le glycogène musculaire ne se normalisera pas au quotidien et les performances s'en verront dégradées (60).

L'apport de nutriments glucidiques dans la phase de récupération aboutit à deux phénomènes : l'accélération de la vitesse de resynthèse et l'augmentation des taux de glycogènes au-dessus des valeurs préalables à l'exercice (61). Cette surcompensation est déterminante pour la capacité à réaliser des efforts successifs plusieurs jours de suite (61,67). Des travaux récents ont montré l'intérêt de la nutrition avec des sucres lents pour améliorer la récupération (61).

La reconstitution des stocks de glycogène utilisés au cours d'un exercice peut prendre jusqu'à 20 heures, voire davantage, même en cas de consommation d'une alimentation glucidique de 60% du total calorique (60). Les faibles vitesses de reconstitution peuvent poser problème chez l'athlète d'endurance qui s'entraine quotidiennement voire plusieurs fois par jour (60).
Une recherche indique que les muscles absorbent le glucose sanguin et reconstituent le glycogène à des rythmes plus rapides lorsque les glucides sont ingérés dans les 2 heures qui suivent l'entrainement/la performance sportive (73). Ainsi, pour tirer parti de cette fenêtre d'opportunité, les athlètes doivent commencer à consommer des sources de glucides le plus tôt possible en fin d'activité physique. Il sera essentiel de choisir de consommer des glucides qui seront rapidement absorbés afin d'assurer un acheminement rapide des glucides vers les muscles (61).

De plus, un apport suffisant en glucides avant, pendant et après un exercice prolongé et/ou intense réduirait le degré de perturbation du système immunitaire par un exercice intense (74).

On peut conclure que les glucides sous toutes leurs formes, solides ou liquides, représentent les aliments privilégiés des sportifs car ils permettent d'apporter une énergie rapide et prolongée, aussi bien avant, que pendant ou après l'effort physique (66).

ii. Les protéines

Les acides aminés constituent les éléments de base des protéines. Les acides aminés peuvent être produits au sein même du corps (non essentiels) ou obtenus à partir de sources alimentaires. Les sources les plus riches en protéines se trouvent dans les groupes des aliments protéinés et des produits/substituts laitiers (60).

Les protéines prennent part au développement, à la croissance, et à la réparation des tissus corporels, notamment des muscles (60,64). Elles sont donc essentielles à la récupération suite à un entrainement physique intense (60). Une consommation

adéquate de protéines permet non seulement des performances optimales, mais empêche également différents états de santé préjudiciables, tels que l'anémie sportive (60,64).

Il est reconnu que les athlètes affichent des besoins en protéines supérieurs à ceux des sujets sédentaires (63). D'après Levenhagen *et al.* ces recommandations d'apports plus élevés sont justifiées par l'utilisation de certains acides aminés à des fins de production énergétique, l'augmentation du taux de renouvellement des protéines musculaires et les processus de réparation musculaire nécessaires après des activités de force (63).

Il n'a pas été prouvé de manière homogène que l'ingestion de protéines pendant une compétition ou un entrainement augmente les performances. Tirer de l'énergie des acides aminés est un processus lent et complexe qui n'est pas en mesure de soutenir les besoins énergétiques instantanés de certains exercices intenses ou de la compétition sportive (60).

Il convient d'apporter des protéines en récupération précoce des séances d'entrainement ou des compétitions, dans les 30 à 45 minutes après l'effort environ afin d'optimiser l'apport protéique (61). La recherche en physiologie et nutrition du sport laisse entendre que l'ingestion de glucides accompagnés de protéines après l'exercice est susceptible d'améliorer le processus de récupération (60).

iii. Les lipides

Le rôle joué par les apports lipidiques sur les performances humaines a été bien étudié (63). Les acides gras sont en effet non seulement importants pour la constitution des membranes cellulaires, la signalisation intracellulaire, le fonctionnement neuronal mais aussi et surtout comme substrats énergétiques potentiels de la contraction musculaire (63).

Avec 9 calories au gramme, les lipides sont une source d'énergie concentrée (63). La graisse alimentaire apporte des acides gras essentiels, nécessaires à un

fonctionnement physiologique normal du corps et constitue un nutriment caloriquement dense, capable de répondre aux besoins énergétiques quotidiens élevés de l'athlète (60).

- Mobilisation et utilisation des lipides au cours de l'exercice

Au cours de l'exercice, les acides gras peuvent servir de substrats énergétiques, permettant ainsi d'assurer la contraction musculaire. L'utilisation des acides gras dépend de plusieurs facteurs comme l'intensité et la durée de l'exercice ou encore le niveau d'entrainement ou l'état nutritionnel du sujet (61). Les graisses sont essentiellement utilisées comme combustible au repos et lors d'exercices d'intensité faible à modérée (60).

La plupart des expérimentations n'a pas permis de mettre en avant un effet bénéfique des régimes riches en lipides sur les performances (63). Une surconsommation de graisse conduit généralement à l'ingestion d'un trop grand nombre de calories. Un excès calorique peut conduire à des hausses du dépôt de graisse corporelle, et dans la plupart des cas, cette conséquence présente des effets néfastes sur les performances sportives (60).

- Apports conseillés chez le sportif

Malgré des dépenses énergétiques augmentées chez le sportif, aucun argument ne permet de penser qu'il est nécessaire d'augmenter les apports lipidiques dans la ration du sportif, que ce soit à l'entrainement ou en compétition (61).

Chez le sportif, l'attention devra être attirée sur le respect de cet apport lipidique correspondant à 30-35 % de l'AET, de manière à assurer la couverture des besoins en acides gras indispensables. En effet, la tendance naturelle chez les sportifs, quelles que soient les disciplines, est de réduire les apports lipidiques, risquant alors de ne pas couvrir leurs besoins en acides gras indispensables de façon satisfaisante (63). Toutefois, cet apport lipidique varie selon les sports pratiqués. Les athlètes d'endurance tendent à présenter un apport lipidique plus faible que les sprinteurs et les coureurs de demi-fond (75). Notamment au cours des disciplines d'endurance, on recommande que les lipides couvrent 25 à 30% de l'AET ce qui permet de favoriser les apports en glucides qui peuvent représenter 55 à 60% de l'AET voire plus (61).

2.1.5 Particularités selon type de sport pratiqué

i. Particularités nutritives pour les sports d'endurance

- **Dépenses énergétiques augmentées**

Les sports d'endurance sont des sports qui demandent aux sportifs de maintenir un certain niveau d'intensité sur une période prolongée avec un effort en aérobie (60,76). Les athlètes d'endurance dépensent un nombre de calories considérable pendant la compétition mais également en phase préparatoire, à l'entrainement. Cette dépense puise considérablement dans les réserves d'énergie, qui doivent ensuite être reconstituées après les séances d'entrainement quotidiennes. Ce qui fait de l'alimentation un facteur essentiel à la réussite de l'athlète.

- **Apports énergétiques modifiés**

Il est donc essentiel qu'il consomme suffisamment de calories au quotidien pour obtenir l'énergie nécessaire à l'entrainement et à la compétition et s'assurer de disposer de tous les nutriments nécessaires à une récupération complète post-effort Les apports énergétiques sont ainsi modifiés et varient de 45 à 85 kcal/kg/j, soit de 3100 à 6100 kcal/j pour un sujet de 70kg (61,77).

- **Nutrition glucidique**

Pour l'athlète d'endurance qui s'entraine entre 1 et 3heures/jour, l'apport glucidique recommandé est de l'ordre de 6 à 10g de glucides /kg de poids corporel (60).
Pour l'athlète d'ultra-endurance qui s'entraine plus de 4 à 5h /jour, il peut avoir besoin de 8 à 12g de glucides /kg de poids de corps au quotidien (60).
Exprimés en pourcentage de l'apport calorique total quotidien, les glucides comptent pour environ 50 à 65% en phase d'entrainement quotidien et pour environ 65 à 70% en phase de charge glucidique (60).

- Avant l'effort :

Durant la semaine précédant la compétition, le sportif augmente son apport glucidique à hauteur de 55 à 70% ce qui lui permet de « faire le plein » des stocks de glycogène (60). Des niveaux élevés de glycogène musculaire montrent une capacité à retarder l'installation de la fatigue chez les athlètes d'endurance (60).
La veille, l'apport glucidique est fait essentiellement de sucres complexes afin de faire le plein d'énergie.
Les athlètes d'endurance doivent être encouragés à consommer un repas d'avant-activité riche en glucides 1 à 4 heures avant la séance d'entrainement ou l'épreuve, puis à poursuivre la consommation de glucides au fil de l'activité pour optimiser les performances (60).

- Pendant l'effort :

Les besoins en glucides au cours d'exercice sont d'environ 30 à 60g à l'heure. Certains athlètes consommeront et digèreront facilement 60 à 90g de glucides à l'heure, là ou d'autres en toléreront à peine 30 à 40g. Les athlètes doivent donc faire des tests en situation avec des quantités variables de glucides allant de 30 à 60g afin de déterminer la meilleure estimation dans leur cas personnel (60).

- Après l'effort :

L'apport en glucides est également important après la compétition pour reconstituer les stocks de glycogène. Consommer 1 à 1,2g de glucides /kg de poids de corps toutes les heures pendant 4heures après la cessation de l'exercice apportera du glucose aux muscles à un moment où ces derniers sont particulièrement réceptifs à l'absorption et au stockage du glucose sous forme de glycogène (60).

ii. Particularités nutritives pour les sports explosifs

Les athlètes de force/puissance pratiquent des sports qui exigent des niveaux élevés de production de force musculaire. Malgré leurs éventuelles différences, ces disciplines se caractérisent par des segments brefs et intenses d'intensité musculaire.

De telles décharges d'activité musculaire nécessitent un apport énergétique instantané vers le muscle (60,61).

De la même manière que pour les sports d'endurance, la dépense énergétique varie selon le sport, l'intensité de l'entrainement, le niveau de l'athlète et selon l'athlète lui-même. Un sprinteur, réalisant des efforts brefs mais très intenses, a une dépense énergétique de 3700-4000 kcal. L'entrainement d'un nageur de haut niveau peut entrainer la consommation de 1000kcal par heure de nage (65).

La principale préoccupation alimentaire des sujets pratiquant des sports de puissance/force consiste à consommer les quantités adéquates du total calorique quotidien ce qui garantit une énergie suffisante pour l'effort et contribue également au maintien voire au développement de la masse musculaire (60). Or on sait que la perte de tissus musculaires va se faire au détriment des athlètes de puissance/force (60). Pour des disciplines sollicitant principalement le métabolisme anaérobie, les apports spontanés sont notablement plus faibles, variant de 2900 à plus de 6300 kcal (61,77).

Le sportif explosif travaille presque uniquement en anaérobie et sur une période assez courte, contrairement au sportif d'endurance, et doit éliminer l'acide lactique présents dans ses muscles sollicités (60). La prise alimentaire d'aliments alcalinisants est conseillée (par exemple banane, mûre, pomme…). Les protéines tamponnent l'acide lactique, retardant ainsi l'installation de la fatigue, critère essentiel aux performances de l'athlète (60).

- **Nutrition glucidique**

L'apport en glucides doit également être augmenté pour supporter la charge d'entrainement et se situe entre 50 à 60% des apports nutritionnels conseillés. Sachant la durée brève de l'effort, l'épuisement des stocks de glucides musculaires est rarement la cause d'une fatigue lors de compétitions de puissance/force (60).

- Avant l'effort

La recherche soutient majoritairement la consommation de glucides 1 à 4heure avant l'effort (60).

- Pendant l'effort

Due à la brièveté de l'épreuve, l'athlète n'ingère pas forcément de glucide durant l'effort. Il n'y a donc pas de ration per-compétitive (60).

- Après l'effort

L'ingestion de glucides dès que possible après l'entrainement ou la performance sportive est importante pour accélérer le réapprovisionnement des stocks de glycogène, soutenir la croissance des tissus musculaires et éventuellement atténuer l'immunosuppression résultant d'entrainements et de compétitions intenses (60).

iii. Particularités nutritives pour les athlètes de sports d'équipe

Les exigences caloriques des athlètes de sport d'équipe varient selon la discipline, le poste occupé et la durée de l'épreuve. L'apport en glucides, protéines et lipides doit s'inscrire dans une fourchette d'environ 55 à 65%, 15 à 20% et 20 à 35%, respectivement (60).

Les glucides constituent le principal carburant pour les sports d'équipe. L'apport alimentaire ne doit donc pas diminuer leur proportion au profit des protéines et lipides (60).

Les repas d'avant-match consommés 3 à 4 heures avant le match doivent se composer essentiellement de glucides. Après un entrainement ou un match, les niveaux de glucides hépatique et musculaire doivent être restaurés. Il leur est recommandé de consommer 1 à 1,2g de glucides /kg de poids corporel toutes les heures, et ce pendant 4 heures qui suivent l'activité afin de garantir une récupération optimale (60).

En général, les aliments ou les en-cas consommés avant ou entre les matchs lors de tournois, doivent être composés essentiellement de glucides car ils sont digérés et absorbés plus rapidement (60).

iv. Particularités nutritives pour les athlètes d'ultra-endurance

Un nombre croissant d'athlètes est attiré par les épreuves d'endurance qui dépassent la distance et/ou la durée d'un « marathon » classique. Ces événements sportifs d'ultra-endurance sont devenus particulièrement populaires ces dernières années (72).

La dépense énergétique de 6000 à 8000 kilocalories par jour est plutôt habituelle chez l'athlète d'ultra-endurance (60,72).

Une étude portant sur des triathlètes participant à une compétition Ironman a mis en avant une dépense énergétique moyenne de 10 036kcal pour les athlètes masculins tandis que les athlètes féminines ont dépensé en moyenne 8570kcal (78). L'apport énergétique était considérablement moindre chez les athlètes masculins avec 3940kcal contre 3115kcal pour les féminines. Des déficits énergétiques moyens de 5000-6000kcal ont donc été enregistrés (72,78). Les apports en glucides consommés étaient globalement en accord avec la recommandation de 60-90g/h et quasiment identiques entre les athlètes masculins et féminins. L'apport énergétique provenant presque exclusivement des glucides à 94% (72,78).

Une dépense d'énergie similaire de 9856kcal a été rapporté chez six coureurs participant à une course à pied de 54km avec un gain d'altitude moyen de plus de 6000m. Les coureurs ont consommé en moyenne 5124kcal, les laissant dans un déficit énergétique de -4732kcal (79).

Réussir à faire face à de telles dépenses d'énergie semble donc être physiologiquement compliqué. Il est généralement conseillé aux athlètes d'ultra-endurance de maximiser leur apport en glucides durant la semaine précédant la compétition pour « faire le plein » des stocks de glycogène puis à poursuivre la consommation de glucides au fil de l'effort pour optimiser leurs performances et minimiser l'utilisation du glycogène musculaire et hépatique (60,72).

Koehler *et al.* ont montré que les glucides restent la principale source d'énergie, représentant plus de 75% des apports énergétiques totaux chez les athlètes d'ultra-

endurance (72). Peu importe le type et la durée de l'évènement, tous les athlètes d'ultra-endurance sont confrontés à des défis similaires : l'exercice aérobie continu, même à des intensité modérées, est très couteux en énergie et des carburants d'énergie exogène sont nécessaires pour soutenir l'exercice pendant de nombreuses heures ou jours (72).

2.2 Conséquences bucco-dentaires de l'alimentation spécifique de l'effort

L'alimentation joue ainsi un rôle principal dans la vie du sportif et peut l'exposer à des risques de fatigue, blessure, ou de contre-performance. En effet, en cas de déséquilibres alimentaires dus à des carences en composés essentiels ou de surconsommation de certains aliments, des troubles peuvent être relevés, notamment bucco-dentaires (66).

Bien que certains problèmes de santé bucco-dentaire chez les athlètes soient mécaniques ou liés à un traumatisme, une proportion peut être liée à une mauvaise hygiène bucco-dentaire et à une exposition à des pratiques alimentaires associées à la performance sportive (80).

2.2.1 Consommation de glucides et risque carieux individuel

Nous avons en effet vu précédemment que, l'alimentation du sportif de haut niveau est riche en glucides afin de pouvoir répondre à leurs dépenses énergétiques élevées.

Or les sucres, en particulier le saccharose, sont la cause étiologique alimentaire la plus importante des caries (53). La British Nutrition Foundation a déclaré que les preuves établissent les sucres comme un facteur étiologique des caries dentaires sont accablantes, ce fondement résidant dans la multiplicité des études plutôt que dans la puissance de l'une d'elles (81). Le risque carieux individuel se trouve ainsi modifié et augmenté pour ces athlètes (66).

D’après Brathall, la plaque dentaire est le seul facteur immédiat et direct à l’origine des caries (53). L’activité bactérienne de la plaque est déterminée par l’ingestion de glucides fermentescibles (53).

i. Métabolisme de la plaque dentaire cariogène

La carie est associée à une augmentation des proportions de bactéries acidogènes et tolérantes aux acides (50). Elles sont capables de métaboliser rapidement les sucres alimentaires en acides, créant localement un pH bas. Ces acides produits sont à l’origine de la déminéralisation des tissus calcifiés de la dent. Les bactéries cariogènes, en particulier les *streptococcus mutans*, *streptoccoccus sobrinus* et les lactobacilles, se développent et se métabolisent de manière optimale à faible pH. Elles deviennent plus compétitives dans de telles conditions (53).
Leur croissance dépend ainsi fortement de la présence de monosaccharides fermentescibles qui sont fournis directement par les sucres simples tels que le sucrose, glucose, fructose, le disaccharide tel que le saccharose et indirectement par la dégradation des glucides complexes (53).

Dans différentes études animales, le saccharose a été identifié comme étant le plus cariogène (53). Sheiham a conclu que le saccharose extrinsèque est un facteur étiologique des caries (53). Il est facilement fermentescible en acides organiques (acide lactique) par les bactéries de la plaque, favorise la colonisation de la cavité buccale par *streptococcus mutans*, et augmente la quantité de la plaque (50). Plusieurs travaux montrent que le fructose et glucose sont également fortement cariogènes (82).

Une exposition excessive à ces monosaccharides fournit donc aux bactéries une pression sélective, via des baisses de pH régulières, dans leur prolifération et leur rôle dans le développement des caries (53). Une quantité et une fréquence élevées d’apports de glucides fermentescibles sont alors des facteurs importants dans l'incidence des caries. Le temps de contact, ou durée d’exposition, du glucide avec les bactéries influencera son potentiel cariogène (53,80).

L’alimentation agit localement sur le métabolisme de la plaque et particulièrement sur sa capacité à produire des acides plus ou moins déminéralisants. La quantité de sucres fermentescibles ingérés détermine la voie métabolique bactérienne utilisée et donc l’acidité qui en est produite (50) :

- Si cette quantité est faible, les acides produits sont peu déminéralisants.
- Si elle est importante, la fermentation lactique prédomine aboutissant à la libération d’acide lactique, fortement déminéralisant (50).

De plus, les sucres contribuent directement au développement de la plaque dentaire cariogène en favorisant la co-agrégation des bactéries (50).
Les prises alimentaires ont donc un rôle capital dans la cariogénicité de la plaque de par le développement d’une flore à l’acidogénécité croissante et la constitution d’un biofilm de plus en plus épais, organisé et imperméables aux défenses salivaires de l’hôte (50).
La susceptibilité de l’hôte est contrôlée par d’autres facteurs tels que le fluor, la sécrétion salivaire, le pouvoir tampon, les anticorps salivaires, qui, collectivement représenteraient la résistance au développement des caries (53).

ii. Courbe de Stephan et pH critique

La production d'acide est très rapide avec un pH minimum survenant 5 à 10 minutes après l'exposition aux sucres (53). La vitesse à laquelle le pH revient à une valeur neutre de repos dépend de la quantité et de la durée de l'exposition au sucre, du flux salivaire et du pouvoir tampon de la salive (53,83).
La forme caractéristique de la réponse du pH de la plaque bactérienne aux sucres, tracée en fonction du temps, est appelée la courbe de Stephan. La nature épisodique de cette courbe indique que la fréquence et la durée de l'ingestion de sucres alimentaires sont des aspects importants de la carie. La baisse du pH en dessous de 5,5, pH critique, est suffisante pour déminéraliser l'émail et la dentine (53).

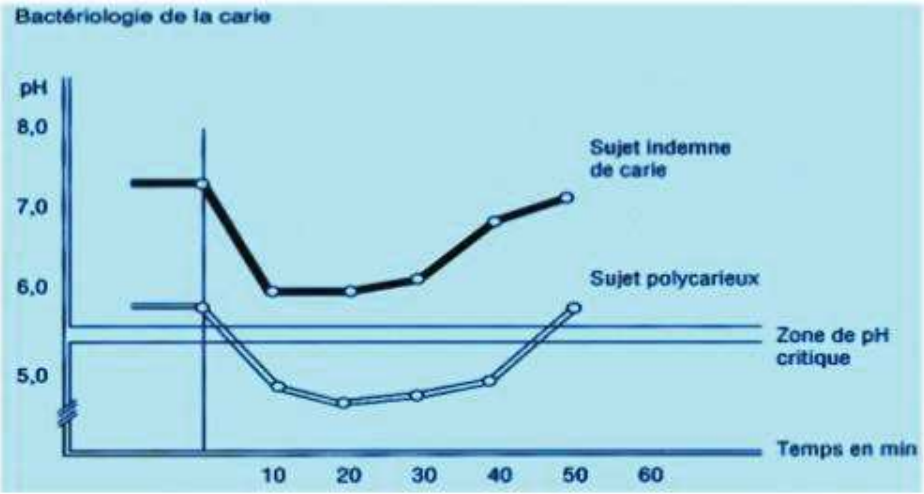


Figure 6 : Courbe de Stephan illustrant la baisse rapide du pH de la plaque en réponse à une solution de saccharose à 10%, suivie d'au moins 40minutes avant de revenir à un pH neutre de 7. (52)

Source : Cours de cariologie et microbiologie

Suite à la démonstration de la chute du pH en dessous d'un seuil critique comme mécanisme central du développement des caries par Stephan (52), les résultats de nombreuses études ont confirmé la forte association positive entre la fréquence et/ou la quantité de sucres ingérés et le développement de caries (53,84–87). Toutefois, la fréquence de consommation des sucres est plus déterminante dans le développement de la carie que la nature ou les quantités ingérées (50).

iii. Relation entre glucides et développement de caries

La revue systématique de la littérature de Moynihan et Kelly a, en effet, largement mis en avant des preuves soutenant la relation entre la quantité de sucres ingérée et le développement de caries dentaire à travers les groupes d'âges (84).

Burt *et al.* ont rapporté que chaque apport supplémentaire de 5g de sucres était associé à une augmentation de 1% de la probabilité de développer des caries (85). Des preuves de qualité modérée ont montré que la carie dentaire est plus faible, DMFT

< 3, lorsque l'apport en sucres est inférieur à 10% de l'apport énergétique total, soit inférieur à 40-55g/jour (soit <15 à 20 kg/personne/an) (84).

La carie dentaire est une maladie évolutive ; le risque carieux varie avec l'âge et le temps. Les facteurs de risque carieux sont multiples et évoluent au cours de la vie (53,88). La plupart des études sont conduites chez les enfants, toutefois celles qui analysent la prévalence des caries sur les adultes mettent en avant des chiffres élevés d'atteintes carieuses pour cette population.

Les enquêtes épidémiologiques nationales chinoises ont montré que le DMFT est passé de 4,3 à 20 ans à 6,5 à 29 ans et de 7,6 à 30 ans à 11,3 à 39 ans avec des apports en sucres inférieurs à 10kg/personne/an. Un certain nombre d'études analysées par Moynihan dans cette revue exhaustive montrent que malgré l'apport de fluor en protection, la relation entre les sucres et les caries demeure (84).

Une étude japonaise a également mis en avant le caractère évolutif de la carie (86). Un nombre plus élevé de caries survient chez les adultes comparativement aux enfants. Cela indique que les caries induites par l'ingestion de sucres progressent malgré la récente baisse de caries chez les enfants (86).

Kawashita *et al.* ont étudié l'incidence de caries dentaires sur tous les groupes d'âges durant le dernier demi-siècle au Japon (87). Le nombre moyen de dents cariées, manquantes et obturées (DMFT), à partir de neuf enquêtes dentaires nationales japonaises menées à intervalles de 6 ans de 1957 à 2005 et présentées séquentiellement pour chaque groupe d'âge de 1957 à 2005, montre l'augmentation du DMFT avec l'âge. La majeure partie de l'augmentation du DMFT s'est produite chez les adultes avec une augmentation maximale évidente au cours de la quatrième décennie de la vie (87).

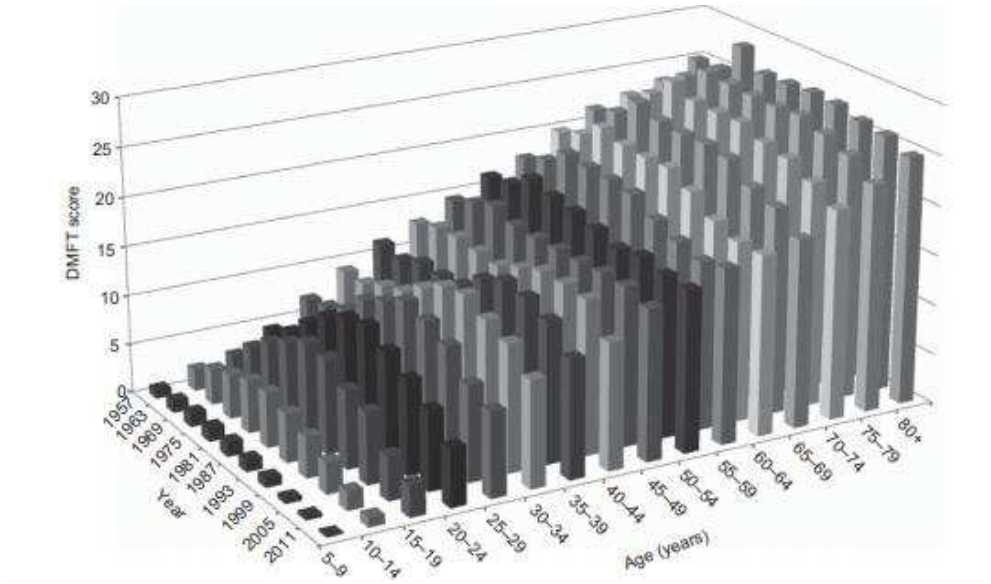


Figure 7 : Nombre moyen de dents cariées, manquantes et obturées (DMFT) au Japon à partir de neuf enquêtes dentaires nationales menées à 6 ans d'intervalles de 1957 à 2005

Source : Article Monitoring time-related trends in dental caries in permanent teeth in Japanese national surveys par Kawashita et al. 2005

En Chine, comme au Japon, l'effet cumulatif de la carie dentaire est évident. Le nombre de DMFT étant de 0,53 chez les 12 ans en 2005 contre 4,0 chez les 35-44 ans et 14,6 en 65–74 ans à une période où l'apport de sucres correspondait à environ 3,3% de l'apport énergétique (86).

La revue exhaustive de la littérature de Sheiham a mis en avant que lorsque la consommation annuelle de sucre dépasse 15-20 kg par personne et par an, les caries augmentent : leur nombre augmente avec les niveaux de consommation de sucre (53). La relation dose-réponse entre les caries et les sucres extrinsèques suggère que les niveaux de sucres supérieurs à 60g/personne/jour pour les adolescents et les adultes augmentent le taux de caries. L'apport de sucres extrinsèques au-delà de quatre fois/jour entraîne également un risque accru de caries dentaires (53).

iv. Facteurs de risque dans le développement des caries

L'étude de Vipeholm (89) a permis d'identifier plusieurs facteurs de risque pour le développement de la carie dentaire en rapport avec l'ingestion des hydrates de carbone :

- La quantité totale de sucre ingérée est un facteur de cariogénicité moins important que la fréquence d'ingestion et le type d'hydrates de carbone consommé.
- La vitesse de dégradation des hydrates de carbone, est en lien avec leur poids moléculaire. Elle influence la durée de contact du sucre avec les dents, allongeant ainsi la période de production d'acide.
- La texture de l'aliment, collant ou non, et sa forme, solide ou liquide, modifient la capacité et le temps de rétention de la nourriture avec les dents.
- Le moment de la consommation est important, car la salive qui dilue et neutralise l'acidité de la plaque est plus abondante au cours d'un repas qu'entre les repas, et plus le jour que la nuit.
- Finalement, le patron d'ingestion, tels que le grignotage et le sirotage sont des comportements qui allongent la période d'acidité en bouche (89).

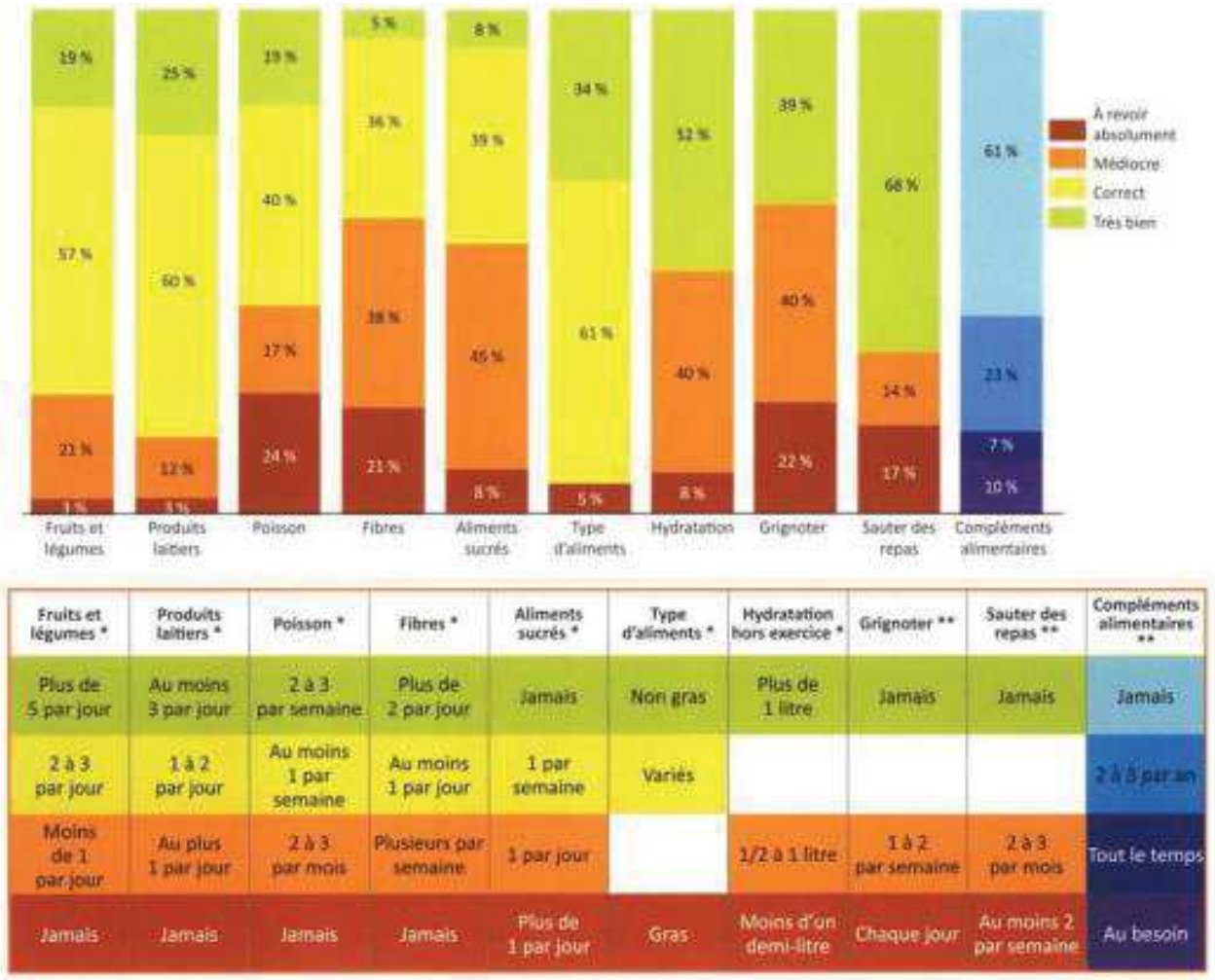
v. La nutrition du sport

Les produits spécifiques à la nutrition sportive sont plus couramment consommés comme source de glucides en raison de leur plus grande facilité de digestion pendant l'exercice (80). Ces collations glucidiques incluent, par exemple, les boissons du sport, les « gommes » ou gels de glucides ou encore les barres énergétiques sont riches en sucres rapides (76).

Les glucides n'ont pas tous le même pouvoir cariogène. Les sucres extrinsèques, c'est-à-dire ajoutés, ont des propriétés cariogènes beaucoup plus importantes que les sucres intrinsèques qui se trouvent de façon naturelle dans la structure cellulaire de

l'aliment (52). A noter également que certains aliments salés contiennent des sucres « cachés », notamment les chips et les gâteaux salés.
Les athlètes sont encouragés à consommer la majorité des glucides provenant de sources alimentaires entières (céréales, fruits, légumes, lait ou yaourt et légumineuses), qui peuvent également répondre aux besoins en protéines et en micronutriments (80).
Un comité d'experts de l'OMS a conclu que des examens approfondis ont prouvé que les aliments cuits à base d'amidon tels que le riz, les pommes de terre et le pain semblent avoir une faible carcinogénicité (90). Toutefois, l'amidon associé au saccharose devient plus cariogène que le saccharose consommé seul, cette cariogénécité augmente avec la fréquence de consommation (53). Ceci s'explique par le fait que l'amidon permet au saccharose d'avoir un contact plus étroit avec la surface dentaire durant une période plus longue que si l'aliment n'était qu'un aliment à base de saccharose (52).
De même, les fruits ne seraient pas ou peu cariogènes (53). Cependant, certains fruits très acides peuvent contribuer à des déminéralisations non carieuses (50).

La cariogénicité dépend donc de la composition, de la texture, de la solubilité, de la rétention et du taux de clairance salivaire des aliments plutôt que de la seule teneur en sucre (52). Les aliments sucrés solides sont généralement moins cariogènes que les boissons sucrées car ils stimulent la salivation par la mastication (50).



Fruits et légumes *	Produits laitiers *	Poisson *	Fibres *	Aliments sucrés *	Type d'aliments *	Hydratation hors exercice *	Grignoter **	Sauter des repas **	Compléments alimentaires **
Plus de 5 par jour	Au moins 3 par jour	2 à 3 par semaine	Plus de 2 par jour	Jamais	Non gras	Plus de 1 litre	Jamais	Jamais	Jamais
2 à 3 par jour	1 à 2 par jour	Au moins 1 par semaine	Au moins 1 par jour	1 par semaine	Variés				2 à 3 par an
Moins de 1 par jour	Au plus 1 par jour	2 à 3 par mois	Plusieurs par semaine	1 par jour		1/2 à 1 litre	1 à 2 par semaine	2 à 3 par mois	Tout le temps
Jamais	Jamais	Jamais	Jamais	Plus de 1 par jour	Gras	Moins d'un demi-litre	Chaque jour	Au moins 2 par semaine	Au besoin

Figure 8 : Habitudes alimentaires de 265 sportifs de haut niveau appartenant à vingt disciplines olympiques différentes

Source : INSEP (66)

Une étude réalisée auprès de 265 sportifs de haut niveau de l'INSEP (Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance) regroupant 20 disciplines olympiques a analysé leurs habitudes alimentaires (66). Les données montrent que l'alimentation des athlètes n'est pas optimale et certaines habitudes pourraient être corrigées. La figure 8 montre que 53% d'entre eux consomment trop de produits sucrés, 48% ne s'hydratent pas assez et 62% avouent grignotent entre les repas, autant d'habitudes diététiques qui accentues les risques de problèmes bucco-dentaires (66).

2.2.2 Collations supplémentaires et fréquence de consommation des glucides augmentée

Les besoins complets en glucides des athlètes varient d'un jour à l'autre et tout au long de la saison d'entraînement, selon la fréquence, la durée et l'intensité de l'entraînement. La fréquence de consommation des glucides tout au long de la journée dépend des besoins de ravitaillement (61). On sait que les réserves de glycogène dans le corps sont limitées et disponibles pendant une durée d'environ 90minutes à 3 heures lors d'un exercice d'intensité modérée à élevée (64).

Les athlètes d'élite s'entrainent généralement au moins deux fois par jour. Leurs adaptations d'approvisionnement d'apports énergétiques et d'entrainement sont mieux soutenues par la consommation d'au moins 3 repas par jour et d'1 à 3 collations supplémentaires (80). Les glucides, considérés comme principal carburant pour les athlètes sont donc les principaux constituants des collations (61,61,66,72).

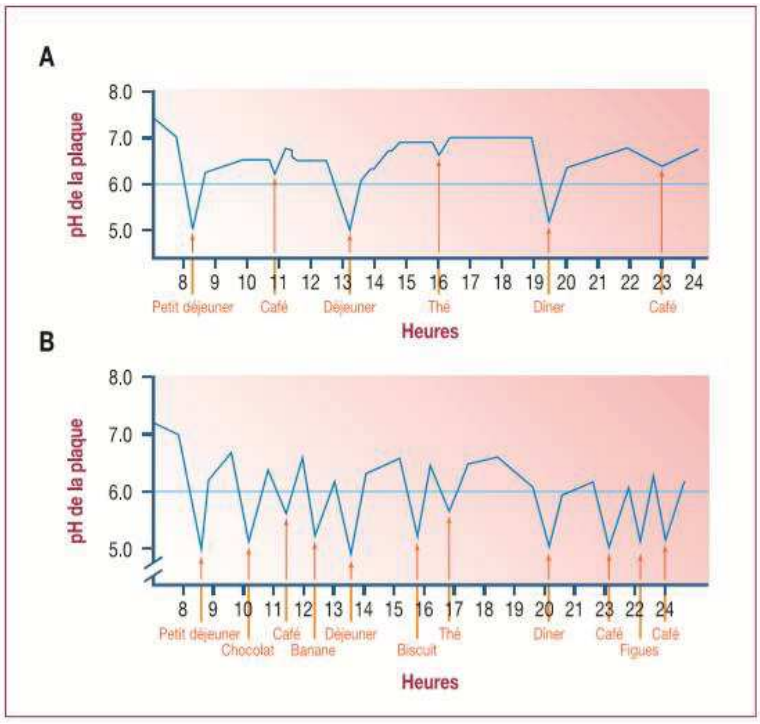


Figure 9 : Effet de la fréquence des prises alimentaires sur les valeurs du pH de la plaque dentaire dans la cavité buccale. A= faible fréquence ; B= fréquence importante.

Source : Fioretti, Haïckel, Carie et sucres, Médecine des maladies métaboliques, 2010

La *figure 9* montre les fréquentes chutes de pH en rapport avec le nombre de repas ou de collations dans la journée. Ces données montrent bien que « ce qui est cariogène, c'est moins la nourriture que le régime ». Un régime cariogène est un régime déséquilibré de par la quantité et la fréquence des prises alimentaires (50).

Une étude canadienne a analysé le recours à des supplémentations nutritionnelles de 582 athlètes de haut niveau représentant 27 sports différents (91). Les athlètes devaient rendre compte de toute collation consommée à tout moment au cours des 6 derniers mois. Près de 90% (88,4%) ont déclaré avoir eu recours aux supplémentations alimentaires durant les 6 derniers mois avec une moyenne de 3,08 supplémentations par athlètes (91). Les boissons du sport ont été rapportés comme étant la supplémentation la plus fréquemment consommée (22,4%) suivies par les barres énergétiques de nutrition sportive. Les justifications, concernant la raison de cette consommation de supplémentations, les plus rapportées étaient : « pour augmenter l'énergie » (54,3%), « pour le maintien de la santé ou pour prévenir les carences nutritionnelles » (53,8%), et « pour améliorer la récupération de l'exercice » (52,2%). A noter également que la majorité des athlètes ayant rapporté avoir recours à ces supplémentations ignoraient les effets secondaires associés à cette consommation (91).

Un certain nombre d'étude diététiques ont mis en avant la fréquence élevée du fractionnement des prises alimentaires des athlètes, à l'origine d'une augmentation significative du risque carieux individuel (66). Dans ces études, la contribution estimée de ces collations en dehors des repos était élevée, entre 25 et 37% de l'apport énergétique total quotidien (76).

Burke *et al.* ont étudié le régime alimentaire de 167 athlètes d'élite de l'équipe australienne olympique au cours de la période de préparation de 3 à 6 mois avant les Jeux olympiques de 1996 d'Atlanta (76). Ils ont été répartis en 4 groupes de sports : sports d'endurance (ENDURANCE), sports d'équipe (TEAM), sports de sprint/puissance (SPRINT/SKILL), sports dans lesquels le poids corporel est un facteur clé (par exemple : boxe, gymnastique, lutte, judo, haltérophilie) (WEIGHT).

Les sujets devaient rendre compte de leur consommation de tous les aliments et boissons consommés en quantifiant chaque portion, ainsi que les séances d'entrainements entreprises au cours d'une période de 7 jours. Ils ont rapporté suivre 9-10 entrainements individuels par semaine durant cette période et manger 5 collations chaque jour (76).

La *figure 10* montre que la majorité de l'apport énergétique se fait lors des repas quotidiens (petit déjeuner : 19% de l'apport énergétique total déclaré ; déjeuner : 24%; dîner: 34%). Les collations supplémentaires consommées entre les repas représentent 23% de l'apport énergétique quotidien. Les repas apportent la majorité de l'apport énergétique total, plus de 70%. Les collations supplémentaires permettent d'apporter le reste des apports énergétiques nécessaires lors de la pratique sportive et en récupération (76).

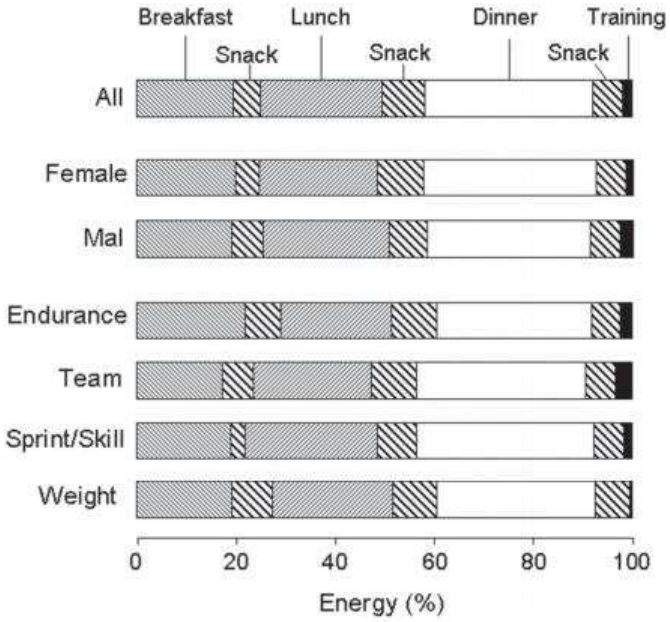


Figure 10 : Proportion de l'apport énergétique quotidien rapporté et consommé à différentes périodes de la journée par 167 athlètes olympiques australiens

Source : Article : Burke et al. Eating patterns and meal frequency, 2003.

Les pratiques alimentaires entreprises pendant et après l'exercice ont montré de grosses différences en fonction du sexe et du sport pratiqué, en particulier en ce qui

concerne l'apport de liquide pendant l'exercice et l'apport de glucides pendant et après la séance d'entrainement (76).

Les athlètes d'endurance ont rapporté des valeurs d'apports énergétiques plus élevées (en rapport à la masse corporelle) que les autres groupes ; ce qui concorde avec les affirmations citées précédemment sur le fait que ces athlètes nécessitent des apports augmentés en lien avec les dépenses énergétiques supérieures à celles des sports de puissance par exemple (60,61). Une consommation en glucides supérieure à celle des autres groupes d'athlètes a également été rapportée pour ces athlètes (76).

Les athlètes d'endurance et de sports d'équipe, ont déclaré consommer une plus grande proportion de leur apport énergétique quotidien pendant les séances d'exercice que les deux autres groupes (SPRINT et WEIGHT) (76). Ces athlètes sont donc conscients des avantages d'une consommation de glucides comme source de carburant supplémentaire au muscle et au système nerveux central lors de séances prolongées d'exercices.

Les résultats de l'étude de Burke *et al.* sont en accord avec ceux d'autres études. Comme par exemple, l'étude de Lindeman (92) qui a étudié le régime alimentaire de triathlètes. Un fractionnement des repas a été observé avec une moyenne quotidienne de 9 collations. Une autre enquête auprès des coureurs et des cyclistes a trouvé une moyenne de 8 à 10 collations de nourriture/boisson par jour (93).

L'adoption d'un mode de grignotage (c'est-à-dire la consommation d'une série de repas et de collations de petite à moyenne taille au cours de la journée) est une stratégie logique pour augmenter l'apport énergétique total tout en réduisant l'inconfort gastrique associé à des repas plus copieux, mais présente des inconvénients inhérents en termes de cariogénécité (64,93).

Toutefois, nous avons vu précédemment que la fréquence de consommation de glucides avait une forte relation avec le développement des caries (50,52,53,66). Ce fractionnement d'apports sucrés rend donc les sportifs de haut niveau plus à risque de développer des caries car cette stratégie de fréquence d'ingestion est incompatible

avec la capacité de la bouche et les systèmes de défense de l'hôte à éliminer le risque carieux (64).

L'alimentation du sportif apparaît donc comme étant à risque de pathologies bucco-dentaires. Le risque carieux individuel des athlètes de haut niveau se trouve ainsi augmenté en lien avec les différentes pratiques alimentaires liées à leur recherche de performances. Nous allons maintenant aborder la problématique boissons du sport qui sont elles aussi, nocives pour la santé bucco-dentaire de cette population spécifique.

2.3 Les boissons du sport

La consommation de boissons énergétiques est un phénomène en pleine expansion mais relativement récent, datant du début du XXIème siècle. Ces boissons, promettant de nombreux bienfaits, reflètent la recherche de la performance des athlètes. Mais cette consommation, parfois excessive n'est pas sans conséquence sur leur santé et en particulier la santé bucco-dentaire.

2.3.1 L'hydratation

L'homéostasie des liquides corporels est primordiale pour le fonctionnement normal de l'organisme. L'eau et les électrolytes composant ces liquides jouent, en effet, un rôle fondamental dans la physiologie de toutes les grandes fonctions (61).

L'exercice physique, surtout lorsqu'il est pratiqué de manière prolongée, intense et en climat chaud, va perturber cet équilibre hydrominéral. Des processus de thermolyse sont déclenchés par l'élévation de la température corporelle. Leur efficacité est essentiellement liée à l'évaporation de la sueur (61).

Compte tenu des effets délétères de la déshydratation sur la performance (61,94), la prévention revêt un caractère primordial, non seulement dans la perspective de pouvoir prolonger l'activité physique, mais surtout dans le but de réduire les risques de survenue d'accidents graves (61).

i. Exercice et équilibre hydrominéral

La pratique de l'exercice est à l'origine de nombreux échanges thermiques qui caractérisent la thermorégulation, tenant à maintenir la température corporelle stable (60). Un exercice physique, qui produit de l'énergie mécanique à partir de substrats énergétiques, entraine également une forte production de chaleur du fait du faiblement rendement musculaire (61). Cette production de chaleur est proportionnelle à l'intensité de l'exercice. Si cette chaleur était stockée lors d'exercices prolongés, elle serait suffisante pour augmenter la température corporelle de 1°C toutes les 5 à 7minutes ; une telle augmentation continue de la température interne au cours de l'exercice est évitée grâce à l'efficacité des réponses thermorégulatrices (61).

Au cours de l'exercice, dès que la production de chaleur devient trop importante, l'évaporation devient le moyen principal, voire unique de dissipation de la chaleur (61). En plus de contenir de l'eau, la sueur contient également les électrolytes qui sont perdus (95).

ii. Perte hydrique liée à l'effort

L'évaporation de l'eau est un mécanisme strict de perte de chaleur. L'eau évaporée provient de trois sources (61) :

- La perspiration cutanée : elle est insensible, une petite quantité d'eau, environ 10mL/h, diffuse passivement à travers la peau
- La perspiration ventilatoire : çl'air expiré est presque saturé en vapeur d'eau
- La sudation : mode de thermolyse le plus efficace. La sueur qui s'évapore entraine une perte thermique.

Le débit de l'évaporation sudoral dépend d'abord de l'élévation de la température corporelle, laquelle est fonction du type d'épreuve sportive (durée et intensité) et des conditions climatiques ambiantes (température de l'air, humidité relative, vitesse du vent) et d'autre part de caractéristiques intrinsèques de l'individu (niveau d'entrainement physique, acclimatation à la chaleur, port de vêtements) (19,61).

L'abaissement de la température, seuil de déclenchement de la sudation, et l'augmentation du débit sudoral maximal sont des réponses adaptatives de l'organisme à l'entrainement physique, permettant un moindre stockage de la chaleur dès le début de l'exercice (61). L'acclimatation à la chaleur, réalisée par de nombreux sportifs durant la phase de préparation, entraîne les mêmes réponses. L'individu entrainé physiquement et/ou acclimaté à la chaleur est donc encore plus exposé au risque de déshydratation (61).

Toutefois le calcul exact des pertes sudorales lors de l'exercice n'est pas facile et est strictement propre à chaque individu (94,95). A titre indicatif, un footballeur peut perdre entre 1,5 et 3,5l au cours d'un match (19). Schématiquement, pour de brèves périodes d'une à deux heures, le débit sudoral maximal est de l'ordre de 1,5 à 1,8 l/h, et dans des conditions extrêmes, il a été rapporté qu'il pouvait atteindre jusqu'à 3,7 l/h/ (61). La sudation est responsable d'une réduction du volume de l'eau corporelle totale qui doit alors être compensée par une hydratation adéquate (94). En raison de ces déperditions importantes au cours de l'effort, les besoins hydriques du sportif sont très supérieurs à la moyenne de 1,5l/ jour (19).

Les pertes sudorales de NaCl peuvent atteindre 6ou 7g/24h chez des sujets entrainés pratiquant une activité sportive régulière tous les jours (61). Ceci n'est pas négligeable au vu des apports nutritionnels recommandés variant de 5 à 8g/j de NaCl (63). Un peu de sodium doit être ajouté aux boissons et/ou aux aliments lorsque les pertes sont élevées et pour les efforts de plus de 2 heures (64,94).

iii. Les effets de la déshydratation

- Sur la santé :

Le coup de chaleur d'exercice survient le plus souvent chez un sujet jeune, sans antécédents connus, au cours d'une activité physique intense et prolongée, effectuée dans des conditions qui gênent la thermolyse (climat défavorable : température ambiante et/ou hygrométrie élevée, absence de vent, charge radiante importante ou port de vêtement faisant obstacle à l'évaporation sudorale), ou qui accentuent la production métabolique de chaleur (port de charges lourdes) (61).

Parfois précédé de prodromes à type de troubles du comportement (désorientation, abattement, agitation), il se traduit par un malaise général qui peut entraîner une chute (61).

Le diagnostic de coup de chaleur d'exercice repose sur un état d'hyperthermie, associé à des signes neurologiques sévères, le tout dans un contexte d'exercice intense réalisé à la chaleur, parfois humide. L'évolution est, dans la plupart des cas, une amélioration rapide et spontanée mais elle peut, dans de très rares cas, se transformer en tableau de défaillance multiviscérale incontrôlable conduisant au décès du patient (61). La prise en charge doit se faire le plus tôt possible, par un refroidissement actif afin d'abaisser le plus rapidement la température corporelle (61).

- Sur la performance physique

La déshydratation n'affecte pas de manière constante et reproductible les performances d'exercices courts et intenses, de type anaérobie (force et puissance) (61,94).

La déshydratation altère principalement les capacités aérobies (temps de maintien d'un exercice sous-maximal, d'intensité modérée à élevée) (61,94,95). Il a été reconnu que la performance était altérée lorsque le niveau de déshydratation était supérieur à 2% de la masse corporelle et la durée de l'exercice supérieure à 90 minutes (94,95). Nous retiendrons par exemple qu'un déficit en eau correspondant à 2 % du poids corporel réduit les aptitudes aérobies de près de 20 % (96).

La réduction de la performance est proportionnelle au niveau de la déshydratation (exprimée en pourcentage de masse corporelle sur la figure) (97).

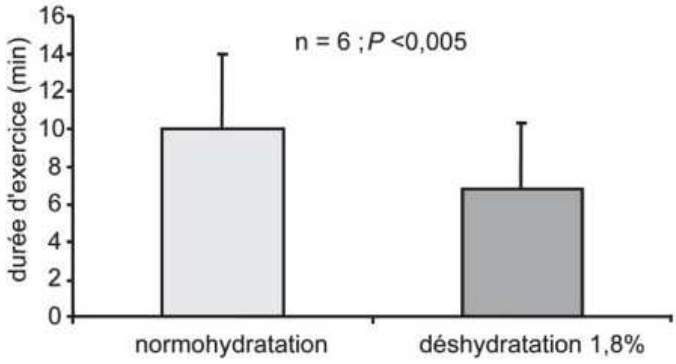


Figure 11 : Déshydratation et performances aérobies

Source:Walsh RM, Noakes TD, Hawley JA, Dennis SC. Impaired high-intensity cycling performancetime at low levels of dehydration.Int. J. Sports Med. 1994;15:392-8

La mesure du temps limite d'un exercice à 90% du VO_2max a été effectué après 60minutes d'exercice modéré ayant entrainé une perte de poids de 1,8% de poids du corps. Les résultats sont comparés à ceux des mêmes sujets dont l'état d'hydratation a été maintenu par une réhydratation adéquate.

La température ambiante majore également l'altération des performances en endurance (61,94).

- Sur la performance mentale

La déshydratation altère diverses composantes des capacités cognitives (61,94,95). Une diminution des performances est observée dans des épreuves impliquant l'habilité psychomotrice et est significative à partir de 2% de perte de masse corporelle (66). Une augmentation du temps de réaction de 10,7 % a été notée pour une déshydratation de 2 %, et de 21,4 % pour une déshydratation de 4 % (96).

Ceci peut avoir un retentissement important dans les sports où la tactique et la perception du jeu restent primordiales (95), comme c'est le cas par exemple pour les biathlètes ou les joueurs de tennis, même après plusieurs heures de jeu.

iv. Stratégies d'hydratation

Prévenir l'installation d'un état de déshydratation afin d'empêcher la survenue d'accidents liés à la chaleur et de maintenir les performances sportives sonne comme une nécessité (94). L'efficacité de l'hydratation et réhydratation sur l'équilibre hydrominéral et les performances dépend de la qualité et de la quantité des boissons consommées (61).

Tout d'abord, il est impératif d'être en normo-hydratation lors du début de l'activité physique. De nombreux athlètes commencent l'activité en étant déshydratée (94). Il est bien établi qu'un déficit hydrique survenu avant un exercice peut augmenter la pression physiologique, majorer la dérive cardiovasculaire et réduire les performances (61,94). Il est possible d'estimer le niveau d'hydratation en analysant la couleur et la quantité de l'urine. En effet, si le volume d'urine est réduit et la couleur plus foncée que d'habitude, l'apport hydrique doit être augmenté (94,95).

Osterberg *et al.* (98) ont rapporté qu'environ la moitié d'un échantillon de 29 joueurs de basket-ball d'élite (NBA) ont commencé leur match en étant hypohydraté (selon des valeurs de l'urine rapportées d'avant-match). L'apport de liquide durant le match n'a pas compensé la déshydratation d'avant match. De plus, les pertes sudorales de ces joueurs étaient importantes, supérieures à 2 litres en environ 20 minutes de temps de jeu. Par conséquent, les stratégies d'hydratation, avant et pendant le jeu, telles que la disponibilité des boissons et l'éducation des joueurs sur l'importance d'une hydratation correcte, sont à revoir (98).

Favoriser la prise régulière de boissons lors d'efforts physiques est essentiel, sans attendre la sensation de soif. Celle-ci étant un mauvais indicateur (64) puisqu'elle se manifeste lorsque la déperdition en eau est déjà trop élevée (19). En effet, la soif ne devient un stimulus prééminent que lorsque la déshydratation atteint un niveau qui excède la capacité de contrôle physiologique (61). Le sportif doit boire régulièrement, notamment pour compenser les pertes hydriques mais aussi afin d'éviter l'inhibition salivaire pouvant s'installer en cas de non compensation (19).

Les caractéristiques organoleptiques de la boisson, telles que sa turbidité, sa couleur, son odeur, sa température et son gout ont des effets sensoriels peuvent influer sur sa palatabilité qui peut être améliorée si les celles-là sont considérées comme agréables, ou à l'inverse limiter l'hydratation si elles sont perçues comme désagréables (61,66,95).

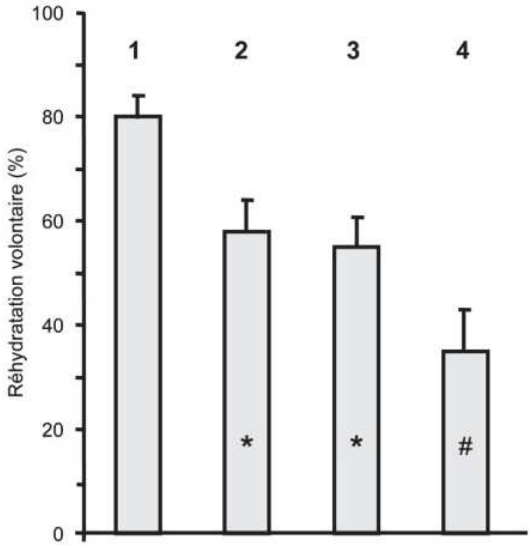


Figure 12 : Effets respectifs et combinés de la température et de l'arôme sur la prise spontanée de boisson

1. eau fraîche (15 °C) et aromatisée. 2. eau fraîche non aromatisée.3. eau tiède (40 °C) et aromatisée. 4. Eau tiède non aromatisée. Les valeurs sont des moyennes ± écart-type ; * différence avec la boisson 1. P < 0,05 ; # différence avec toutes les autres boissons P < 0,05.

Source : Hubbard R.W., Sandick B.L., MatthewW.T. etal.Voluntary dehydration andalliesthesia for water. J.Appl. Physiol., 1984, 57,868-875.

La consommation de boissons est également influencée par le type d'exercice effectué : un exercice continu limite le désir conscient de boire de par la gestuelle (19,61). La prise de boissons est à l'évidence plus facile à accomplir pour le cycliste que pour le coureur à pieds, activité sportive reconnue comme étant la plus pénalisante pour envisager le maintien du statut d'hydratation (61).

Le collège américain de Médecine du sport préconise un apport hydrique suffisant, durant un exercice prolongé, afin d'éviter toute déshydratation supérieure à 2% de la masse corporelle (95). Cependant, il n'y a pas de recommandation unique stricte, chaque athlète doit avoir recours à une stratégie d'hydratation individualisée, essentielle pour la protection de sa santé et la préservation des performances (94). Cette stratégie est établie en fonction de leur perte sudorale, des durée et intensité de l'exercice et de la possibilité de s'hydrater durant cet effort (95)

Le volume à ingérer doit être calculé par les athlètes en fonction de leur propres besoins (64), de façon à compenser totalement les pertes hydriques (61). Il existe donc quelques règles à respecter :

- Fractionner les apports répétés, toutes les 10-20min (64)
- Ingestion de petites quantités (150-200mL) (64)
- Une température de la boisson comprise entre 10 et 15°C permet de participer au refroidissement interne de l'organisme et d'être agréablement rafraîchissantes pour favoriser leur consommation spontanée (61)
- la boisson doit contenir des glucides et du sel (si effort prolongé) (94)

2.3.2 Généralités sur les boissons énergétiques

L'activité physique génèrent de nombreuses sollicitations physiologiques qui influencent les besoins nutritionnels (19,99). Les deux enjeux probablement les plus importants, dans de nombreux sports, sont l'apport en énergie et le maintien d'une bonne hydratation (99). En effet, outre la déplétion en glycogène, la déshydratation, comme vu précédemment, peut également altérer la performance (94,95).

A l'exclusion de ceux qui ne boivent que de l'eau, la quasi-totalité des sportifs modifient leurs habitudes en matière de boissons (19). La consommation volontaire des boissons du sport est supérieure à celle de l'eau, suggérant que ces boissons sont plus attrayantes pour les sportifs (21).

i. Présentation des boissons énergétiques

Les boissons de l'effort ou boissons du sport ou boissons « énergétiques » sont fréquemment consommées par les sportifs au cours de leurs pratique sportive, que ce soit durant leurs entrainement ou leurs compétitions (19,99). La composition des boissons énergétiques répond aux exigences de l'organisme à l'effort, permettent aux sportifs de s'adapter à l'effort. Elles constituent un réel facteur d'optimisation des performances dans les disciplines d'endurance ou lors de compétitions (100).

Les boissons de l'effort ont 5 objectifs afin de compenser les pertes nutritionnelles, énergétiques et sudorales (21,101) :

1. Assurer l'hydratation durant l'effort et prévenir la déshydratation
2. Fournir des glucides pour augmenter l'énergie disponible
3. Fournir des électrolytes pour compenser les pertes sudorales
4. Être conforme aux exigences imposées par les autorités réglementaires
5. Avoir une palatabilité élevée

La capacité d'une boisson énergétique à maintenir l'équilibre hydrique pendant l'exercice dépend des taux d'ingestion de liquide, de vidange gastrique et d'absorption intestinale (101). L'addition de glucides à la boisson ingérée fait augmenter l'absorption de l'eau, permettant un moindre déséquilibre de la balance hydrique (96).

Dans certaines situations, les boissons du sport permettent d'améliorer la performance : lorsque le sportif a un faible taux de glycogène et/ou lors d'exercices de longue durée (> 1 heure) à intensité élevée ou d'une durée plus longue si l'intensité est plus faible (101).

- **Quelle boisson de l'effort choisir ?**

Il n'existe pas de boisson de l'effort dont la composition est adaptée à l'ensemble des sports, à chaque sportif et à chaque condition climatique (102). La consommation en glucides doit être déterminée en fonction du but à atteindre. La boisson pourra

apporter des glucides en grande quantité pour couvrir a minima les besoins liées à la pratique ou à l'inverse, pourra être faiblement concentrée en glucides (61,96).

Des boissons hypotonique, isotonique ou encore hypertonique sont commercialisées et leur indication va dépendre du moment de consommation : avant, durant ou après l'effort, en récupération (102).

Leur composition en glucides va en dépendre (102) :

- Boissons légèrement hypotoniques : 4-6%
- Boissons isotoniques : 6-9%, à privilégier durant l'effort
- Boissons hypertoniques : 9-10%

Ces boissons énergétiques sont proposées dans le commerce, mais peuvent également être conçues soi-même en respectant certaines règles (96).

Les glucides les plus utilisés dans les boissons commercialisées pour les sportifs sont le saccharose, le glucose, le fructose et les maltodextrines (21,101). L'utilisation de polymères de glucose a augmenté ces dernières années car ils permettent de fournir plus de glucides sans augmenter l'osmolalité (21,101).

ii. Besoins spécifiques des sportifs : hydratation pendant l'effort

L'exercice doit être abordé dans un parfait état de normohydratation (94). La prise régulière de 100-150 ml d'une boisson faiblement sucrée à 20-30 g/l de glucides, fraîche et comportant un arôme, toutes les 15-20 min, entre le dernier repas (3 h avant l'épreuve) et 20 minutes avant le départ est conseillée (61).

Le volume à ingérer durant l'effort doit être déterminé individuellement et ajusté à la tolérance de chacun, en essayant de compenser au mieux les pertes hydriques (61,94). Pour cela, celles-ci doivent être estimées à partir :

- Des caractéristiques de l'exercice (intensité, durée),

- Des conditions environnementales (température ambiante, humidité relative, charge radiante, vent),
- Des facteurs individuels (niveau d'entraînement physique et d'acclimatation à la chaleur, tolérance et appétence aux boissons) (19,61).

La concentration optimale en glucides de la boisson dépendra du but à atteindre :

- Lorsque l'apport énergétique est privilégié : épreuves de longue durée, en climat modéré, sans déperdition hydrique importante → privilégier une boisson à concentration modérément concentrées en glucides (70 à 90 g/l) (61)
- Lorsque l'apport en eau est la priorité : épreuves en ambiance climatique chaude → privilégier des boissons faiblement concentrées en glucides (la concentration ne dois pas excéder 60g/l) (61)

Le débit de consommation de ces boissons sera fonction des conditions climatiques (variant de 250 à 300 ml/15-20 min) (61).

Nous avons vu dans la partie précédente que les glucides représentent les aliments privilégiés des sportifs car ils permettent d'apporter une énergie rapide et prolongée, aussi bien avant, que pendant ou après l'effort physique et ont un rôle déterminant sur les performances physiques (61,66). Cette amélioration de la performance est, en général, attribuée à l'effet métabolique exercé par ces solutions d'hydratation. L'apport de glucides au cours de l'exercice permet de soutenir la performance, non seulement en raison de l'apport de substrats énergétiques, mais aussi en favorisant l'absorption de l'eau (61).

Par ailleurs, des études ont démontré que les glucides activent des régions du cerveau associées à la récompense et au contrôle moteur (67,99). Le système nerveux central pourrait détecter la présence de glucides via des récepteurs dans la bouche et l'espace buccal, favorisant un sentiment accru de bien-être et une stimulation améliorée (67). Durant des efforts sollicitant une puissance élevée sur une durée de 45 à 75minutes, le rinçage de la bouche avec de l'eau sucrée ou l'apport de très petits quantités de glucides ont prouvé jouer un rôle, non métabolique, impliquant le système nerveux

central dans l'amélioration des performances de 2 à 3% (Jeukendrup & Chambers, 2010) (67,99). Les nouvelles recommandations doivent alors prendre en compte cette avancée (67).

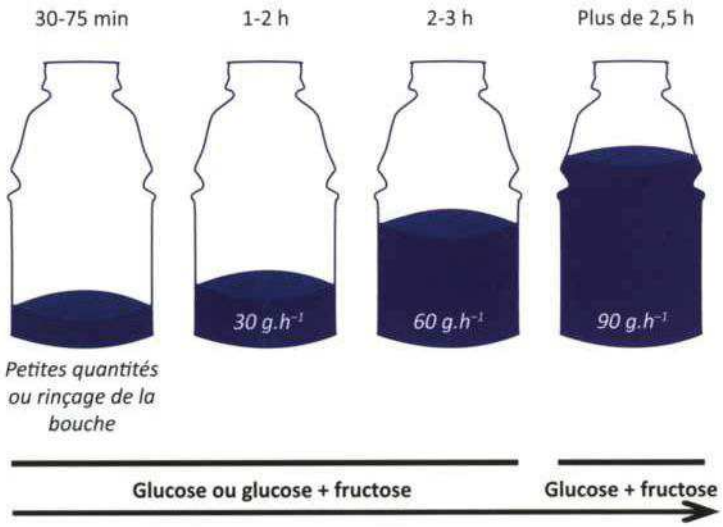


Figure 13: Apport recommandé en hydrates de carbone en fonction de la durée d'exercice pour les athlètes de haut niveau

Source : Glucides, boissons énergétiques et performance : stratégies pour les sports olympiques, Jeukendrup et al., INSEP Editions, 2018

Les troubles digestifs font partie des problèmes fréquemment rencontrés par les sportifs de haut niveau. Certains sont en lien avec l'absorption de grandes quantités de liquides (99). Au cours de l'exercice, pour une même charge glucidique, les boissons comportant plusieurs monosaccharides transportables (par exemple glucose et fructose), entrainent moins de troubles digestifs que les boissons qui ne comportent qu'un seul monosaccharide transportable (le plus souvent le glucose) (61,67). Elles ont été montré comme étant également plus bénéfique sur la performance (pour des efforts d'une durée d'environ 3heures) comparé à l'ingestion de glucose seul (67).

iii. Intérêt des boissons du sport en récupération

Après l'exercice, l'objectif de la récupération est de restaurer complètement tout déficit hydrique et électrolytique (95). Elle est particulièrement importante pour les sportifs

engagés dans des épreuves où les efforts sont répétées et à intervalles de temps rapprochés, c'est le cas par exemple du décathlon ou de l'heptathlon ou encore des sports de combats avec les différents tours (61). De manière générale, la récupération doit être optimale pour tous les sportifs de haut niveau qui ont une fréquence d'entrainements élevée avec parfois, la pratique de plusieurs séances par jour (60).

Il existe une période prolongée suivant l'état de déshydratation, pendant laquelle l'homme n'est pas capable de restaurer intégralement son capital hydrique (61). Pour compenser les pertes urinaires inévitables, le volume consommé doit être plus important que le volume des pertes sudorales et représenter environ 150 % de celles-ci (61). On peut estimer le volume idéal de boisson à consommer pour compenser les pertes sudorales en mesurant la perte absolue de poids corporel ; pour 1 kg de poids corporel perdu, il faudra consommer 1,5 l de boisson (61,95).

Des études récentes ont montré que la réhydratation après l'exercice ne peut être réalisée que si les pertes sudorales en électrolytes sont elles aussi remplacées, parallèlement aux pertes hydriques (61). Ainsi, la boisson de réhydratation après l'exercice devrait contenir des quantités modérées de sodium, au moins de l'ordre de 2 g/l, et une faible quantité de potassium (61). Privilégier l'apport des électrolytes dans l'alimentation solide permet de réduire la concentration sodée des boissons de l'effort et ainsi ne pas influer sur leur palatabilité (61,94,95).

L'ingestion de boissons glucidiques pendant la période de récupération permet de restaurer la capacité à réaliser un autre exercice de façon beaucoup plus efficace que l'ingestion d'eau seule (60,61). L'eau sert alors également de vecteur pour l'apport d'hydrates de carbone indispensable à la resynthèse du glycogène (61).

2.3.3 Boissons énergétiques VS boissons énergisantes

i. Généralités sur les boissons énergisantes

La prise de boissons de l'effort est recommandée pour les sportifs de haut niveau. Certains ont tendance à plutôt utiliser des boissons dites « énergisantes » (par exemple : Red-Bull®, Burn®, Monster®, Dark Dog®). Ce terme regroupe des boissons qui se présente comme ayant des propriétés stimulantes, tant au niveau physique qu'intellectuel (103). Elles sont développées afin d'augmenter la résistance physique et l'état de vigilance (104).

Toutefois, il ne faut pas confondre avec les boissons «énergétiques», spécifiquement formulées pour répondre aux besoins nutritionnels dans le cadre d'une activité physique (101,103). La présence de composés excitants, ainsi que les allégations « énergisantes » ou « vivifie le corps et l'esprit » sont à l'origine d'une consommation de plus en plus fréquente dans le monde sportif. Cependant, leur composition semble pourtant néfaste aux performances et particulièrement toxiques, ne présentant aucun intérêt nutritionnel démontré pour le sportif (103,105).

Le marketing incite à la confusion des termes, entre boisson «énergétique» et «énergisante», l'énergie et l'excitation qu'elles procurent. Cette confusion est dénoncée par la SFNS (Société Française de Nutrition du Sport) dès 2008 (105).

Une enquête sur la consommation des boissons énergisantes a été réalisée par l'IRBMS en 2012 (106) sur une vaste population de 3496 personnes, avec un échantillon de 1721 sportifs de haut niveau. Parmi eux, on a relevé une forte consommation chez 65%, dont 11% consommations régulières (>1 cannette/semaine). Le contexte de consommation dans un cadre sportif atteint 25% des sondés (105,106). On a retrouvé une intentionnalité de conduite dopante chez les sportifs de haut niveau qui utilisent ces boissons à l'effort, avec une recherche de performance (22%) et d'excitation (38%) (105,106).

Ainsi, cette étude met en évidence la méconnaissance concernant ces boissons chez les sportifs de haut niveau, qui apparaissent alors comme une population à risque, en

raison de leur intensité de pratique, de la forte consommation, et de l'intentionnalité dopante qui motive certains consommateurs (105).

ii. Inadaptation des boissons énergisantes à l'effort

Les boissons énergisantes majorent les pertes en eau et en sels minéraux et augmentent le risque d'accident à la chaleur (103). Elles ne doivent pas être consommées avant, pendant, ni après un effort physique (103,105). Deux raisons expliquent cette recommandation :

1. Leur composition en sucre, minéraux, vitamines, et autres substances, n'est pas adaptée aux besoins de l'organisme dans ces situations d'effort (102,105)
2. Cette consommation expose à des risques potentiels sur la santé (mauvaise hydratation, fuite minérale, troubles du rythme, effets cardiovasculaires, majoration du risque d'accident à la chaleur…) (102,103,105).

Ces boissons énergisantes présentent plusieurs inconvénients, rendant incompatible leur consommation avec la pratique sportive :

- L'hyperosmolarité : les boissons énergisantes ne respectent pas le critère de l'iso-osmolarité, propriété essentielle pour les boissons d'effort. L'hyper osmolarité peut aussi perturber la digestibilité (105).

- Une teneur glucidique élevée : n'est pas sans risque pour le sportif dans le cadre d'un apport énergétique à l'effort. La concentration de glucides dépasse largement les 50 g/l, teneur en monosaccharides assurant une absorption optimale à l'effort. Elle compromet la bonne assimilation digestive et retarde la réhydratation (105). Une hypoglycémie réactionnelle peut apparaître dans certaines circonstances d'utilisation (105).

- L'acidité : le pH trop acide est incompatible avec leur consommation lors d'effort et avec une bonne récupération. En effet, l'effort lui-même produit de l'acidité, qu'il va falloir s'efforcer d'éliminer en récupération. De plus, la consommation

de boissons acides a largement été reconnue comme nocif pour la santé bucco-dentaire (21,104,107) et peut également générer des troubles digestifs (105).

- La composition élevée en caféine (96,102) : l'apport de caféine lors de l'effort constitue un facteur de risque de déshydratation, de fuite minérale, de troubles du rythme cardiaque et gastro-intestinaux, d'inadaptation à l'effort (102,105).

- La composition élevée en taurine : les doses élevées ne semblent présenter aucun intérêt en termes de physiologie du sport (102,105).

- Les quantités importantes de vitamines ne présentent aucun intérêt en terme de performance (105).

A noter que la consommation de 2 canettes de boisson énergisante équivaut à atteindre la limite de sécurité pour les vitamines B3 B6 (concentrations maximales autorisées), et correspond à 10 jours d'apport alimentaire en taurine, et 1000 fois l'apport alimentaire quotidien en D-glucuronolactone (105).

Le risque de déshydratation est accentué, consécutif à l'hyper osmolarité et à la présence de certaines molécules comme la caféine (103,105). La fuite minérale potentiellement augmentée représente un facteur de risque de trouble du rythme cardiaque. L'acidité de ces boissons et la concentration en sucres très élevée, font courir le risque de troubles digestifs et nuisent à l'adaptation métabolique à l'effort. (105).

Figure 14: Fiche de l'INSEP portant sur les boissons énergisantes versus boissons énergétiques

Source : https://www.fichier-pdf.fr/2017/10/27/fiches-nutrition-insep/fiches-nutrition-insep.pdf

iii. Boissons énergisantes et risque carieux individuel augmenté

Deux paramètres influant sur le risque carieux individuel :

- Des taux élevés de glucides relevés dans les boissons énergisantes :

De l'ordre de 112g/litre, soit 28g dans une canette de 250ml (soit 10,7g/100ml de sucre, sur un total de 11,2g/100ml) (105). Cette consommation est nettement supérieure à celle recommandée pour les boissons énergétiques des sportifs, en effet elles doivent contenir entre 50 à 80g de glucides par litre pour être isotoniques (105).

La forte teneur en glucides peut faire l'objet d'une sensation gustative désagréable à l'effort chez le sportif déshydraté (bouche « pâteuse »).

- L'acidité avec des pH nettement inférieur au pH critique de 5,5 :

L'étude de Pinto et coll. a analysé le pouvoir érosif de 11 boissons énergisantes. A noter que le pH de ces boissons était très bas, allant de 3,81 pour le RedBull® jusqu'à 2,52 pour Sport Drinks® (104). Ces pH sont donc nettement inférieurs au pH critique de déminéralisation de 5,5.

Il a été montré que certaines boissons de l'étude engendrent l'élimination de la boue dentinaire, qui est à l'origine de l'exposition des tubules dentinaires (104). Par conséquent, en plus du caractère érosif, les boissons énergisantes constituent un facteur étiologique important de l'hypersensibilité dentinaire (104).

Group	Energy drink	pH ± SD
1	Control (Distilled water)	8.17 ± 0.12
2	RedBull	3.81 ± 0.21
3	Flying Horse	3.35 ± 0.13
4	BUG	2.92 ± 0.11
5	Burn	3.03 ± 0.13
6	Gladiator	2.88 ± 0.16
7	Hot Power	2.87 ± 0.17
8	Flash Power	2.79 ± 0.22
9	Army Power	2.69 ± 0.18
10	Ionic	2.85 ± 0.31
11	TNT	2.80 ± 0.24
12	Sports Drinks	2.52 ± 0.11

Tableau VIII : Les valeurs de pH des boissons énergisantes

Source : article : Erosive potential of energy drinks on the dentine, Pinto et coll., 2013

2.3.4 Santé bucco-dentaire et boissons du sport

La majorité des boissons du sport ont un effet cariogène et érosif sur les dents (107,108) de par leur acidité et leur teneur importante en glucides fermentescibles (66,99,107). A cette acidité primaire s'en ajoute une seconde, découlant de l'incubation en milieu buccal des sucres (19).

Leur consommation au cours des pratiques sportives, associée à la diminution de la sécrétion salivaire (paramètre qui sera étudié par la suite) liée à la déshydratation, réunissent des conditions pathogènes à l'origine du développement de caries et du processus d'érosion chimique (99,108). Une hydratation adéquate est bénéfique pour la santé bucco-dentaire car elle maintient le flux de salive (80).

Certains sports (longue durée, respiration prononcée par la bouche) ou certaines situations (climat chaud et sec) favoriseraient la survenue de problèmes bucco-dentaires (66).

- **L'attrait pour ces boissons**

L'étude d'Hausswirth *et al.*(66) portant sur les sportifs de l'INSEP a montré que

  - 94 % des sportifs interrogés indiquent boire à l'entraînement, parmi eux, 12 % consommaient systématiquement des boissons énergétiques
  - 96% des sportifs interrogés indiquent boire en compétitions, parmi eux, 31 % consommaient systématiquement des boissons énergétiques (66).

L'étude de Bryant *et al.* (109) portant sur la consommation de boissons énergétiques de 31 triathlètes néo-zélandais a également mis en avant la popularité des boissons du sport auprès des athlètes de haut niveau. 84% consommaient régulièrement une boisson sportive durant l'entraînement (1 à 6 fois par semaine) dont 16 % en consommaient six fois ou plus par semaine. 16 % ont rapporté en consommer même les jours sans entraînement. La consommation énergétique était la plus importante au cours de l'épreuve de cyclisme, et était répartie en 5 à 7 prises au cours de la séance (109).

- **Un pH acide entrainant la déminéralisation de l'émail**

La consommation de boissons acides porte préjudice à l'émail, plusieurs études confirment que l'acidité des boissons d'effort est déterminante dans l'érosion dentaire (21,23,108).

D'après une étude réalisée par Milosevic, la plupart des boissons classiquement consommées par les sportifs étaient acides, avec un pH bien inférieur au pH critique de déminéralisation de l'émail. En effet, les valeurs de pH relevées allaient de 4,46 à 2,38 (107). De plus, les boissons comportaient toutes des concentrations en fluorures faibles et probablement incapables d'empêcher la déminéralisation ou de favoriser la reminéralisation (107).

Boissons énergétiques « sportives »	pH
CarboLode	3,74
Gatorade	3,05
High5	2,52
Isostar	2,38
Lucozade Sport (Lemon, Orange)	3,05
Maxim	4,46
PSP22	2,60

Tableau IX : Acidité de quelques boissons du sport

Source : Article Sports drinks hazard to teeth, Milosevic, 1997

Le type d'acide le plus couramment utilisé dans les boissons pour sportifs est l'acide citrique (21). Celui-ci est l'un des acides les plus érosifs, responsable de la séquestration du calcium par la salive et les dents. Par conséquent, les boissons à faible pH et contenant de l'acide citrique sont considérées comme ayant la capacité d'érosion la plus élevée (104).

- **Des taux élevés de glucides**

Le potentiel cariogène de ces boissons du sport est lié à leur teneur et à la concentration en glucides (21,102,108). Coombes *et al.* ont analysé le contenu des boissons du sport les plus populaires (101). La concentration en glucides variait de

6,0% à 8,4%. Tous les monosaccharides et disaccharides sont hautement cariogènes, par conséquent, la carie peut être potentialisée chez les sportifs de haut niveau qui ne maintiennent pas un bon niveau de contrôle de la plaque (107).

Comme nous l'avons étudié précédemment, le risque carieux est augmenté si les sucres sont consommés à une fréquence élevée et sous une forme qui restent un moment en contact avec les surfaces dentaires. Ainsi, les boissons de l'effort pourraient considérablement favoriser les conditions de développement de caries (21). De nombreux tests *in vitro* et *in vivo*, ainsi que des expériences sur modèles animaux, ont établi que les boissons contenant du sucre pouvaient provoquer des caries dentaires (52).

Une étude sur les rats a montré que la consommation de boissons du sport a augmenté de manière significative l'accumulation de plaque mais, comparé à un groupe contrôle consommant de l'eau distillée, n'a pas augmenté les caries. L'addition de fluor aux boissons réduit considérablement les caries et a tendance à diminuer la plaque (110).

Les preuves d'un certain nombre d'études n'appuient pas le postulat selon lequel la consommation de boissons pour sportifs est associée à des caries dentaires mais le potentiel carieux ne peut être négligé (21,107).

Milosevic *et al*. ont réalisé une étude afin d'évaluer la santé bucco-dentaire de 25 nageurs et 20 cyclistes et leur consommation de compléments sportifs, les investigateurs ont également déterminé les propriétés physico-chimiques des boissons du sport les plus populaires (108). L'indice DMFS était significativement supérieur pour le groupe des cyclistes ($p<0,05$) et l'indice d'érosion était également supérieur. De plus, les cyclistes avaient une consommation significativement supérieure en boissons énergétiques comparés au groupe des nageurs ($p<0,05$) (108). La prise de boissons du sport sur le vélo, durant l'entrainement ou la compétition, est une pratique courante chez les cyclistes, alors que seulement 44% des nageurs ont consommé ces boissons durant l'entrainement (108). Cette différence pourrait expliquer l'état de santé bucco-dentaire plus affecté des cyclistes.

- **Lien entre érosion et carie**

Les processus d'érosion et de carie vont provoquer une déminéralisation de la surface de la dent, toutefois quelques différences les distinguent. Elles vont s'opérer selon une cinétique différente (111).

Le processus d'érosion débute dans la minute qui suit la prise d'une boisson acide (111).Chaque contact entre la boisson et la dent correspond quasiment aux effets chimiques d'un mordançage de l'émail (19). La déminéralisation débute quand le pH de la cavité buccale atteint le seuil critique de 5,5. Or, nous avons vu que les boissons du sport ont souvent un pH aux alentours de 3-4. Cette érosion chimique, avec la perte des ions calcium, se poursuit pendant une quinzaine de minutes (111). Puis au bout d'une trentaine de minutes, s'en suit un processus de reminéralisation de la surface amélaire.

Or, c'est à ce moment-là que l'athlète consomme à nouveau des boissons énergétiques. En effet, l'apport hydrique est recommandé toutes les 15 à 30 minutes durant les efforts prolongés. Le cycle recommence, empêchant la reminéralisation et amplifiant le processus d'érosion (111).

Concernant le processus carieux, les bactéries de la plaque vont métaboliser les sucres en acides. Ceux-ci seront en contact avec la surface de la dent pendant environ 90 minutes (111). L'acidité sera moins intense que lors de la prise d'une boissons de l'effort, toutefois la neutralisation de l'acide prendra plus de temps (111). Les ions calcium et les fluorures participent au processus de reminéralisation de la surface, mais la carie progresse toujours à échelle microscopique. Lorsque la carie atteint les couches profondes de l'émail, la lésion est irréversible (111).

Nous pouvons donc conclure que les boissons du sport, de par leurs nombreuses caractéristiques sont néfastes pour la santé bucco-dentaire. Nous allons à présent étudier les paramètres salivaires et le lien entre xérostomie du sportif et boissons de l'effort.

2.4 La salive

La salive est un fluide biologique essentiel au maintien d'une bonne santé bucco-dentaire et au bon déroulement de nombreuses foncions orales (112). Elle est le principal système de défense contre les facteurs de virulence des bactéries cariogènes (113). Elle permet également le maintien d'un pH neutre et d'un degré d'hydratation constant, nécessaires aux tissus dentaires et muqueuses buccales (112).

Les fonctions de la salive sont multiples (112–114) :

- Lubrification des tissus buccaux,
- Humidification limitant la déshydratation buccale induite par la respiration
- Protection des tissus mous buccaux contre les traumatismes provoqués par la mastication, la déglutition et la phonation
- Maintien de l'intégrité des tissus dentaires
- Pouvoir tampon
- Agit comme une barrière contre les irritants : activité antibactérienne contre les micro-organismes étrangers,
- Rinçage de la cavité buccale pour nettoyer et éliminer les particules alimentaires et les débris des tissus,
- Chimiquement : maintien un environnement riche en calcium, phosphate et agents tampons acides.
- Gustation (pouvoir tampon faisant baisser le gout aigre de certains aliments), déglutition (la salive facilite la formation du bol alimentaire et la déglutition grâce aux substances mucilagineuses) et digestion (les enzymes salivaires participent aux premières étapes de la digestion des sucres et des graisses)

La sécrétion salivaire est assurée par les glandes exocrines dites majeures (parotides, submandibulaires et sublinguales) et les glandes dites mineures ou accessoires. La salive est constituée principalement d'eau, d'électrolytes, de protéines et de glycoprotéines (112).

Elle est contrôlée par les systèmes nerveux sympathique et parasympathique qui ont une action complémentaire, voire synergique au niveau des glandes salivaires (112). Ceci explique que le débit varie en fonction des stimulations (perceptions olfactives ou visuelles, mastication, goût) et des rythmes circadiens (112).

2.4.1 Les caractéristiques de la salive

i. La composition salivaire

La salive est un mélange complexe composé de sécrétion salivaire et du fluide gingival qui représente 0,1% du volume total (112). C'est un liquide hypotonique essentiellement aqueux à 99%. Les composantes organique et inorganique forment le 1% restant (112).

- **Constituants organiques**

La composante organique est principalement protéique avec plus de 1300 protéines identifiées (112). Il y a les protéines extrinsèques, issus du sérum, et les protéines intrinsèques, synthétisées directement par les glandes salivaires elles-mêmes.

Quelques exemples de composants organiques (20,112) :

- Les enzymes salivaires avec notamment les lysozymes (environ 10% des protéines totales) qui ont un pouvoir antiseptique capable de lyser les bactéries et les lactoperoxydases contribuant également à rendre un milieu antiseptique.
- Les protéines riches en prolines qui ont un rôle dans le maintien de l'homéostasie du calcium dans la cavité buccale et dans la lubrification
- Les mucines contribuent à former un gel visqueux recouvrant les tissus de la cavité buccale, conférant ainsi à la salive son pouvoir de lubrifiant et participent également à la formation de la pellicule exogène acquise par agrégation des bactéries

- La lactoferrine aux effets bactériostatiques, bactéricides, virucides et fongicides ; elle aurait des propriétés anti-inflammatoires par modulation de la réponse immunitaire
- Les stathérines permettent à la salive de maintenir son état de sursaturation en calcium et phosphates ; elles sont les seules protéines salivaires capables d'inhiber la précipitation spontanée des phosphates de calcium (20), ont également un rôle dans la lubrification des surfaces dentaires et participent et l'élaboration de la PEA
- Les immunoglobulines sécrétoires : les plus représentées sont les IgA dont la concentration salivaire est largement supérieure à la concentration sérique. La très grande majorité des éléments potentiellement antigéniques de l'environnement pénètre par voie buccale ou respiratoire et se trouve en contact avec les IgAs. Ainsi, elles représentent une importante ligne de défense contre les bactéries et virus s'introduisant dans l'organisme.

- **Constituants inorganiques**

Ce sont les ions sodium, potassium, calcium, hydrogène (H^+), chlorures, phosphates inorganiques, bicarbonates, thiocyanates, halogène (iode et fluor) et des métaux (cuivre et fer) (112).

Les ions H^+ sont responsables du pH salivaire et sont tamponnés par différentes substances, en particulier les bicarbonates (112,113). La présence de calcium et la sursaturation du phosphates inorganiques permettent la reminéralisation des cristaux d'hydroxyapatite après attaque acide (20,112).

ii. Le débit salivaire

Le volume de sécrétion salivaire est variable : entre 0,5 et 1,5 litres avec une moyenne de 0,75l/24h (112).

Le débit salivaire (non stimulé, de repos) moyen est de 0,3-0,4 mL/min. Concernant la sécrétion stimulée de manière mécanique (mastication), elle varie de 3 à 5mL/min (112).

Le débit dépend de nombreux facteurs, comme par exemple, le degré d'hydratation, la position du corps, l'exposition à la lumière, les stimulations, les rythmes circannuel et circadien. En effet, la sécrétion est extrêmement faible durant le sommeil. A l'inverse, des pics se produisent la journée en période de stimulation (pendant les repas) (112).

Il permet de diluer les aliments, entrainant l'évacuation plus ou moins rapide de ceux-ci vers le tube digestif. Il est également responsable de l'action d'auto-nettoyage des surfaces dentaires (20). Un débit salivaire important réduit la durée d'exposition sucrée et acides, tandis qu'un débit faible favorise la stagnation des aliments dans la cavité buccale accroissant leur potentiel cariogénique (113).

- **La clairance salivaire**

La clairance salivaire est le processus par lequel les substances sont éliminées de la cavité buccale. Elle est directement influencée par l'acte de déglutition et le flux salivaire (20).

Quand le débit salivaire non stimulé est de 0,3 mL/minute (c'est-à-dire dans la normale), une demi-vie d'élimination de 2,2minutes est calculée, ce qui signifie que la concentration d'un composant exogène présent dans la salive a tendance à diminuer de moitié dans ce temps (112). Le temps de clairance du glucose buccal renseigne donc sur la capacité de la bouche du patient à retenir les sucres sur un moment donné.

Il existe une corrélation entre la diminution du débit salivaire et la capacité d'éliminer les substances acides de la cavité buccale (20). Les patients avec un débit salivaire (non stimulé) plus bas que la normale présentent des temps d'élimination plus longs (ce qui est néfaste à l'environnement buccal pour les sucres ou les acides) (112). Il a été montré que la rétention du glucose est directement liée à la susceptibilité à la carie (52,53).

iii. Le pH et le pouvoir tampon

Le pH salivaire exprime l'acidité ou l'alcalinité de la salive. Il varie entre 5,3 et 7,8 chez l'homme (112).

Un environnement buccal enrichi en glucides fermentescibles apporté par l'alimentation peut faire passer la microflore de la bouche d'un état non cariogène à un état cariogène (52). On aura alors une augmentation du nombre de bactéries acidophiles, ce qui va influer sur le pH qui va diminuer.

- **Le pouvoir tampon**

Le pouvoir tampon est directement lié au débit salivaire ainsi qu'à la présence de bicarbonates, phosphates, urée, d'amphotères et de certaines protéines et enzymes (112). Il permet la remontée du pH faisant suite aux phases acides de déminéralisation.

Les bicarbonates salivaires ($HCO3^-$) sont les meilleurs tampons vis-à-vis d'une baisse de pH. Ils ont un rôle déterminant dans la neutralisation des acides de par leur propriétés intrinsèques (112). Tout comme l'urée, ils permettent aussi la synthèse d'ammoniac, qui après avoir été métabolisé par le biofilm, a la capacité d'augmenter le pH (112).

Il augmente avec la stimulation de la salive, le rendant ainsi presque inefficace pendant les périodes de faibles débits (115) et peut alors descendre jusqu'à 5,3.

2.4.2 Rôle de protection de la salive contre les caries

La production d'acides par les bactéries de la plaque se poursuit jusqu'à ce que le substrat glucidique soit entièrement métabolisé (113). Dans les 3 à 5 minutes suivant l'exposition à des boissons ou aliments contenant des glucides fermentescibles, le pH de la plaque diminue en dessous de la valeur critique de 5,5 et la déminéralisation de

la surface amélaire est amorcée. Il existe un équilibre au sein de la plaque dentaire : le pH de la plaque diminue puis il revient à la valeur de repas grâce à la salive (113).

La durée de cette déminéralisation dépend du temps nécessaire pour que le pH repasse au-dessus du seuil critique. Il a été montré que la remontée du pH acide est principalement contrôlée par la quantité et la composition de la salive (113).

En plus de neutraliser les acides produits dans la plaque dentaire, la salive sert également de mécanisme de défense de l'hôte en intervenant dans la reminéralisation. La capacité de la salive à reminéraliser l'émail est connue depuis plus de 40 ans (113).

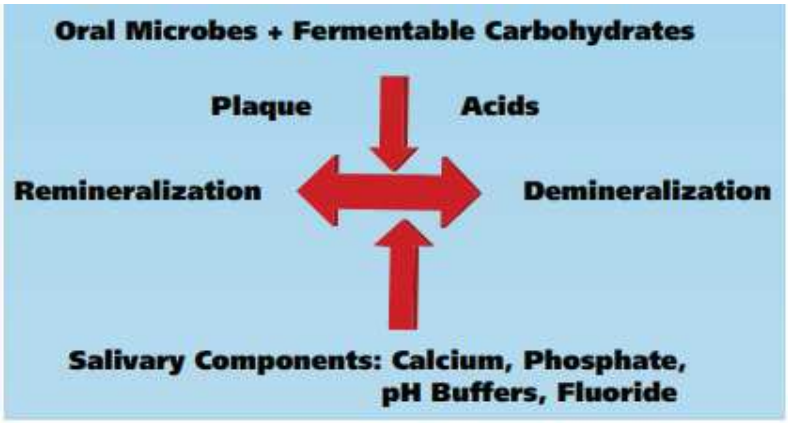


Figure 15 : Processus de déminéralisation/reminéralisation et équilibre au sein de la plaque dentaire

Source : Article The effect of saliva on dental caries, Stookey, 2008

Lorsque l'exposition de la surface dentaire à la salive est limitée et insuffisante, la baisse du pH de la plaque est plus importante et sa remontée est plus longue (113). Des études ont montré que la stimulation du flux salivaire améliore considérablement le taux de récupération du pH de la plaque et son retour à la normale (113).

Les multiples fonctions de la salive jouent un rôle important dans la prévention des caries dentaires (113). Les capacités de défense de la salive dépendent de sa composition et son flux (114). La salive protège les dents contre la carie dentaire en agissant par plusieurs procédés (20,112,113) :

◆ Les surfaces dentaires sont protégées en permanence par la PEA.

◆ Son flux salivaire et sa clairance assurent un nettoyage mécanique des surfaces muqueuses et dentaires, éliminant, en partie, la flore bactérienne mais également les débris alimentaires et les acides vers le tube digestif. Ce phénomène est amplifié par le mouvement des lèvres, joues et langue.

◆ Son pouvoir tampon neutralise l'acide produit par les bactéries de la plaque et permet une remontée du pH. Les bicarbonates ont un rôle prépondérant dans la neutralisation des ions H^+.

◆ Elle possède des propriétés antimicrobiennes (112–114). En effet, les glandes salivaires sécrètent un fluide contenant des agents immunologiques et non immunologiques, impliqués dans la surveillance immunitaire et la protection des muqueuses et des tissus dentaires.

♦ Le contenu immunologique repose sur la présence d'IgA, d'IgG et d'IgM (l'IgA est le facteur salivaire dominant dans la surveillance immunitaire et la neutralisation des bactéries et virus ainsi que de leurs produits (114))

♦ Le contenu non immunologique est représenté par de nombreuses enzymes (lysozyme, lactoperroxydases,…) et protéines (mucines, cystatines, hystatines, défensines, protéines riche en proline,…)

Le mécanisme anti-microbien consiste en une interaction entre les molécules de surface des éléments pathogènes et les cellules immunitaires afin de faciliter leur reconnaissance puis leur élimination. Ces molécules ont aussi un rôle dans la médiation anti-inflammatoire (112).

◆ Sa saturation élevée en ions phosphate, calcium et fluor renforce la charge minérale de surface par saturation locale d'éléments : ils interviennent dans l'équilibre entre la déminéralisation et la reminéralisation de l'émail (112).

Coogan *et al.* (116) ont analysé différents paramètres jouant un rôle dans le développement de caries dentaires. L'étude a porté sur l'évaluation carieuse de 27 étudiants en chirurgie dentaires. Il a été montré que le groupe qui n'avait pas de carie à l'évaluation initiale ni lors de l'évaluation après 4 ans, avait des spécificités au niveau

des paramètres salivaires : la moyenne du débit salivaire stimulé était significativement plus élevée, le pouvoir tampon et taux de lysozymes meilleurs (116). Le flux salivaire réduit dans le groupe qui avait initialement des caries et qui en avaient de nouvelles 4 années plus tard, a probablement prédisposé ces étudiant au développement de lésions carieuses car le nettoyage mécanique assuré par le flux salivaire était insuffisant (116).

Le pH au repos de la salive a tendance à prédire la prédisposition de l'individu à la carie et est également un indicateur de la capacité du pouvoir tampon salivaire (114). Les individus avec un pH salivaire au repos d'environ 7,0 ont tendance à avoir une faible activité carieuse ou aucune carie ; tandis que ceux avec un pH au repos de 5,5 ont une prédisposition aux caries très élevée (114).

L'équilibre entre déminéralisation et reminéralisation ne dépend pas seulement d'un facteur mais de multiples facteurs. Une déficience dans la constitution de la salive ainsi qu'une production insuffisante de salive peuvent être aussi importantes dans le développement de caries qu'une production excessive d'acides suivant l'ingestion de glucides fermentescibles (52).

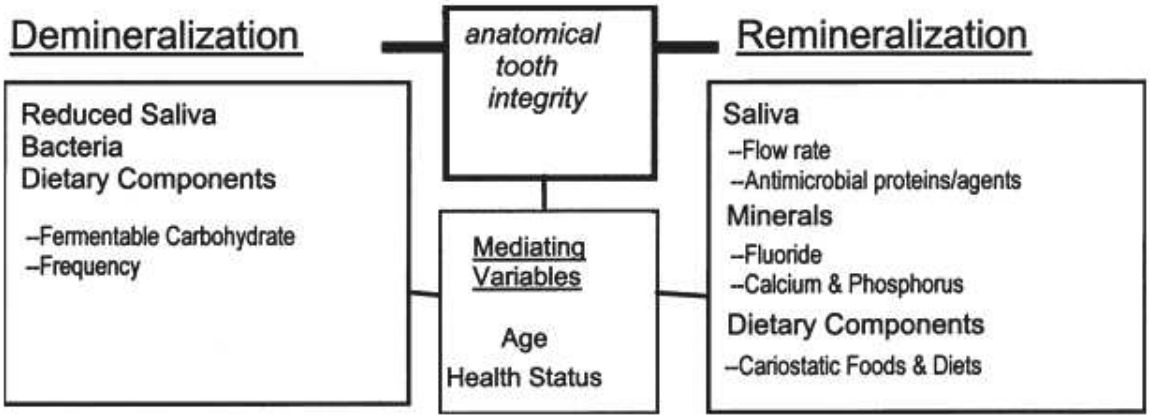


Figure 16: Multiples facteurs impliqués dans les processus de minéralisation/déminéralisation du processus carieux

Source : Article Nutrition and dental caries, Mobley, 2003(52)

Les personnes les plus à risque de caries ont généralement une faible capacité tampon salivaire, une saturation réduite de la plaque et de la salive en calcium et phosphate, de faibles niveaux de fluorure dans la plaque et la salive et un régime alimentaire riche en sucres avec exposition fréquente aux glucides (114).

Certains auteurs se sont penchés sur l'importance des chewing-gums sans sucre (au sorbitol ou xylitol) pour stimuler mécaniquement le flux salivaire et permettre cette remontée du pH lorsque les paramètres salivaires sont déficients (113). Stimuler le flux salivaire modifie sa composition (112,113). Les concentrations de protéines, sodium, chlorure et bicarbonate sont augmentées (20,113). Les résultats d'études cliniques sur les caries attestent l'intérêt de stimuler le flux salivaire.

La revue de Stookey (113) sur ce sujet a montré l'intérêt considérable des chewing-gums sans sucre dans la réduction de l'incidence des caries. Six des sept études analysées ont rapporté des diminutions statistiquement significatives de l'incidence des caries associées à l'utilisation d'une pastille ou d'un chewing-gum sans sucre après chaque repas (113).

2.4.3 La xérostomie des sportifs

La bouche sèche (xérostomie) est une plainte qui est le problème salivaire le plus courant chez le sportif et qui correspond au sentiment subjectif de sécheresse pouvant être dû à :

- Un débit salivaire réduit (hyposalivation) et/ou
- Une modification de la composition salivaire (115).

La xérostomie, ou bouche sèche, est associée à une augmentation du nombre de bactéries cariogènes et à une augmentation des caries (52).

La plupart des sportifs, y compris les nageurs, se plaignent de la « sensation de bouche sèche » (19). Dans une étude réalisée par le Dr Lamendin portant sur 175 nageurs, 67,5% d'entre eux se plaignaient de « bouche sèche » (19). A titre comparatif, dans une étude sur 135 étudiants sportifs, 57,1% des handballeurs, 67,9% des basketteurs, 75% des judokas et 76,2% des volleyeurs s'étaient plaints de la même sensation de « bouche sèche » (19).

Dr Lamendin a également constaté, dans une autre étude réalisée sur 218 étudiants pratiquant différents sports, un lien entre cette sensation de « bouche sèche » et le niveau sportif (19). Plus le niveau du sportif est important, plus cette sensation de « bouche sèche » apparait lors des entrainements, et moins lors des compétions. En entrainement, ce sont 25% des départementaux et 86% des nationaux et internationaux qui ressentent la sensation, alors qu'en compétition, la répartition est plutôt inversée : 50% des départementaux et seulement 6,5% des nationaux et internationaux (19). D'après son hypothèse, l'importance et la durée de l'effortt pourrait être déterminant pour l'entrainement alors que l'aspect psychologique pourrait l'être lors des compétitions (19).

Le plus souvent, le phénomène de « bouche sèche » est complexe et découle de plusieurs facteurs :

- La déperdition d'eau au cours d'activités physiques intenses (fractionnées ou de longue durée) (19,94),
- L'inhibition salivaire en cas de déperdition hydrique non compensée (19,21),
- L'acidification du milieu buccal liée au pouvoir tampon plus ou moins élevé (19,117), lui-même en rapport direct avec le débit salivaire, et également liée à la prise d'aliments et boissons acides du sport riches en glucides,
- La température ambiante (moyenne et maximale) (19),
- Le tabagisme (il existe toujours, plus ou moins en milieu sportif, surtout dans les sports collectifs) (19,31),
- Le stress : un stress psychique peut diminuer le flux salivaire par un facteur de 10 (il faut essayer de le gérer par une préparation mentale ou la relaxation afin d'éviter au maximum le recours à des médications) ou d'autres perturbations psychologiques variées (19),
- La respiration buccale d'effort (118), pratiquement inévitable chez les sportifs, soit due à une dysfonction (mauvaise perméabilité nasale), soit due à l'effort lors d'activités physiques prolongées (19),
- La prise de médicaments (19,114) (asialies médicamenteuses, toutefois un grand nombre de médicaments figurent sur la liste des produits interdits aux sportifs par la commission antidopage internationale.

i. Débit salivaire

La salive est essentielle au maintien de la santé bucco-dentaire et une diminution du débit salivaire provoque un déséquilibre buccal cliniquement significatif (20,113,118). De plus, la diminution de la production de salive réduit la capacité à éliminer et à neutraliser les acides alimentaires dans la bouche (20). Un flux salivaire élevé contribue à une clairance salivaire plus élevée (118).

Des études ont démontré que le débit salivaire semble être modifié au cours de l'exercice (117–121). Une diminution du flux salivaire pourrait s'expliquer par une augmentation de l'activité sympathique au cours d'un exercice intense, entraînant une diminution du volume salivaire (122).

De nombreux athlètes, en particulier les athlètes d'endurance, subissent de longues périodes d'hypohydratation pendant l'entraînement et la compétition (94). Il est reconnu que la déshydratation, l'augmentation de l'élimination des fluides corporels lors de la pratique d'exercice physique et l'apport hydrique restreint entrainent une diminution du flux salivaire (20,21,118) qui se traduit par un auto-nettoyage des surfaces dentaires moindre et un pouvoir tampon de neutralisation des acides déminéralisants insuffisant (21).

◆ En 1990, l'équipe de Ljungberg (119) a réalisé des tests salivaires sur 18 coureurs amateurs (bien entrainés) entre 24 et 62 ans qui participaient au marathon de Stockholm. 3 prélèvement salivaires (salive non stimulée, salive stimulée par un bloc de paraffine, salive parotidienne stimulée grâce à de l'acide) ont été réalisés avant, juste après la course et une heure après la fin de l'épreuve. Il a été constaté une diminution significative du flux salivaire total stimulé juste après la course. Une heure plus tard la moitié de la diminution avait été compensée (119). En ce qui concerne les deux autres types de salives, des résultats comparables ont été trouvés mais ceux-ci ne sont pas significatifs (119). Directement après la course, seulement 14 des 18 coureurs ont pu produire de la salive non stimulée, au repos.

◆ En 1997, Steerenberg *et al.* (120) ont cherché à savoir si les taux d'IgA salivaire sécrété était affecté au cours de la pratique d'un triathlon distance olympique. 42 triathlètes ont voulu participer à l'étude. La salive a été collectée entre 80 et 30 minutes avant la course et juste après. Une diminution significative du débit salivaire stimulé a été relevée après la course : il est passé de 1,0 ml/min avant la course à 0,6 ml/min après ($p<0,05$) (120).

◆ En 2006, Horswill *et al.* ont cherché à déterminer si la consommation de liquide pendant l'exercice affecte les défenses de l'organisme, à savoir le flux de salive et le pH salivaire (121). Les 50 sujets, entrainés à l'endurance, ont fait de l'exercice durant 75 minutes à 4 reprises. Au cours de chaque séance, ils s'hydrataient au bout de 30 et 60 minutes, sans connaitre le type de la boisson ingérée. 4 boissons différentes étaient utilisées pour l'étude : eau, jus d'orange dilué, boisson du sport « faite maison » et boisson du sport du commerce (Gatorade®). A savoir que les trois dernières avaient un pH acide compris entre 3,0 et 4,0. Le débit salivaire a légèrement mais

significativement diminué après l'exercice (121). Toutefois, les taux restent dans les valeurs moyennes rapportées par la littérature. Ces résultats suggèrent que la consommation de boissons pendant l'exercice peut aider à maintenir l'équilibre des fluides corporels et une fonction salivaire proche de la normale (121).

◆ En 2012, Mulic *et al.* (118) ont étudié la relation entre l'exercice physique, l'érosion dentaire et la sécrétion salivaire. Ils ont analysé la salive, avant et après l'entrainement (durant de 60 à 90 minutes), de 70 membres d'un centre de fitness, s'entrainant au moins 2 fois par semaine. Les résultats ont montré que chez 64% des individus, un flux salivaire stimulé réduit a été enregistré. La valeur moyenne avant l'exercice était de 1,43 mL/min, tandis que la valeur moyenne mesurée après la séance d'entrainement était de 1,31 mL/min (118).

◆ En 2013, Tanabe et al. (123) ont voulu analyser les influences de la réhydratation et de l'alimentation sur le débit salivaire, le pH et le pouvoir tampon lors d'un exercice. Les 10 participants ont chacun testé les 5 conditions différentes :

1) Aucun apport
2) Eau minérale
3) Eau minérale + nutrition (gel + banane)
4) Boissons du sport
5) Boissons du sport + nutrition

Le débit salivaire a significativement diminué de 40,3% après l'effort dans la condition 1 où les sujets n'ont consommé aucun apport hydrique et nutritif. A contrario, il n'y pas eu diminution significative dans les conditions où les sujets étaient hydratés au cours de l'épreuve (123).

◆ En 2014, Frese *et al.* ont cherché à comprendre les effets de l'endurance sur les érosions dentaires, les caries et la salive. Les résultats ont mis en évidence qu'il n'y avait pas de différences sur les paramètres salivaires au repos entre les athlètes et le groupe témoin non pratiquant. En revanche, le flux salivaire chez les triathlètes diminue après l'exercice (p=0,001 pour la salive stimulée et p=0,01 pour la salive non stimulée). Cette diminution significative serait due à une augmentation de l'activité sympathique et une répression de l'activité parasympathique entrainant une vasoconstriction des glandes salivaires (117).

ii. pH salivaire

◆ Dans l'étude pratiquée sur les marathoniens, il n'y eu que des fluctuations minimes du pH et du pouvoir tampon qui n'a que légèrement diminué, de façon non significative (119).

◆ Horswill a relevé des changements minimes sur le pH salivaire des 50 sujets pratiquant la séance d'exercice de 75 minutes (121). La diminution la plus élevée a été observée avec la consommation d'une boisson de l'effort « faite maison » au cours de l'exercice de 75 minutes, le pH est passé de 7,22 à 7,12 après l'effort (121).

◆ Tanabe et al. ont observé des modifications du pH et du pouvoir tampon pendant et après l'exercice (123). Lors de la consommation de boisson du sport (conditions 4 et 5), des diminutions du pH pendant et après l'effort ont été relevées. Avec la consommation d'eau minérale, il n'y pas eu de diminution du pH et le pouvoir tampon était quasiment constant durant l'expérience. Le pouvoir tampon a significativement diminué dans les conditions d'expérience suivantes : aucun apport hydrique et nutritionnel, consommation boisson du sport, consommation boisson du sport + nutrition (123).

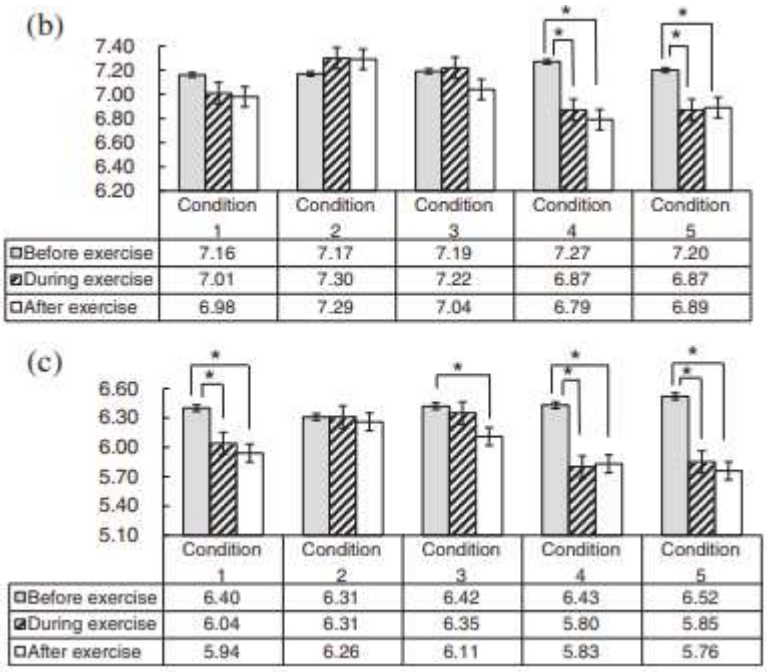


Figure 17: Changements du pH salivaire (b) et du pouvoir tampon (c) selon les 5 conditions d'hydratation et de nutrition

Source : Article Effects of rehydration and food consumption on salivary flow, pH and buffering capacity in young adult volunteers during ergometer exercise, Tanabe et al., 2013

◆ Dans l'étude de Frese *et al.* (117), des variations du pH ont été rapportées :

- Durant l'inactivité, le pH mesuré affleurait la neutralité (pH=6,8 pour les athlètes et pH=6,7 pour le groupe contrôle).
- Lors de l'exercice, le pH a augmenté, sa valeur (pH=6,8) était significativement plus haute que 5 minutes avant l'exercice.
- Au maximum de l'exercice, le pH est passé à 7,1.
- 5 min après l'exercice, le pH est revenu à sa valeur de départ.

La capacité tampon était normale 5 minutes avant l'exercice et élevée 5 minutes après l'effort (117). L'augmentation du pH pendant l'effort serait une réaction compensatoire dont le but serait d'équilibrer le déficit salivaire (117).

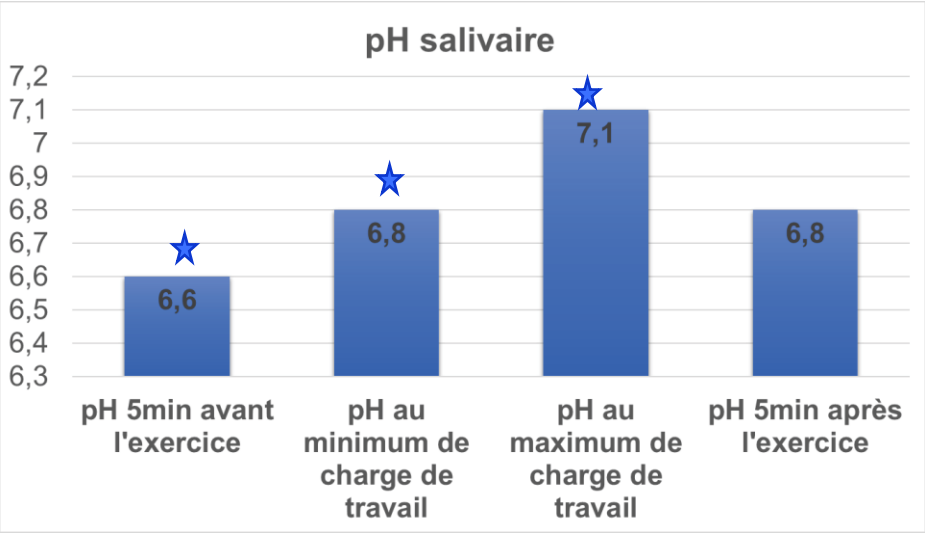


Figure 18: Mesure du test salivaire avant, pendant et après le test d'effort *P=0,003

Source : Article Effect of endurance training on dental erosion, caries and saliva

iii. Composants salivaires

Une augmentation de la concentration en protéines peut refléter une diminution de la sécrétion d'eau (119). Des études ont mis en avant une augmentation de la concentration totale des protéines salivaires pendant l'exercice. L'intensité de l'exercice semble être un paramètre primordial influant sur l'état de la salive (119). On peut s'attendre à ce qu'un exercice court et faible en intensité n'entraîne pas ou peu de changements d'électrolytes et d'autres composants salivaires, tandis qu'un exercice dur et prolongé peut induire des changements plus évidents et significatifs (119).

L'un des composants du système immunitaire qui est affecté par un exercice physique intense est l'excrétion des IgA salivaires. Dans la plupart des études, il a été démontré que les niveaux d'IgA salivaires diminuent au cours d'un tel exercice (119,120).

◆ Chez les coureurs du marathon de Stockholm, les concentrations salivaires de chlorure, potassium, amylase, hexosamine, acide sialique et peroxydase salivaire étaient significativement plus élevées après qu'avant la course (119). Une

augmentation significative de la concentration en phosphate et en calcium a été rapportée après la course dans la salive stimulée. Cette valeur reste élevée une heure après la course. La concentration totale en protéines a également augmenté dans les trois types de salive (119). Or, on sait que l'augmentation de la concentration de calcium, phosphate et protéines est essentielle pour l'équilibre chimique de la salive et pour la protection des surfaces dentaires (119). Il y a donc eu plusieurs changements dans la composition de la salive juste après le marathon, mais la plupart des valeurs sont revenues à leur norme de départ après 1 h de repos. Cependant, les valeurs pour le sodium, le calcium, le phosphate, la peroxydase salivaire, l'amylase et les IgA salivaires étaient toujours élevées 1 h après la course. Les résultats concernant le taux d'IgA semblent être contradictoires(119) avec les résultats d'études précédentes réalisées chez les athlètes d'élite qui ont rapporté des taux d'IgA diminués lors d'exercices intenses de 2 heures ou plus (119).

◆ Dans l'étude de 1997 portant sur les triathlètes de Driebruggen, la concentration de protéines est passée de 1284µg/ml avant la course à 3802µ/ml après la course ($p < 0,001$) (120). La concentration salivaire d'IgA quant à elle n'a pas changé durant la course mais la quantité d'IgA salivaire a par contre significativement diminué (500µg contre 308µg), ainsi que la quantité IgA par mg de protéines (80µg/ml à 27µg/ml). La concentration d'IgA salivaires étant inchangée, cela a entraîné une réduction significative de la production totale d'IgA salivaires pendant la course, qui pourrait augmenter la susceptibilité aux infections (120).

Le débit salivaire a diminué d'environ 40% pendant la course, tandis que la concentration totale en protéines et l'activité d'amylase ont augmenté d'environ 3 fois. L'augmentation de la concentration en protéines pendant le triathlon pourrait être due à la déshydratation (120).

◆ La composition de la salive est modifiée pendant l'exercice entraînant une augmentation des protéines (117). Par conséquent, Frese suppose qu'en ce qui concerne sa fonction protectrice des tissus durs dentaires, la salive pourrait avoir une fonction altérée pendant l'exercice (117). Ces altérations de la composition de la salive pendant et, à cause de l'entraînement d'endurance, pourraient expliquer une formation de la pellicule acquise exogène défectueuse entraînant une fonction de protection limitée ou complètement déficiente (Hara et al., 2006) (117).

iv. Boissons du sport et salive

Bien que les boissons de l'effort aient déjà été abordées, on ne peut pas traiter la xérostomie du sportif sans revenir sur ces dernières car ces deux sujets sont en relation directe. La « bouche sèche » concerne une grande partie des sportifs et influence leurs paramètres buccaux et donc les effets produits par les boissons consommées (19).

On a donc remarqué que l'activité physique et la déshydratation influent sur les paramètres salivaires :

- Le débit salivaire est diminué,
- Le pouvoir tampon est plus ou moins inhibé en raison de cette diminution de salive (124) : il augmente avec la stimulation de la salive, le rendant ainsi presque inefficace pendant les périodes de faibles débits (115).
- La clairance des acides et glucides est également réduite (123,124).
- Le pH salivaire diminue lorsque le flux salivaire est diminué lors d'exercice ou de déshydratation (80,117).

Le rôle protecteur de la salive est donc altéré ce qui augmente le risque de caries (80,123).

Les boissons du sport, acides et riches en sucres rapides, apportent des charges de glucides répétitives sur un terrain à tendance « hyposialique », créant ainsi les conditions idéales d'une prolifération bactérienne en milieu buccal (19). Dans le cas des sportifs qui consomment des boissons du sport, les apports sucrés et acides sont trop fréquents et nombreux pour que les moyens de défense de la cavité buccale soient efficaces (111). Cette stratégie de fréquence d'ingestion est à l'origine d'une augmentation du risque carieux individuel (111).

La baisse de pH observée est plus longue, due à la diminution du rôle protecteur de la salive, augmentant donc les risques érosifs et carieux et ce, en particulier à la suite de prises répétées de boissons énergétiques (19).

Sachant que les boissons énergisantes et énergétiques réduisent également le pouvoir tampon de la salive, une consommation d'eau aide à maintenir le flux salivaire et le pH neutre (80). Si des produits de nutrition sportive (comme des boissons, des barres et des gels) doivent être consommés pendant l'exercice, alors il est recommandé aux athlètes que cette exposition soit suivie d'un rinçage de la bouche à l'eau pour réduire le risque de caries et d'érosion (80).

Nous avons vu précédemment le mésusage des boissons énergisantes par les sportifs. Ces boissons contiennent des concentrations élevées en caféine (102). Or, à des doses élevées, la caféine est un diurétique et peut contribuer à la déshydratation et à la réduction du flux salivaire ayant ainsi un impact sur la cavité buccale (80).

◆ Tanabe et *al.* ont mis en avant l'influence nocive des boissons du sport sur les paramètres salivaires (123). En effet, les auteurs ont pu remarquer que la consommation de boisson du sport lors de l'effort a entrainé la diminution du flux salivaire, du pH et du pouvoir tampon. Alors qu'avec la prise d'eau minérale, au contraire, il n'y a pas eu de diminution significative du flux et pH salivaires, la capacité du pouvoir tampon était presque maintenue durant l'expérience.

◆ En 2014, Frese *et al.* ont mis en avant une corrélation positive entre le temps d'entraînement hebdomadaire cumulé et la prévalence carieuse chez les triathlètes, s'entrainant en moyenne 9,5 heures par semaine (117). 45,7% ont rapporté consommer des boissons du sport et 74% des gels et barres de nutrition du sport. Bien que le groupe d'athlètes et le groupe contrôle ont montré des prévalences de caries similaires, les résultats soulignent cependant que la durée de l'exercice physique, qui est naturellement associée à une augmentation de la fréquence de l'apport nutritionnel (gels, barres, boissons du sport), a un impact significatif sur la prévalence des caries des athlètes (117).

Chez certains sportifs, le pouvoir tampon salivaire est « peu réactif », ils sont donc plus que les autres, exposés aux effets néfastes bucco-dentaires de ces boissons acides (19). Afin de déterminer si tel ou tel sportif est plus à risque, le chirurgien-dentiste

traitant doit faire des contrôles systématiques de « pouvoir tampon ». Dans le cas où celui-ci est faible, il devra délivrer à l'athlète des recommandations adaptées sur le plan hygiéno-diététique et concernant la consommation des boissons du sport (réduction de la fréquence de consommation, rinçage à l'eau).

.

En conclusion, la pratique d'un sport entrainerait une diminution du débit salivaire pendant et après l'exercice, avec une variation du pH et de la concentration des composants salivaire. La diminution importante et la modification de la composition de la salive entrainent la disparition de barrières de défense bucco-dentaires et favorisent par conséquent, le développement de caries dentaires (19). L'effet négatif de la nutrition acide et riche en glucides peut donc être aggravé pendant l'exercice, entraînant une sécheresse de la bouche (117,118).

2.5 Système immunitaire

2.5.1 Définition

Au cours de l'évolution, le système immunitaire s'est progressivement sophistiqué, il est le résultat d'une longue évolution (125). L'immunité est un mécanisme de défense d'un organisme vivant contre des agents étrangers menaçant son bon fonctionnement ou sa survie (125). Le système immunitaire fait référence à l'ensemble des tissus et molécules qui contribuent à opposer une résistance aux agressions. La réponse immunitaire correspond à la réaction coordonnée des cellules et molécules intervenantes (125). Elle se déclenche lorsque le système immunitaire reçoit des signaux de danger, on parle d'antigènes du non-soi.

Toute rupture d'équilibre du système immunitaire induit des modifications qui peuvent devenir pathologiques. Un déficit de l'immunité peut favoriser l'apparition d'infections graves et parfois d'affections néoplasiques. Inversement, un "excès d'immunité" ou une réaction immunitaire "mal adaptée" provoque des maladies inflammatoires allergiques et auto-immunes (125).

L'homme a deux systèmes de défense : l'immunité se divise en immunité innée non spécifique et non adaptative et en immunité adaptative ou acquise avec une réponse spécifique (125).

- **L'immunité innée**, première ligne de défense

Elle est une succession de réponses simples et immédiates mettant en jeu des mécanismes humoraux (cytokines, protéines) et cellulaires (polynucléaires, cellules *natural killer*, macrophages,…) (126). Dans la plupart des cas, cette étape permet d'éliminer rapidement des « agresseurs » mais aussi d'informer très rapidement les acteurs cellulaires de l'immunité adaptative (125).

- **L'immunité adaptative**, apparait dans un deuxième temps

Elle apporte une réponse spécifique en ciblant des agents pathogènes en particulier (125). Elle permet la production d'anticorps spécifiques d'un microorganisme, l'élimination des cellules infectées par un virus et la mise en place d'une mémoire immunitaire contre un microorganisme. Les cellules de l'immunité adaptative sont les lymphocytes B et T (126).

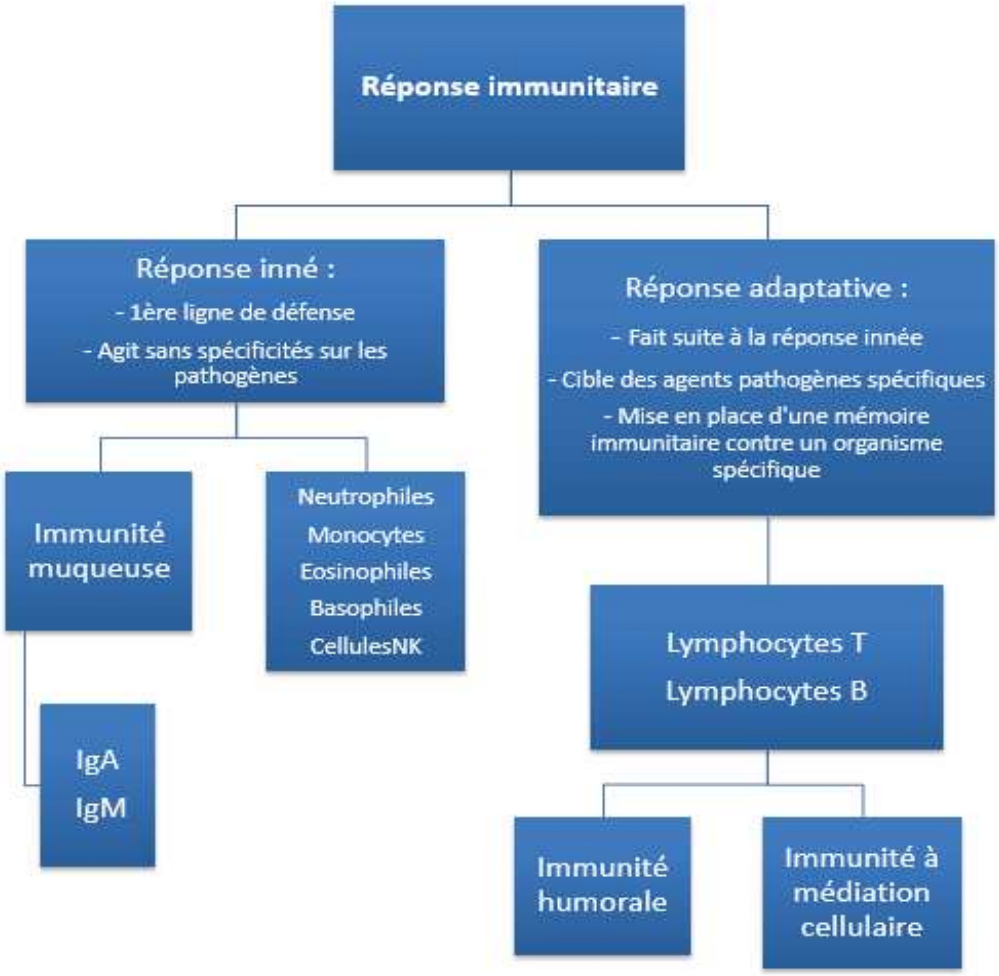


Figure 19: Un aperçu schématique des composants de base du système immunitaire

Source : Article Clinical Management of Immuno-Suppression in Athletes Associated with Exercise Training: Sports Medicine Considerations

Les réponses innées et adaptatives sont associées toutes les deux à la production de cytokines qui permettent la communication entre les cellules (125,126). Il existe un grand nombre de cytokines qui peuvent être produites ; elles sont généralement classées selon leur fonction pro-inflammatoire ou anti-inflammatoire (126). Cependant,

certaines cytokines ont à la fois des actions pro- et anti-inflammatoires (126). Les cytokines comprennent les interleukines, les chémokines, ainsi que les facteurs de croissance (125).

2.5.2 Immunité et pratique sportive à haut niveau

L'athlète d'élite moderne a un calendrier sportif très chargé avec un nombre d'événements toujours croissant et une charge d'entrainement en augmentation, pouvant avoir des répercussions pathologiques sur le système immunitaire (127).

Les professionnels de santé s'occupant de tels athlètes alertent sur les effets néfastes d'une charge d'entrainement excessive (impliquant un travail à une intensité trop élevée et/ou contenant un volume de travail trop important) et d'un calendrier de compétition surchargé (127). Les sportifs seraient alors incapables de s'adapter de manière optimale à la charge globale. Cette incapacité pourrait entrainer une baisse des performances, un risque accru de blessures, le développement d'une maladie aigüe et/ou du syndrome de surentraînement (STO) (127).

Le syndrome de surentraînement est une condition physique invalidante empêchant les athlètes d'être à 100% de leur capacité pour performer (126). De nombreux systèmes physiologiques sont affectés par le processus de surentraînement et le développement du STO, mais le système immunitaire est plus particulièrement sensible (126,128). Or il a été démontré, qu'une défaillance du système immunitaire peut avoir un impact considérable sur de nombreux aspects de la santé d'un athlète (126).

Les principaux symptômes du STO sont : diminution de la force musculaire, augmentation de douleurs musculaires, fatigue chronique, tolérance réduite à la surcharge d'entraînement, cycle du sommeil perturbé, augmentation du taux de

cortisol, fonction immunologique altérée, diminution de la compétitivité et altération de la concentration (126).

Les recherches de Smith et de ses collègues indiquent qu'au cours d'un exercice intense, les muscles subissent des traumatismes tissulaires (129). Il en résulte une production abondante de cytokines pro-inflammatoires qui conduisent au développement d'une réaction de fatigue chronique chez un athlète (126). Les cytokines pro-inflammatoires les plus fréquemment retrouvées sont : l'interleukine-1 bêta (IL-1β), l'interleukine-6 (IL-6) et le facteur de nécrose tumorale alpha (TNF-α) (126). Cette production amplifiée de cytokines entraîne, surtout lorsqu'elle se répète, une inflammation systémique (augmentation de la réponse immunitaire humorale et cellulaire) et une réponse anti-inflammatoire secondaire (130), ce qui majorerait le risque face à certaines maladies comme les infections des voies aériennes supérieures (126,131), ce qui peut expliquer la sensibilité aux infections des VAS (130).

- **« J shaped curve »**

La relation entre l'exercice et la susceptibilité aux infections a été modélisée avec la « J shaped curve ». Cette courbe suggère qu'une activité modérée peut améliorer la fonction immunitaire par rapport aux personnes sédentaires, alors qu'au contraire, une activité intense peut altérer la fonction immunitaire (126–128). Le risque de développer une infection des VAS diminue lorsqu'une personne sédentaire se met à pratiquer une activité physique à un niveau léger ou modéré pour sa santé et sa forme physique. Cependant, la prévalence augmente considérablement à mesure que l'individu augmente sa pratique à un niveau d'intensité et/ou de volume supérieur, comme c'est le cas chez les sportifs de haut niveau (126).

Par exemple, il a été reporté qu'une activité régulière de 2 heures d'exercice modéré par jour est associé à une diminution de 29% du risque d'avoir une infection des VAS. Tandis qu'il y aurait une augmentation de 100 à 500% du risque de contracter une infection les semaines suivant une compétition de type ultra-endurance (128).

Toutefois, une étude portant sur une large cohorte de coureurs de marathon n'a pas réussi à mettre en évidence cette différence significative (128).

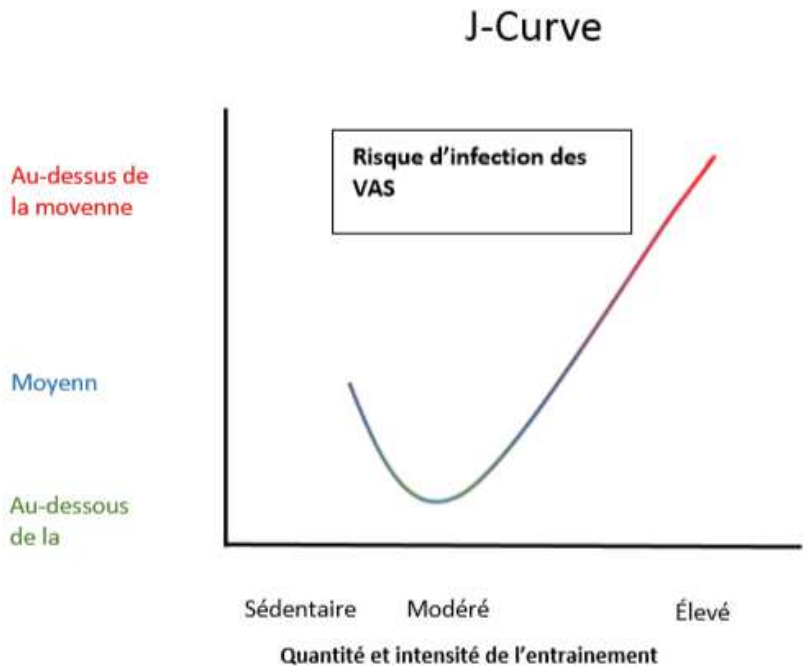


Figure 20: Concept de la réponse "J-curve"

Source : Article Clinical management of immuno-suppression in athletes associated with exercise training : Sports medicine considerations, Hackney, 2013

Le rapport de consensus du comité international olympique (127) a récemment suggéré que la relation de la courbe en J ne s'applique pas forcément aux athlètes internationaux de très haut niveau (127). En effet, les données récentes d'un certain nombre d'études montrent que les charges d'entrainement élevées des athlètes de niveau international et médaillés sont associées à un risque de maladie plus faible que les athlètes de niveau national (127). On a alors une courbe en S. Les causes précises de cette observation ne sont pas claires, mais une explication peut être qu'elle est le résultat d'une «auto-sélection» et que pour devenir un athlète d'élite internationale de haut niveau, des qualités physiologiques hors normes sont nécessaires, y compris un système immunitaire capable de résister aux infections même en cas de stress physiologique et psychologique sévère (127).

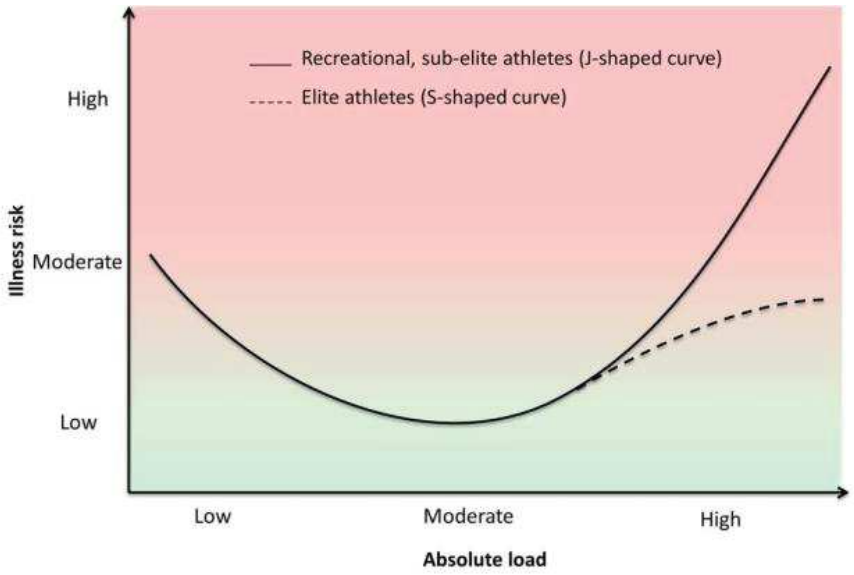


Figure 21 : Relation entre niveau de performance et risque d'infection ; J-shaped curve VS S-shaped curve

Source : Article How much is too much ? (Part 2) International Olympic Committee censensus statement on load in sport and risk of illness, Schwellnus et al., 2017

◆ La théorie de l'open window

La théorie de « l'open window » implique qu'un effort très intense entraîne un affaiblissement du système immunitaire pouvant durer de 3 à 72 heures (126). Au cours de cette fragilité immunitaire, la susceptibilité aux agents infectieux est accrue et le risque pour le sportif de développer une infection, notamment une infection des VAS (rhinite, rhinopharyngite, angine, bronchite), est augmenté (126,131).

La durée de la fenêtre dépend de l'intensité et de la durée de l'exercice (128). Elle est également augmenté lorsque que l'exercice est pratiqué sans apport alimentaire (128). La supplémentation alimentaire et la consommation d'hydrates de carbone lors de l'exercice, permettraient de minimiser l'incidence des infections (130,131).

Si le temps de repos est insuffisant, il peut y avoir une accumulation des effets au cours des jours consécutifs d'entrainements intensifs : la « fenêtre reste ouverte » pendant une plus longue durée (126). Des périodes d'entraînements intensifs d'une

durée d'une semaine ou plus peuvent donc entraîner une dysfonction immunitaire plus durable (128).

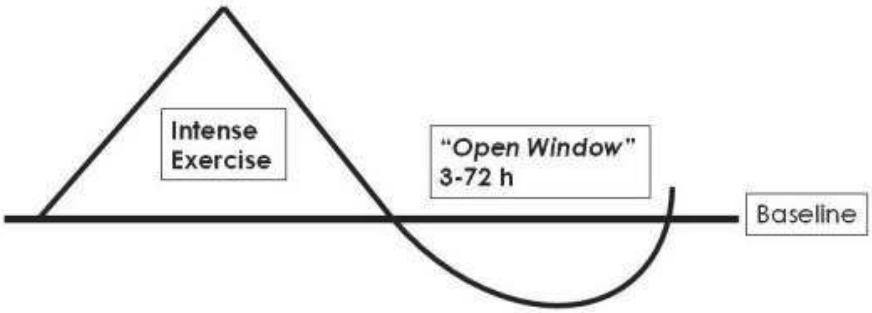


Figure 22 : La théorie de "l'open window", associée aux réponses immunitaires aux exercices intenses

Source : Article Clinical management of immuno-suppression in athletes associated with exercise training : Sports medicine considerations, Hackney, 2013

Ainsi, la phase d'entrainement intensive ou d'affûtage précédant une compétition fait partie des périodes au cours desquelles le risque d'infections est augmenté, car, à l'effet négatif de l'exercice physique, s'ajoutent d'autres facteurs, comme le stress ou le manque de sommeil, tout aussi préjudiciables pour le système de défense (132). De plus, pour peu que les compétitions aient lieu à l'étranger, l'exposition à un environnement de micro-organismes non familiers majore les risques (127,132).

Les jours, voire les semaines, suivant une compétition représentent aussi une période à risques, en particulier dans les sports d'endurance (132). En effet, au cours des deux semaines qui suivent une épreuve d'ultra-endurance, les coureurs sont deux fois plus susceptibles de développer une pathologie comparativement aux sujets n'ayant pas participé à ce type d'épreuve (132). La période de récupération est donc très importante pour minimiser cette phase de fragilité immunitaire. Or les athlètes de haut niveau s'entraînent plus d'une fois par jour et sont donc particulièrement exposés à cette période de fragilité (130).

Cette sensibilité après l'exercice est liée à la survenue d'une inhibition des cellules NK (*natural killer*) faisant partie de la réponse immunitaire innée (126). Cette diminution des cellules NK, de façon importante et durant plus de 24 heures (130), est

particulièrement associée et retrouvée à la suite d'activités d'endurance (aérobies) intenses de longue durée, comme par exemple les séances d'entrainement pour le marathon, qui ont plus d'impacts sur le développement du syndrome de surentraînement (126). Cette tendance se retrouve également pour d'autres acteurs de l'immunité.

Un exercice d'endurance intense influence les paramètres immunitaires pendant la phase d'activité et pendant la récupération :

♦Pendant l'exercice (130,131,133), on observe une leucocytose profonde :

- Augmentation du nombre de cellules NK et augmentation intensité-dépendante de la fonction NK
- Augmentation du nombre des polynucléaires neutrophiles
- Augmentation du nombre de lymphocytes B et T
- Augmentation de diverses substances qui influent sur les leucocytes (cytokines, TNFα, macrophage, IL-1β,…)
- Augmentation d'hormones connus pour avoir des effets immuno-modulateurs (adrénaline, cortisol, hormone de croissance,…)

♦ Les épisodes aigus d'exercice entraînent une dépression temporaire de divers aspects de la fonction immunitaire, qui dure de 3 à 24 heures après l'exercice (128) : diminution du nombre des acteurs du système immunitaire, ou de la capacité fonctionnelle de ces différents acteurs (128,130).

Plus l'exercice est long et intense, plus la dépression immunitaire sera prolongée (128). Elle est plus prononcée lorsque l'exercice est continu, prolongé (1,5 h), d'intensité modérée à élevée et effectué sans apport alimentaire, d'où une nouvelle fois l'importance de la consommation de glucides au cours des efforts longs (128).

En période post-exercice, on observe une altération marquée des proportions de plusieurs cellules immunitaires circulantes (128,130,131,133) :

- Augmentation significative de la fonction phagocytaire

- Diminution significative des cellules NK (le nombre chute à moins de la moitié des niveaux normaux pendant plusieurs heures)
- Diminution du nombre des lymphocytes (lymphopénie)
- Inhibition de la production des immunoglobulines par les lymphocytes B
- Diminution du nombre de monocytes en dessous des taux normaux
- Les neutrophiles circulants continuent à augmenter avec un pic plusieurs heures après la fin de l'exercice
- Concentrations abaissées d'IgA salivaires relevées dans plusieurs études

Ces phénomènes de leucocytose puis de lymphopénie post-exercice constituent la réponse bi-phasique à l'exercice intense (133).

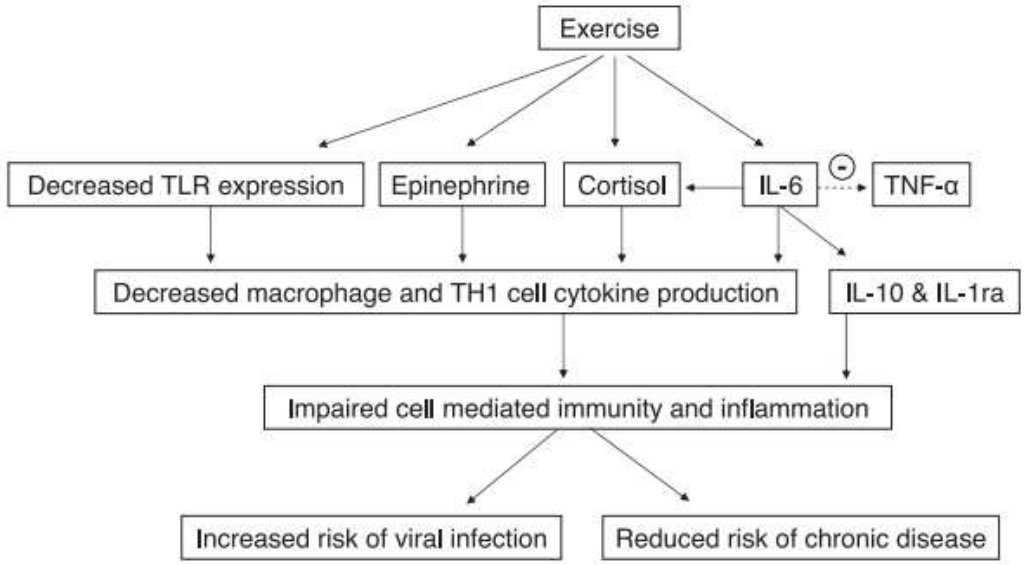


Figure 23 : Mécanismes possibles par lesquels l'exercice augmente la susceptibilité aux infections mineures mais réduit l'inflammation et le risque de développer une maladie chronique.

Source : Article Immune function in sport and exercise, Gleeson, 2007

La théorie de l'open window a suscité de nombreuses études afin de vérifier l'existence d'une réelle immunosuppression chez les athlètes soumis à de fortes charges d'entraînement. Les résultats ont mis en avant une légère altération de paramètres immunitaires chez l'athlète sous entraînement intense ou surentraînement (Hack et coll., 1994 ; Gleeson et coll., 1999) (133). Cependant, ces athlètes ne sont pas

considérés comme immuno-déprimés. C'est-à-dire qu'ils ne développent pas des maladies associées à une déficience immunitaire (133).

- **Système immunitaire et caries dentaires**

Comme nous l'avons étudié précédemment, la maladie carieuse a une étiologie multifactorielle ce qui complique toute corrélation entre le statut immunitaire et le développement de caries (134). Il est bien reconnu qu'en plus de la composition de la microflore, de l'alimentation et de l'émail, l'activité carieuse dépend de la défense immunitaire (134). Les résultats de l'étude de Cole *et al.* suggèrent que les dysfonctionnements immunitaires, y compris les déficit en immunoglobulines, ont tendance à être prédisposé à la susceptibilité aux caries (134).

- **L'influence sur les performances**

Certaines données soutiennent que le développement d'une immunosuppression induite par l'entraînement physique est associé à une baisse de la performance physique (126). Ainsi, la capacité de performances physiques des athlètes peut être altérée (126).

Les athlètes d'élite se soumettent à un niveau élevé de stress à l'entraînement afin d'améliorer leurs performances physiques. Ce stress d'entraînement, ainsi que les autres stress de la vie qu'ils rencontrent, les exposent à un grand risque de développer le syndrome de surentraînement (126).

Les changements des différents paramètres immunitaires durant la récupération précoce semblent affaiblir la réponse immunitaire expliquant donc le phénomène de « fenêtre ouverte » (126–128,132). Bien que les athlètes d'élite ne soient pas cliniquement immunodéficients, il est possible que les effets combinés de ces petits changements dans plusieurs paramètres immunitaires puissent compromettre la résistance aux maladies mineures (128).

Ceci est une préoccupation pour les athlètes car il est reconnu que même des infections mineures peuvent entrainer une baisse des performances physiques et la

capacité de maintenir une préparation optimale avec des entrainements intensifs (127,128). Par conséquent, le maintien d'une fonction immunitaire et d’une santé appropriée chez les athlètes est primordial (126). Un mode de vie prudent, basé sur un équilibre du rythme veille/sommeil, nutritionnel et de l’entraînement doit être adopté (130).

On peut donc conclure que l’augmentation de la charge d’entraînement, les périodes intenses de compétitions, le stress psychosocial et les voyages à l’étranger lors d’épreuves internationales peuvent constituer autant de facteurs de risque de dépression immunitaire et de maladie chez le sportif de haut niveau.

Chapitre III : Analyse de l'étude

3.1 Introduction

Nous avons réalisé une étude basée sur un questionnaire portant sur les liens entre santé bucco-dentaire et pratique sportive.

L'objectif principal de cette étude a été de recueillir et d'étudier les habitudes et modes de vie des sportifs afin de déceler et d'évaluer d'éventuelles pratiques à risque concernant leur santé bucco-dentaire, et plus particulièrement sur le risque carieux individuel.

3.2 Matériels et méthodes

3.2.1 Elaboration du questionnaire

i. Forme du questionnaire

Le questionnaire a été élaboré en version papier et numérique, via la plateforme GoogleForm. Il contient 11 questions principales avec des sous-questions Ce questionnaire comprend plusieurs types de questions (Cf questionnaire ci-dessous) menant à :

- Des réponses binaires
- Des réponses rédactionnelles ouvertes courtes et plus longues afin que chacun puisse s'exprimer
- Des réponses à choix multiples avec une ou plusieurs réponses à cocher

ii. Contenu

La première partie du questionnaire s'intéresse au profil du sportif : sexe, âge, sport pratiqué et niveau de pratique.

La deuxième partie s'intéresse aux paramètres bucco-dentaires : suivi par un chirurgien-dentiste, antécédents bucco-dentaires, impacts des pathologies dentaires.

La troisième partie porte sur les éventuels impacts de la pratique sportive sur la santé bucco-dentaire ainsi que sur les différents paramètres du mode de vie adapté à la pratique sportive : consommation de boissons et alimentation du sport, xérostomie du sportif, hygiène bucco-dentaire du sportif.

QUESTIONNAIRE : Thèse d'odontologie du sport

Chères sportives, chers sportifs,

Je vous adresse ce questionnaire élaboré dans le cadre de ma thèse d'exercice en chirurgie dentaire. Je réalise une étude portant sur les relations entre santé bucco-dentaire et pratique sportive en collaboration avec le Professeur François CLAUSS, directeur de thèse.
Nous vous proposons de participer à cette étude basée sur un questionnaire anonymisé qui ne vous prendra que quelques minutes.
La participation est volontaire, vous êtes libre d'accepter de participer à cette étude, sans aucune conséquence sur votre prise en charge en cas de refus.
L'objectif principal de l'étude est de mettre en évidence certaines spécificités du suivi et des pathologies bucco-dentaires chez le sportif de haut niveau.
Nous vous remercions par avance pour votre temps et votre participation.

J'accepte de participer à cette étude : ☐ Oui ☐ Non

1. Age : .....
   Sexe : ☐ F ☐ M

2. Type de sport pratiqué : .....
   Niveau de pratique :
   ☐ Amateur
   ☐ En compétition : Niveau de compétition : ☐ Régional ☐ National ☐ International
   Nombre d'heures par semaine de pratique : .....
   Faites-vous partie de la liste des sportifs de haut niveau : ☐ Oui ☐ Non

3. Avez-vous un chirurgien-dentiste traitant : ☐ Oui ☐ Non
   Si oui, fréquence de consultation : .....

4. Antécédents bucco-dentaires : dans l'année écoulée, avez- vous eu :
   ☐ 0 soin
   ☐ 1 soin
   ☐ De multiples soins

Type(s) de soin(s) effectué(s) : .....

5. Considérez-vous que des pathologies dentaires ont eu un impact négatif sur :
   - Votre qualité de vie générale : ☐ Oui ☐ Non
   - Vos performances sportives : ☐ Oui ☐ Non

   Si oui, quels étaient vos problèmes bucco-dentaire ou autres: _____

6. Pensez-vous que votre pratique sportive puisse avoir un impact sur votre santé bucco-dentaire :
   ☐ Oui ☐ Non

   Si oui, par quel mécanisme :
   - Consommation de boissons du sport : ☐ Oui ☐ Non
   - Consommation de gels-barres-fruits en compétition : ☐ Oui ☐ Non
   - Sécheresse buccale : ☐ Oui ☐ Non
   - Niveau de stress : ☐ Oui ☐ Non
   - Autres : _____

7. Consommez-vous des boissons du sport pendant les :
   ☐ Entraînements : ☐ Occasionnellement ☐ Systématiquement
   ☐ Compétitions ☐ Entraînements + compétitions ☐Jamais

8. Ressentez-vous une sécheresse buccale pendant votre pratique sportive ?
☐ Oui ☐ Non
Avez- vous d'autres symptômes, en rapport avec votre pratique sportive :
☐ Oui ☐ Non
Si oui, lesquels : _____

9. Mesures d'hygiène bucco-dentaire :
   - Fréquence de brossage : _____
   - Utilisation d'un dentifrice fluoré : ☐ Oui ☐ Non

Mesures d'hygiène bucco-dentaire spécifiques à la pratique sportive :
   - Brossage après la consommation de boisson du sport : ☐ Oui ☐ Non
   - Consommation de boisson de récupération musculaire, gels, barres : ☐ Oui ☐ Non
   - Bilan dentaire pré ou post-compétition ☐ Oui ☐ Non

10. Concernant votre alimentation :
   - Nombre de repas/collations par jour :
     En période d'entraînements : _____/jour
     En période de compétitions : _____/jour
   - Prise alimentaire durant l'effort : ☐ Oui ☐ Non
     De quelle nature (fruits, barres, gels....) : _____

11. Réflexions libres sur la relation santé bucco-dentaire et pratique sportive de haut niveau :

_____

_____

3.2.2 Population étudiée

Nous avons choisi d'étudier le lien entre la santé bucco-dentaire et la pratique sportive auprès d'athlètes de différents niveaux : amateurs, confirmés ou professionnels.

Le service de d'exploration fonctionnelle du NHC, le centre de ressources, d'expertise et de la performance sportive (CREPS) d'Alsace, de nombreux entraineurs (coachs mental, préparateurs physiques, directeur technique régional) ainsi que des professionnels de santé (chirurgiens-dentistes, kinésithérapeutes, médecin du sport) nous ont aidé à diffuser largement le questionnaire.

Tous les sportifs ayant répondu au questionnaire résident en France. 275 athlètes répondant aux exigences de l'étude ont été inclus et constituent l'échantillon faisant l'objet de notre analyse.

3.2.3 Critères d'inclusion

Participation volontaire à l'étude.

Niveau de pratique confirmé ou professionnel (niveau national ou international).

3.2.4 Critères d'exclusion

Refus de participer à l'étude.

3.2.5 Recueil et traitement des données

La distribution des questionnaires a débuté en format papier puis également en version numérique avec la mise en place du questionnaire en ligne sur la plateforme GoogleForm. La distribution des questionnaires s'est déroulée durant 18mois. La collecte des documents papiers s'est faite de façon extemporanée, tandis que le questionnaire est resté en ligne et le demeure encore à ce jour.

Le traitement des données a été réalisé avec le logiciel GoogleForm, qui comptabilise, classe et fournit les réponses statistiques sous Excel.

3.3 Résultats

Au total, nous avons recueilli 275 réponses le 8/05/2020 : 98 en version numérique et 177 en format papier.

Sur les 275 athlètes ayant pris part à l'étude, 88,73% pratiquent leur sport en compétition. 31 sportifs amateurs ont également été inclus, représentant 11,27% des athlètes de l'étude.

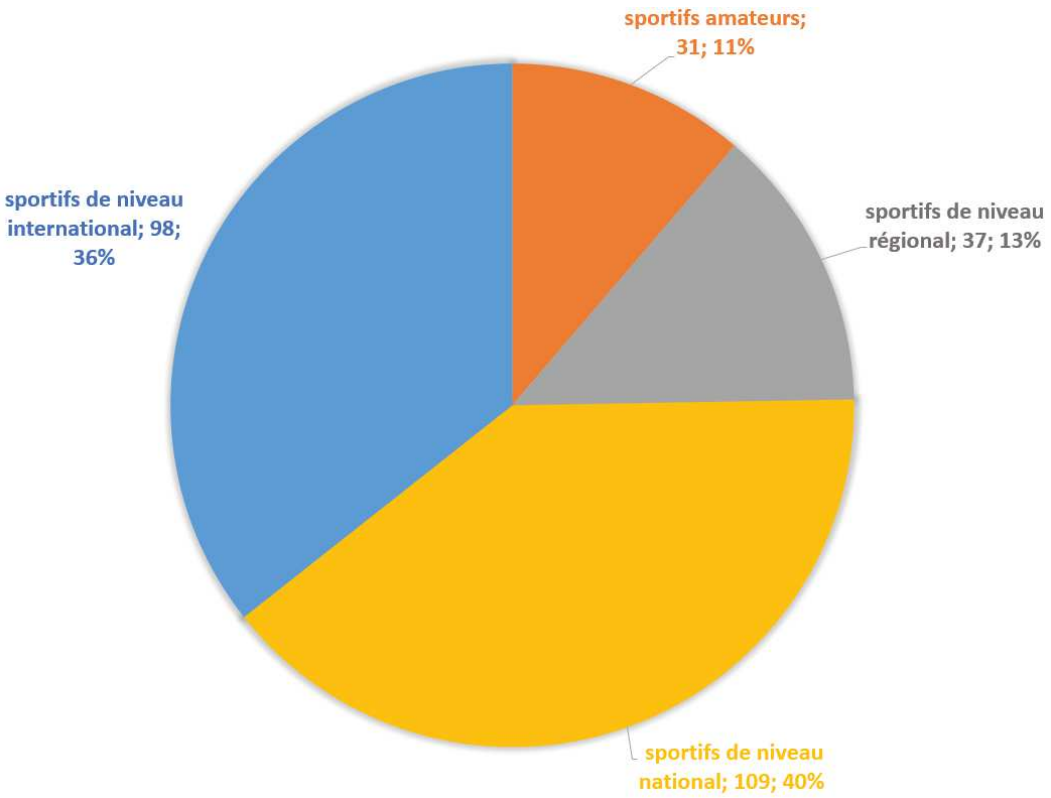


Figure 24 : Diagramme représentant la répartition des sujets inclus dans l'étude selon leur niveau de pratique

Afin de correspondre au mieux à la définition de « sportifs de haut niveau », nous étudierons et dévoileront exclusivement les résultats des athlètes pratiquant leur sport en compétition, à un niveau national et international. L'échantillon retenu comporte donc les sportifs nationaux et internationaux, au nombre de 207 sujets.

3.3.1 Sexe et âge

Les sportifs de « haut niveau » ayant répondu au questionnaire se situent dans la tranche d'âge entre 12 et 48 ans.

◆ Niveau national : on observe un pic de participation pour les athlètes de 15 ans, avec une forte concentration de jeunes âgés de 14 à 18 ans. L'âge moyen est de 20,0 ans.

◆ Niveau international : on observe un pic de participation pour les athlètes de 17 ans, avec une forte concentration de jeunes âgés de 16 à 19 ans. L'âge moyen est de 20,6 ans.

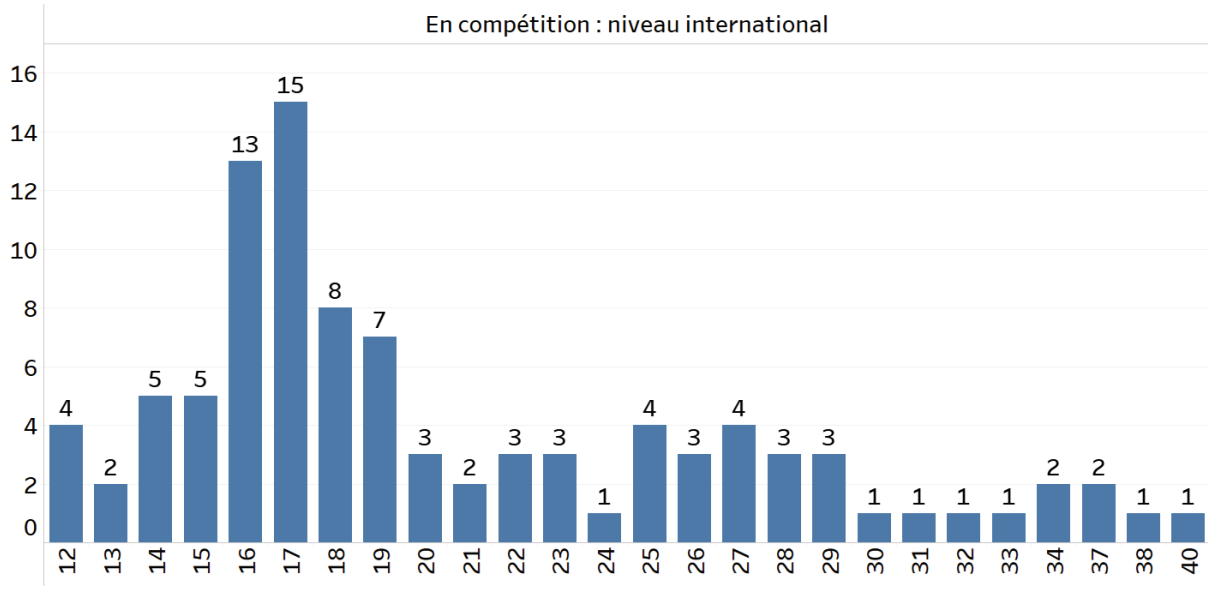


Figure 25 : Histogramme représentant la répartition de l'âge des athlètes internationaux inclus dans l'étude

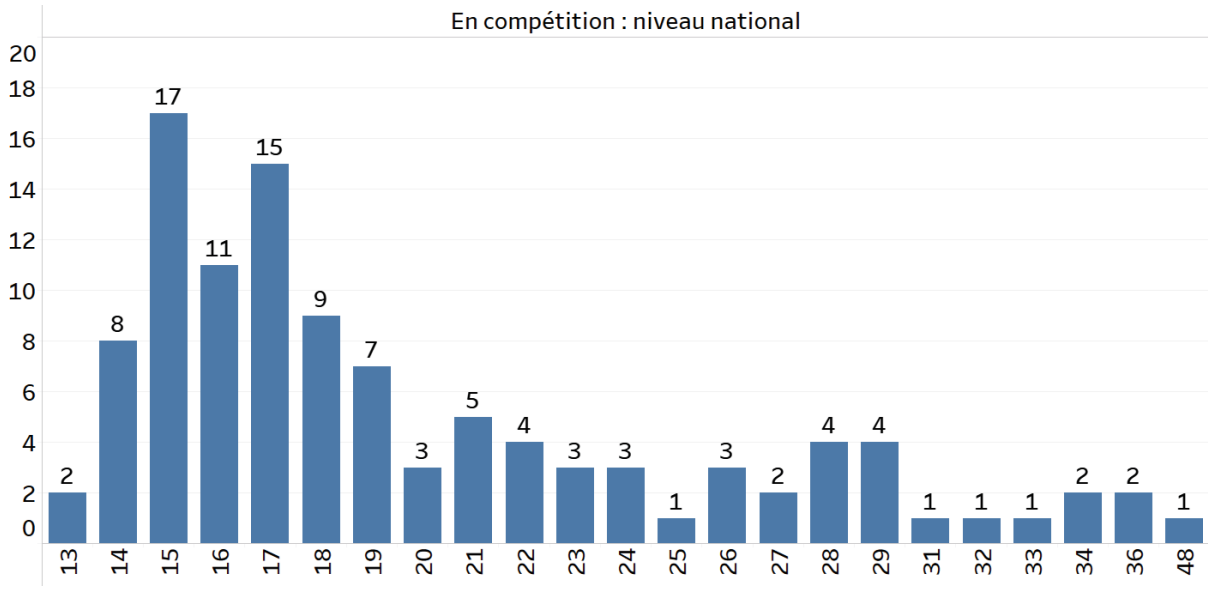


Figure 26 : Histogramme représentant la répartition de l'âge des athlètes nationaux inclus dans l'étude

Les plus nombreux à répondre furent les hommes avec un taux de participation de 57,8% pour les athlètes nationaux et 59,2% pour les athlètes internationaux.

Le taux de participation des femmes est plus faible et s'élève à 42,2% pour les athlètes nationaux et 40,8% pour les athlètes internationaux.

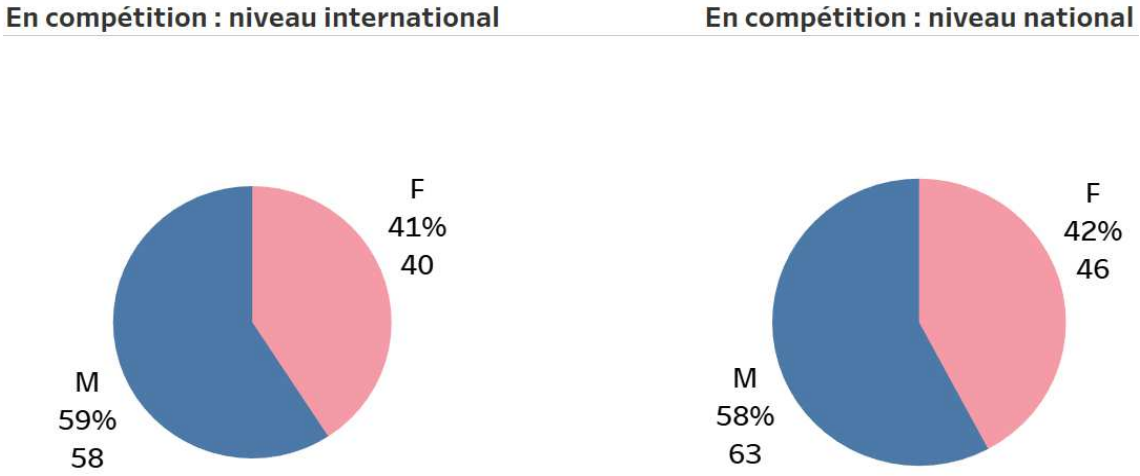


Figure 27 : Diagramme représentant la répartition par sexe des sujets inclus dans l'étude

3.3.2 Niveau de pratique, Sport pratiqué, Nombre d'heures pratiquées

◆ Niveau de pratique :

Comme rapporté précédemment la répartition selon les niveaux de pratique dans l'échantillon retenu est la suivante :

- 109 sportifs de niveau national
- 98 sportifs de niveau international

◆ Sport pratiqué :

Une diversité des sports pratiqué par les sujets inclus a été observée :

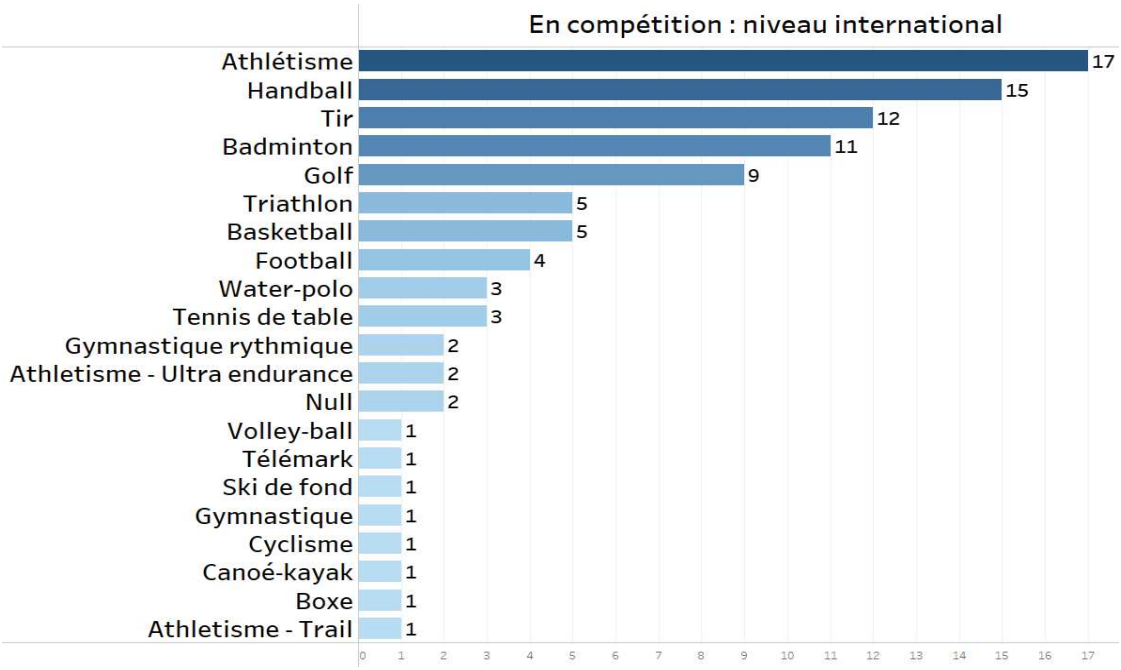


Figure 28 : Histogramme représentant la répartition des sports pratiqués par les athlètes internationaux inclus dans l'étude

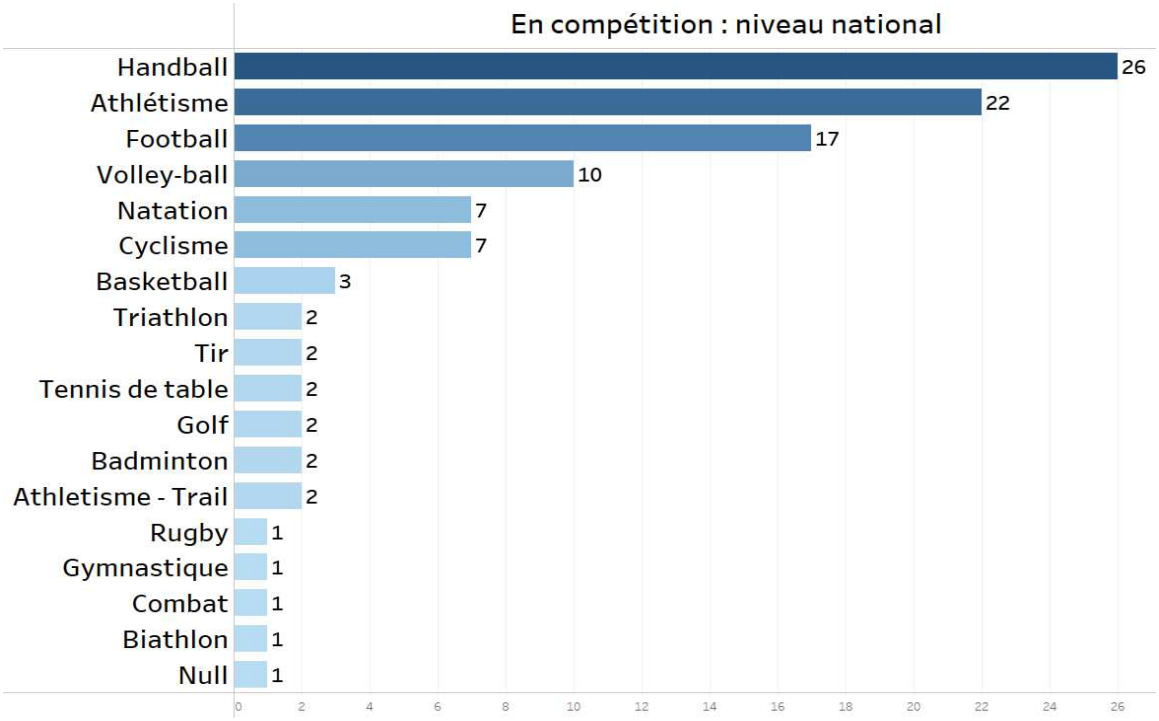


Figure 29 : Histogramme représentant la répartition des sports pratiqués par les athlètes nationaux inclus dans l'étude

◆ Nombre d'heures pratiquées :

◆ Niveau international : de 5 heures à 40 heures d'entrainement par semaine avec en moyenne 19,5 heures.

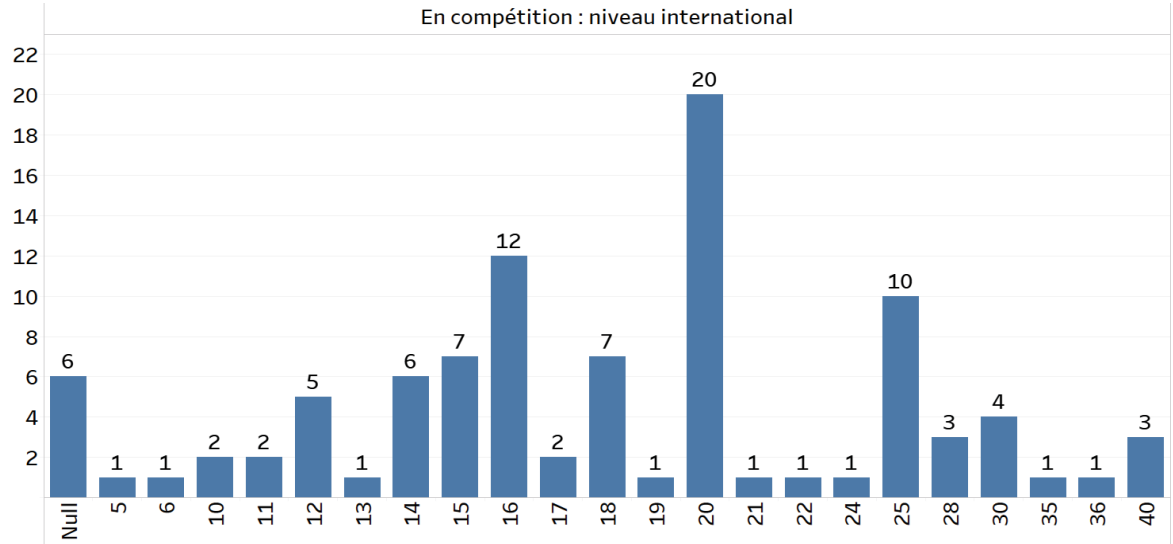


Figure 30 : Histogramme représentant le nombre d'heures de pratique par semaine pour les athlètes internationaux inclus dans l'étude

◆ Niveau national : de 5 heures à 30 heures d'entrainement avec en moyenne 14 heures par semaine.

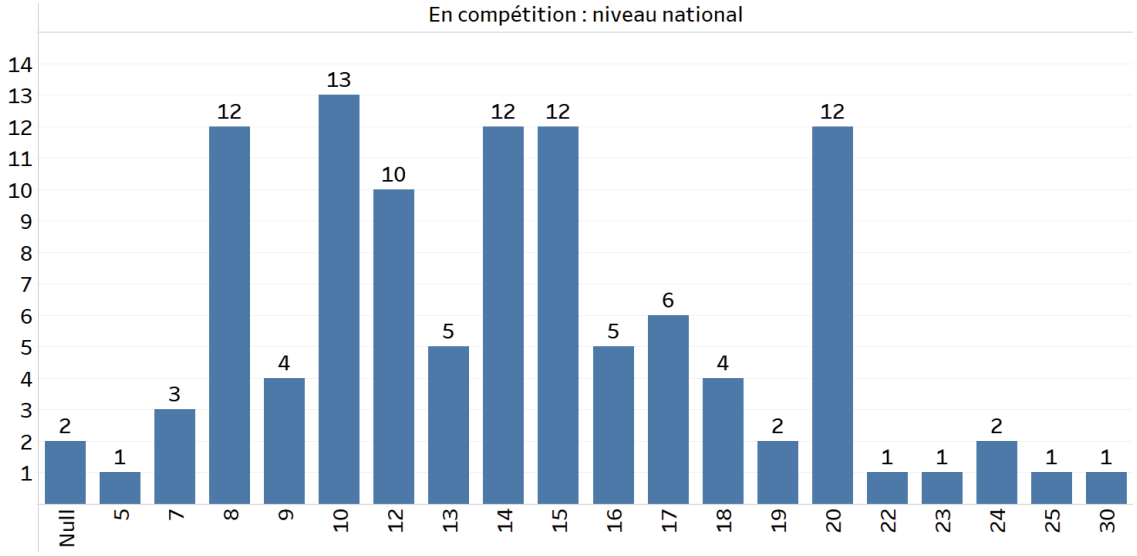


Figure 31 : Histogramme représentant le nombre d'heures de pratique par semaine pour les athlètes nationaux inclus dans l'étude

◆ Liste ministérielle des sportifs de haut niveau :

Parmi les 207 athlètes, 155 font partie de la liste ministérielle de haut niveau, soit 74,9% d'entre eux. On dénombre 69 sportifs nationaux et 86 sportifs internationaux.

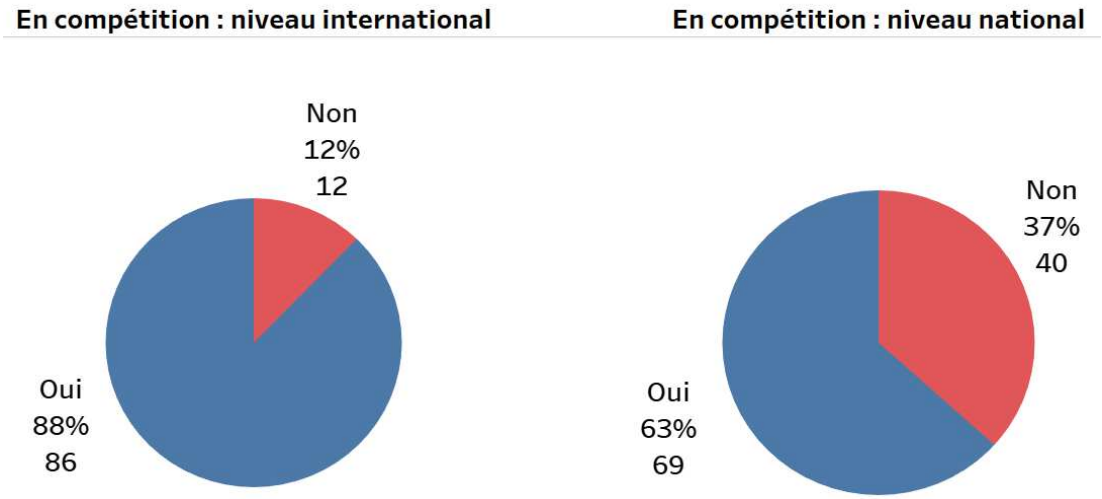


Figure 32 : Diagramme représentant la part d'athlètes inclus dans l'étude et inscrits sur la liste ministérielle des sportifs de haut niveau

3.3.3 Suivi bucco-dentaire et antécédents bucco-dentaires

Concernant le suivi bucco-dentaire, 64,3% des 207 athlètes ont rapporté être suivi par un chirurgien-dentiste. Au contraire, plus d'un tiers des athlètes n'ont pas de chirurgien-dentiste traitant.

66% des athlètes internationaux sont suivis par un chirurgien-dentiste contre 62% des sportifs de niveau national.

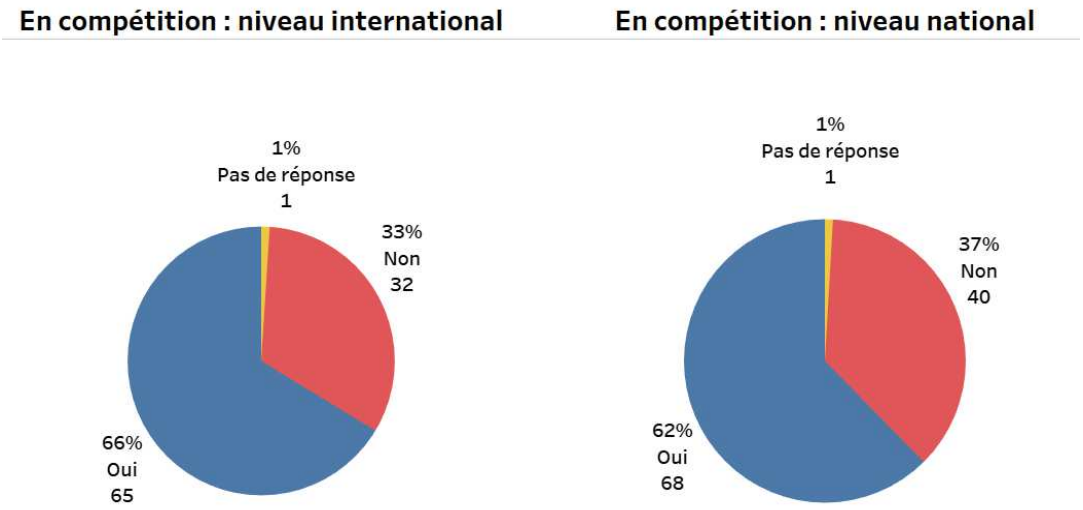


Figure 33 : Diagramme représentant la répartition des sujets de l'étude étant suivis par un chirurgien-dentiste traitant

129 athlètes des 207 sujet inclus ont renseigné sur leur fréquence de consultation chez un chirurgien-dentiste. Un peu moins de la moitié, 46,5%, consulte une fois par an. Presqu'un tiers, 30,2%, consultent deux fois par an leur chirurgien-dentiste. Un quart, 15,5%, consultent pour leur part, 3 fois par an ou plus.

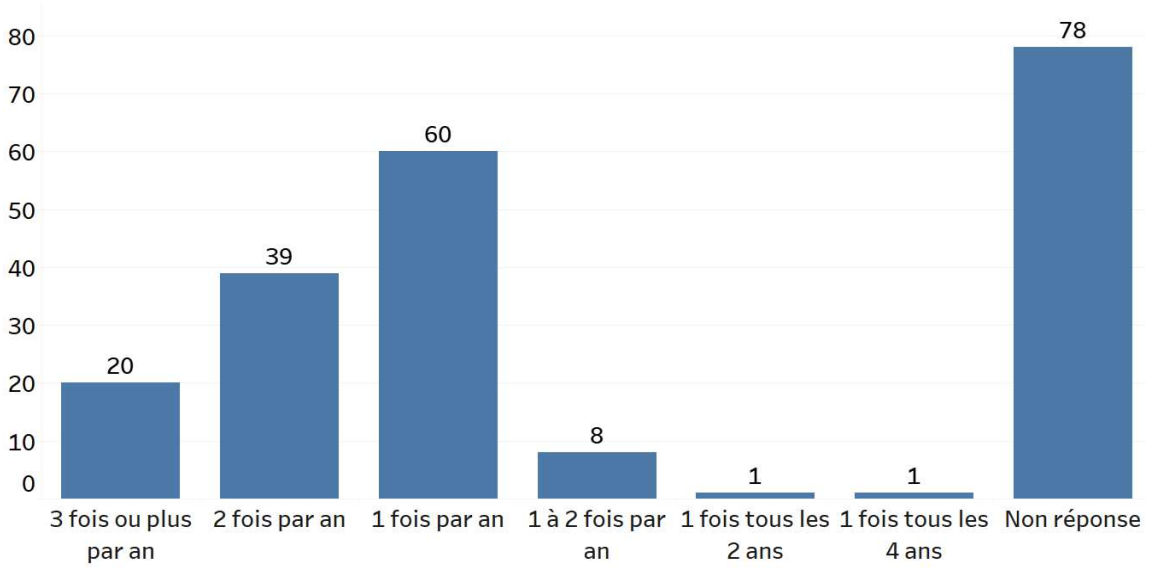


Figure 34 : Histogramme représentant la fréquence de consultation dentaire pour les athlètes suivis par un chirurgien-dentiste traitant et inclus dans l'étude

Concernant les antécédents bucco-dentaires, 108 athlètes, soit 52,2%, ont rapporté ne pas avoir eu recours à des soins dentaire dans l'année écoulée. Contre 65 sportifs, 31,4%, rapportant avoir eu 1 soin dentaire et 16,4% de multiples soins dentaires dans l'année écoulée.

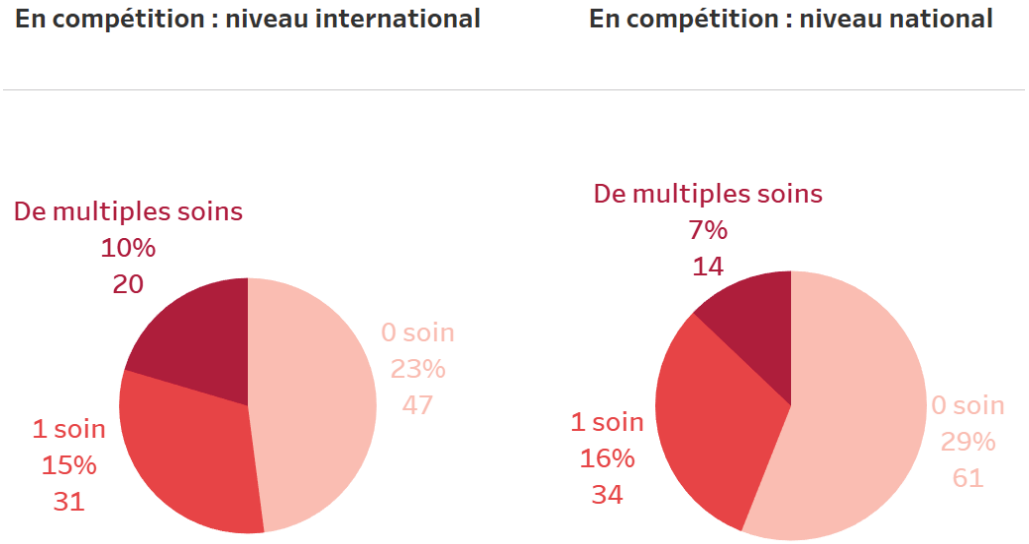


Figure 35 : Diagramme représentant le recours aux soins bucco-dentaires dans l'année écoulée par les athlètes inclus dans l'étude

Différents types de soins effectués dans l'année écoulée ont été rapporté par les athlètes :

- Niveau international : 35 soins bucco-dentaires rapportés

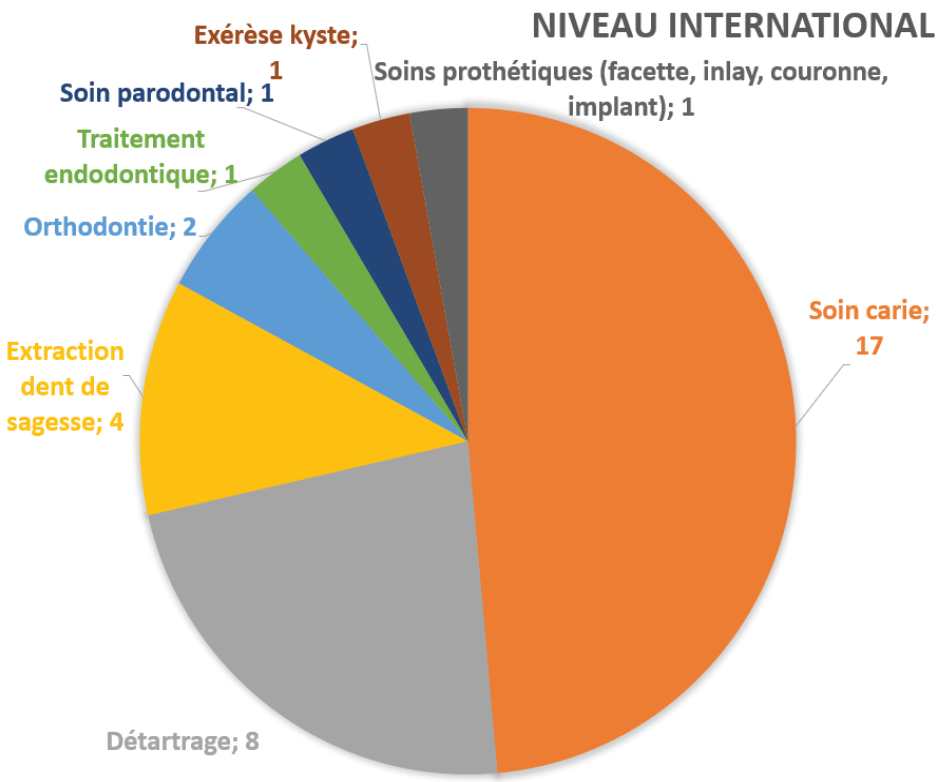


Figure 36 : Diagramme représentant les types de soins bucco-dentaires effectués rapportés par les athlètes internationaux inclus dans l'étude et ayant eu recours à des soins bucco-dentaires dans l'année écoulée

- Niveau national : 30 soins bucco-dentaires rapportés :

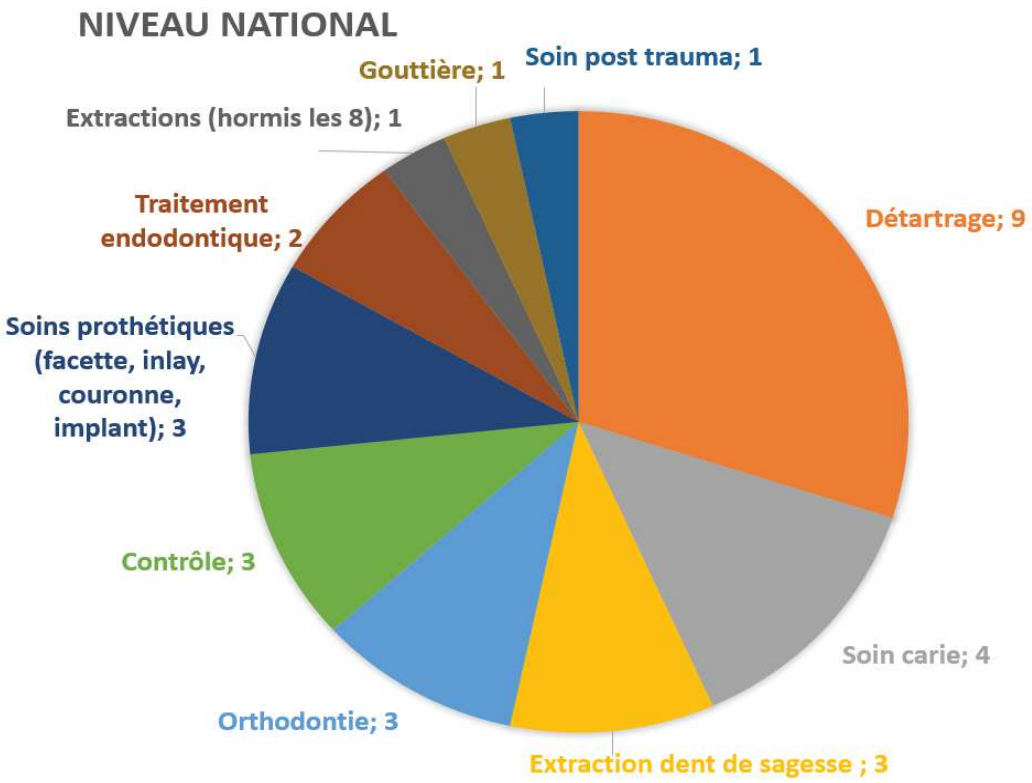


Figure 37 : Diagramme représentant les types de soins bucco-dentaires effectués rapportés par les athlètes nationaux inclus dans l'étude et ayant eu recours à des soins bucco-dentaires dans l'année écoulée

3.3.4 Impact de pathologies bucco-dentaires

A la question « Considérez-vous que des pathologies dentaires ont eu un impact négatif sur votre qualité de vie générale », 30,4% des 207 athlètes ont répondu positivement contre 69,6% négativement.

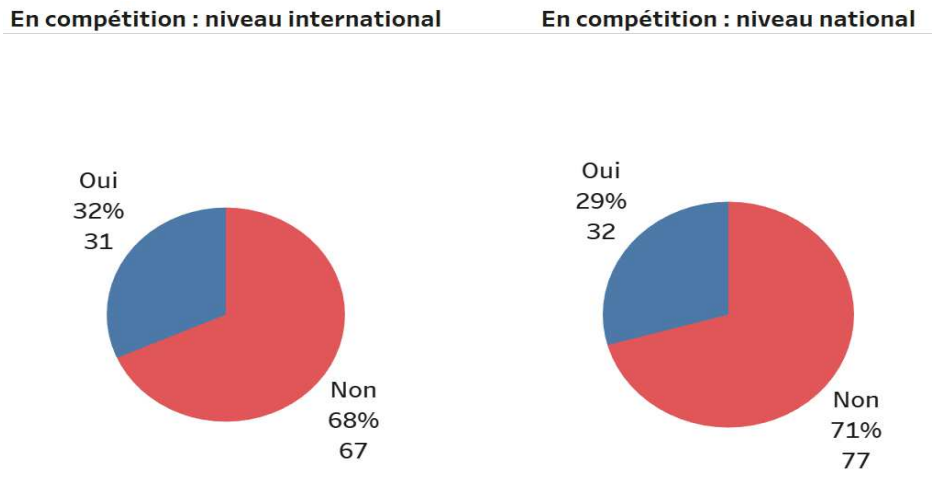


Figure 38 : Diagramme représentant la part d'athlètes considérant que des pathologies dentaires ont eu un impact négatif sur leur qualité de vie générale

D'autre part, 25,1% des 207 athlètes (52) considèrent que ces mêmes pathologies ont eu un impact négatif sur leurs performances sportives contre 74,9% (155 athlètes) qui ne partagent pas ce même avis.

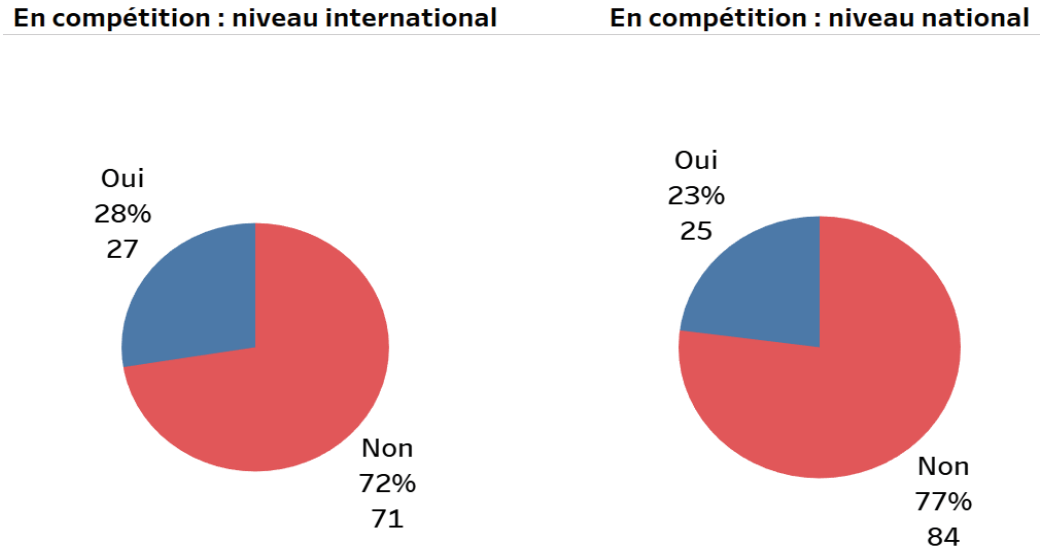


Figure 39 : Diagramme représentant la part d'athlètes considérant que des pathologies dentaires ont eu un impact négatif sur leurs performances sportives

46 sportifs ont précisé le type de problèmes bucco-dentaires ou autres rencontrés et ayant eu un impact :

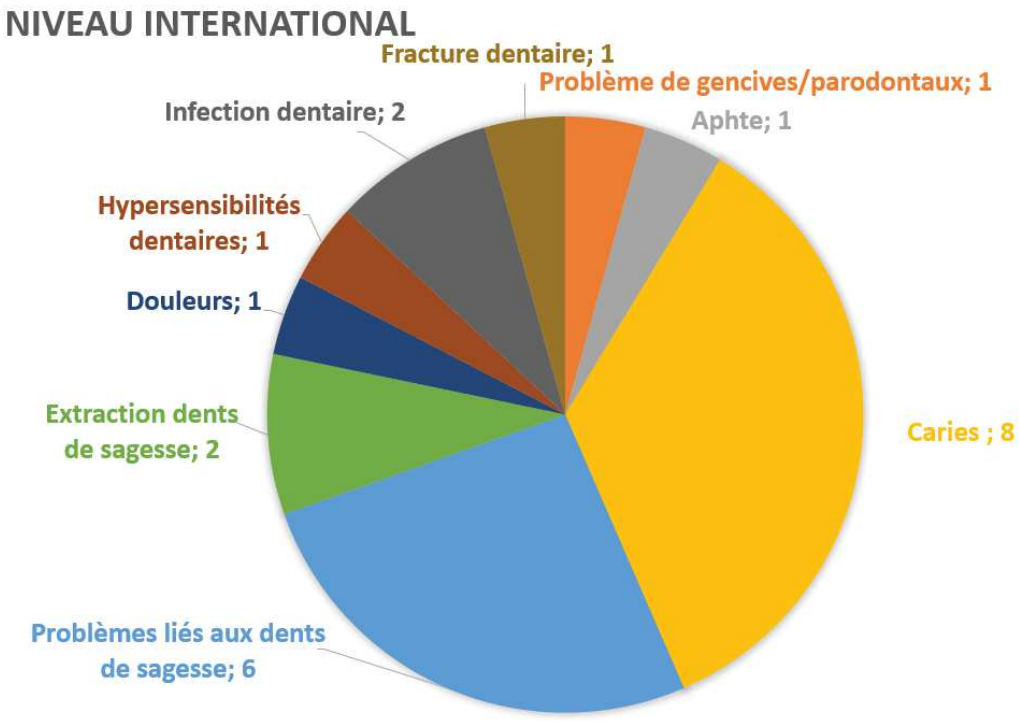


Figure 40 : Diagramme représentant les pathologies bucco-dentaires décrites par les athlètes internationaux ayant rapporté qu'elles ont eu un impact sur leur qualité de vie générale et/ou leurs performances sportives

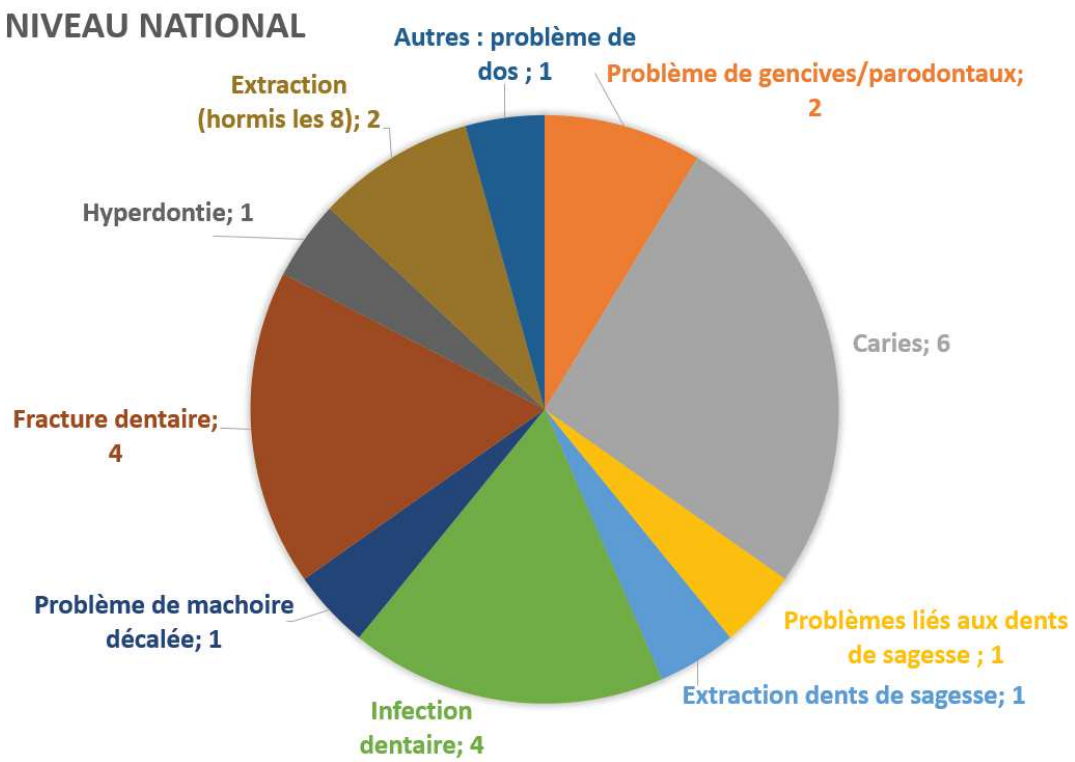


Figure 41 : Diagramme représentant les pathologies bucco-dentaires décrites par les athlètes nationaux ayant rapporté qu'elles ont eu un impact sur leur qualité de vie générale et/ou leurs performances sportives

3.3.5 Impact de la pratique sportive sur la santé bucco-dentaire

A la question « Pensez-vous que votre pratique sportive puisse avoir un impact sur votre santé bucco-dentaire », 48,8% des 207 athlètes ont répondu positivement.

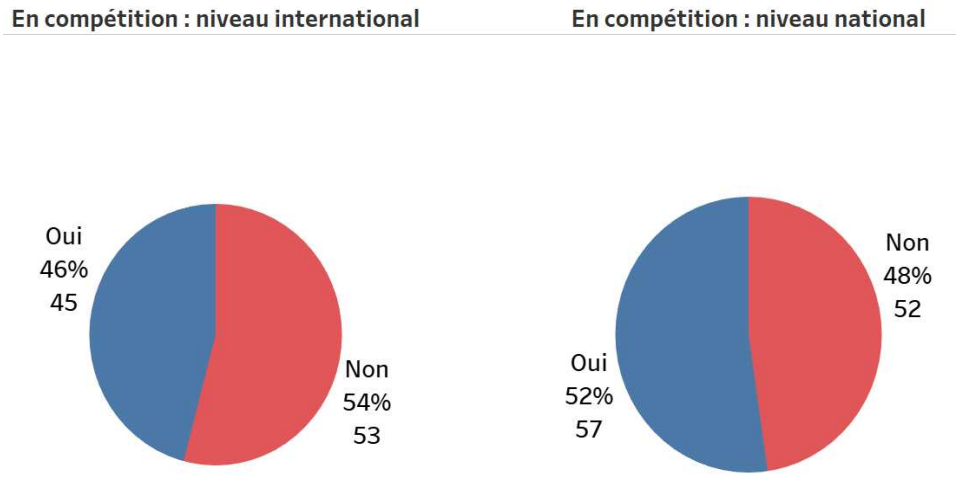


Figure 42 : Diagramme représentant la part d'athlètes considérant que leur pratique sportive puisse avoir un impact sur leur santé bucco-dentaire

Parmi les athlètes ayant répondu par l'affirmative à cette question, 102 sujets ont renseigné par quels mécanismes, selon eux, cette pratique pourrait impacter leur santé bucco-dentaire :

❖ **Par la consommation de boissons du sport :**

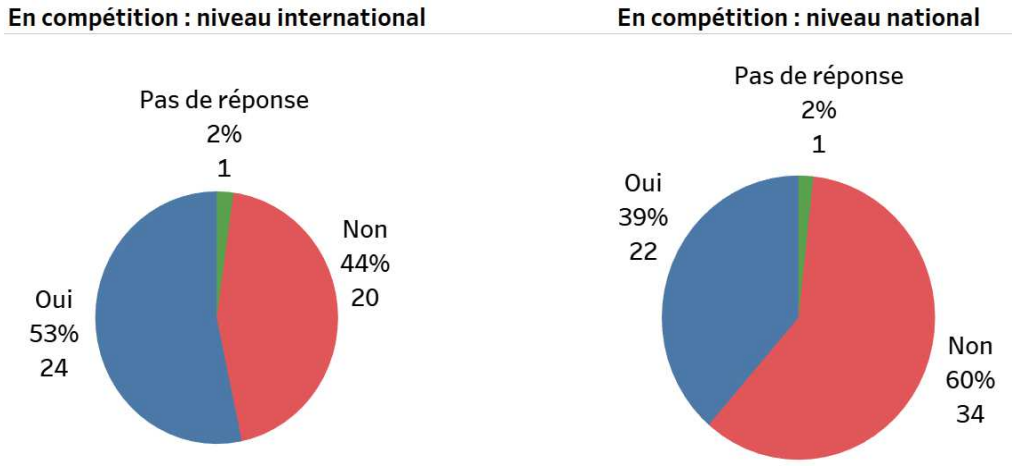


Figure 43 : Diagramme représentant la part d'athlètes pensant que la pratique sportive pourrait impacter sur leur santé bucco-dentaire par la consommation de boissons du sport

❖ **Par la consommation de gels/barres/fruits durant l'effort :**

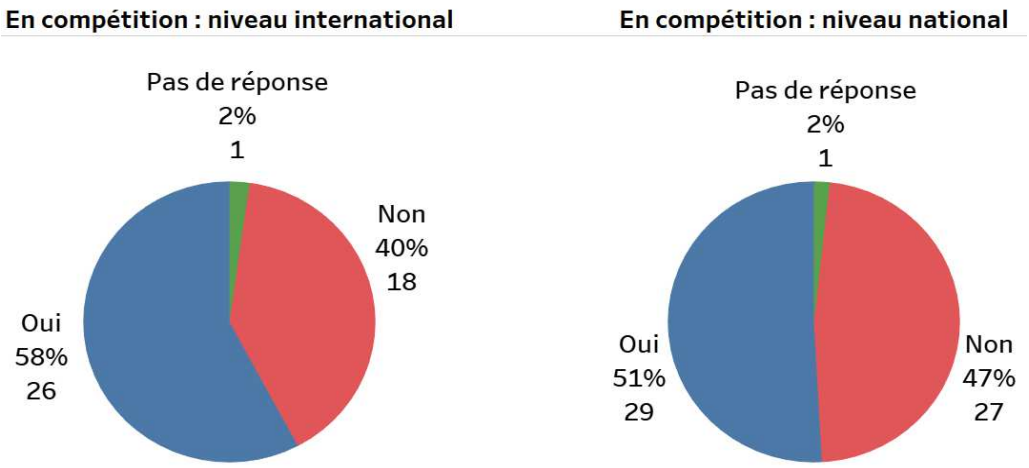


Figure 44 : Diagramme représentant la part d'athlètes pensant que la pratique sportive pourrait impacter sur leur santé bucco-dentaire par la consommation de gels/barres/fruits

❖ **Par la sécheresse buccale :**

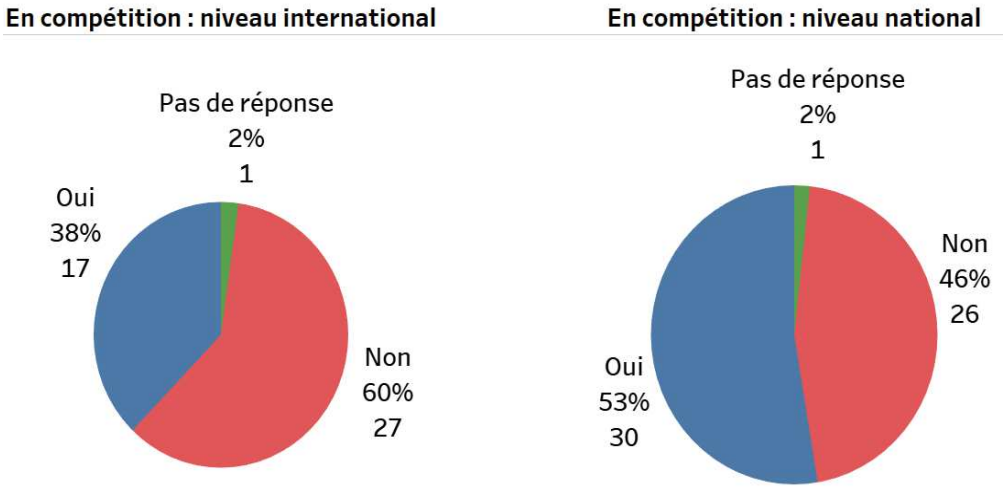


Figure 45 : Diagramme représentant la part d'athlètes pensant que la pratique sportive pourrait impacter sur leur santé bucco-dentaire par le phénomène de sécheresse buccale lors de l'effort physique

❖ **Par le niveau de stress :**

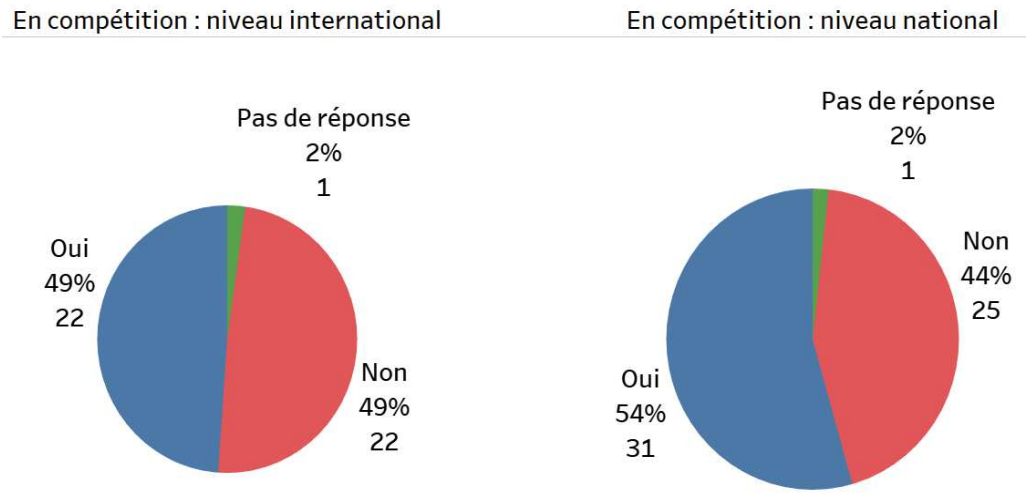


Figure 46 : Diagramme représentant la part d'athlètes pensant que la pratique sportive pourrait impacter sur leur santé bucco-dentaire par le niveau de stress

❖ **Par d'autres mécanismes que ceux cités précédemment :**

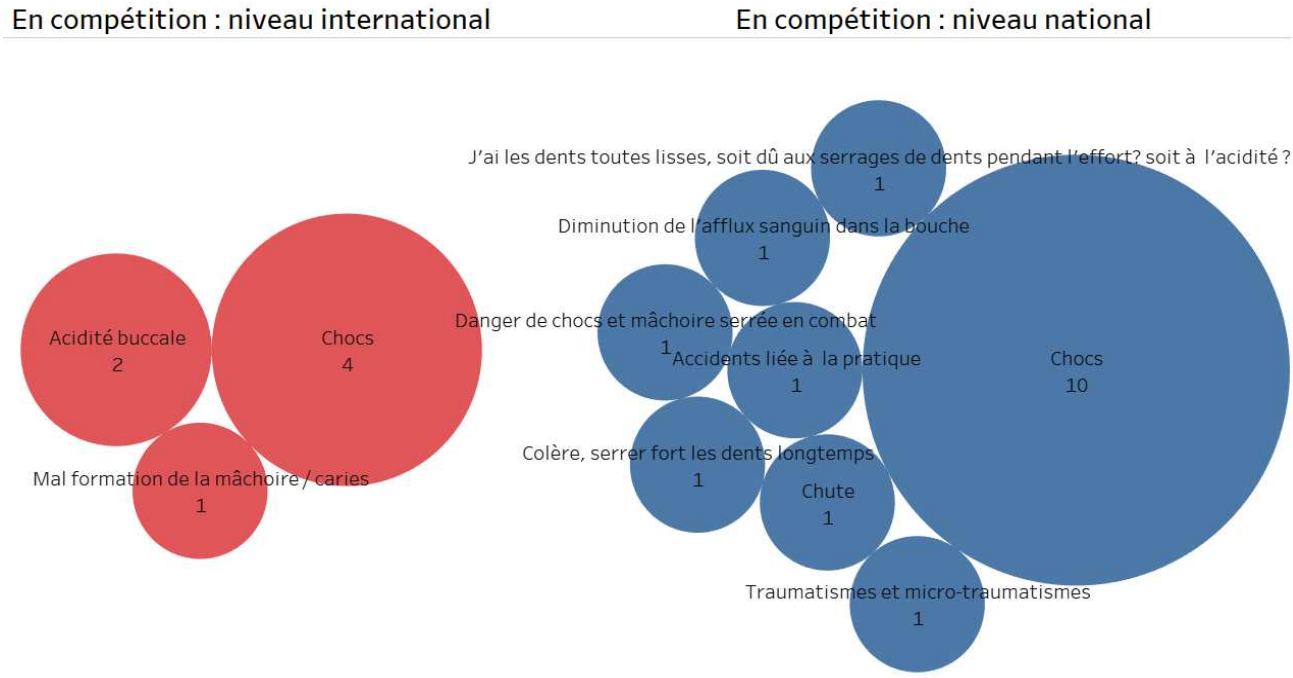


Figure 47 : Diagramme représentant la part d'athlètes pensant que la pratique sportive pourrait impacter sur leur santé bucco-dentaire par d'autres mécanismes que ceux cités précédemment

3.3.6 Consommation de boissons du sport

Parmi les 207 athlètes, 70% ont rapporté consommer des boissons du sport. Au contraire, 30% ont déclaré ne pas avoir recours à ces boissons pour s'hydrater. Toutefois, le mode de consommation de ces boissons diffère entre les sportifs en fonction de la chronologie.

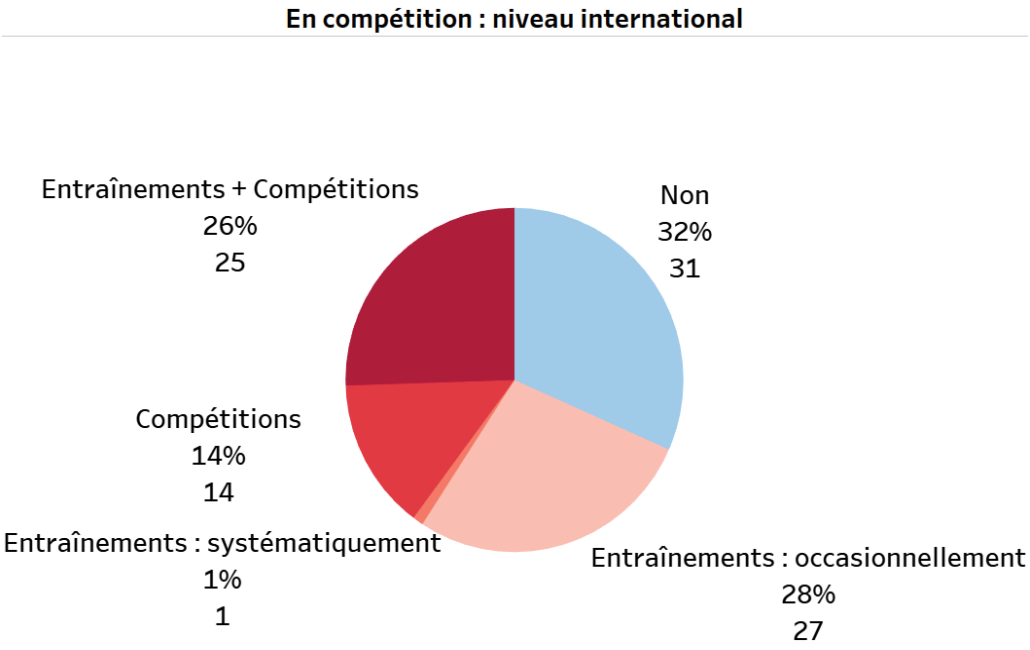


Figure 48 : Diagramme représentant le mode de consommation de boissons du sport par les athlètes internationaux

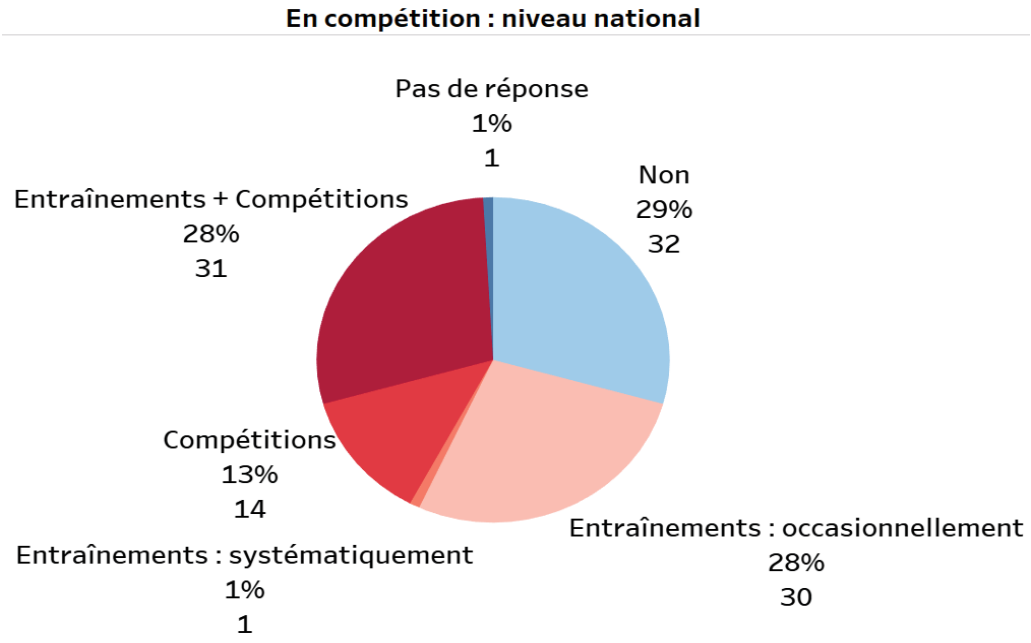


Figure 49 : Diagramme représentant le mode de consommation de boissons du sport par les athlètes nationaux

3.3.7 Sécheresse buccale et autres symptômes liés à l'effort

33,8% des 207 athlètes ont rapporté ressentir une sécheresse buccale durant leur pratique sportive. Seulement 5,8% des athlètes présentent d'autres symptômes en rapport avec leur pratique sportive, 11 symptômes supplémentaires ont été rapportés.

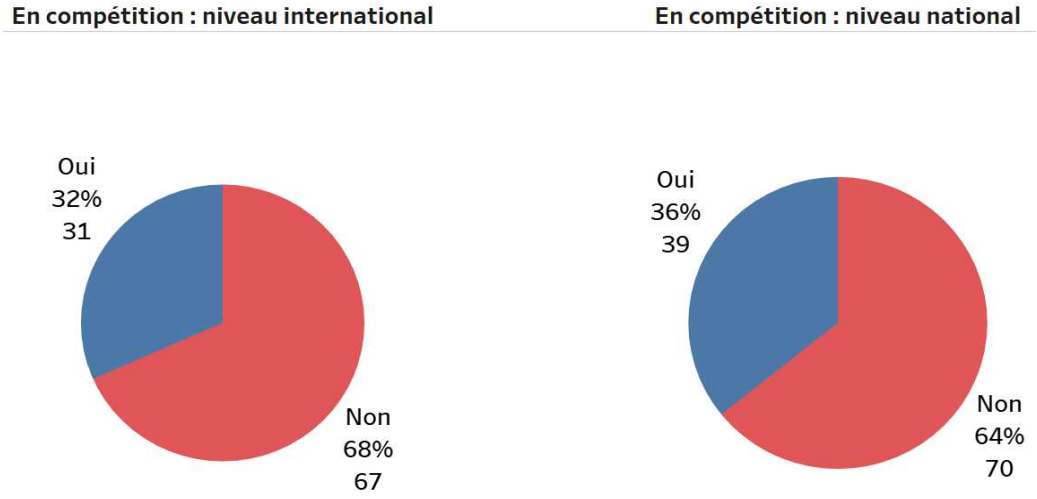


Figure 50 : Diagramme représentant la part des athlètes présentant une sécheresse buccale durant leur pratique sportive

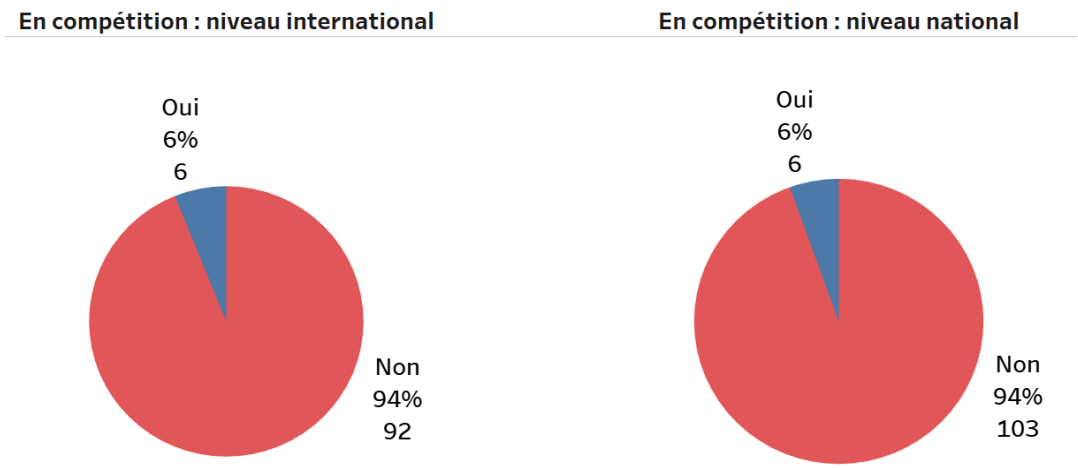


Figure 51 : Diagramme représentant la part des athlètes présentant d'autres symptômes en rapport avec leur pratique sportive

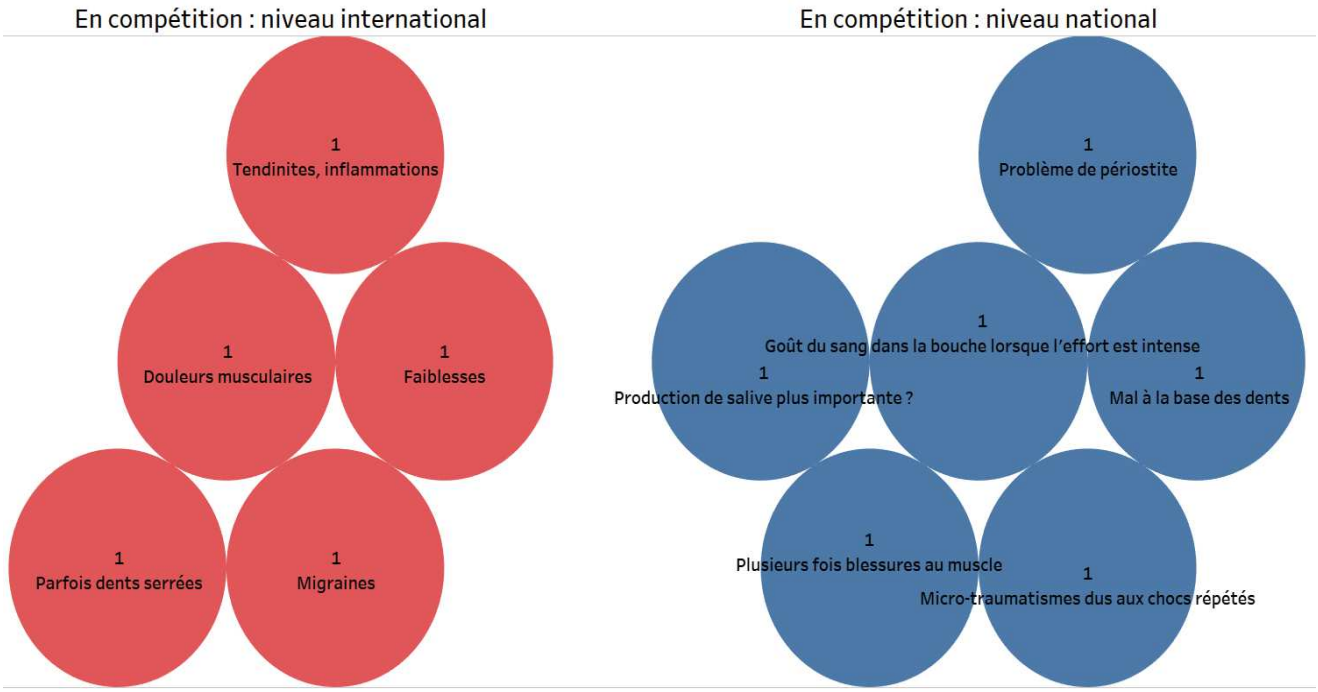


Figure 52 : Diagramme montrant les autres symptômes ressentis par les athlètes en rapport avec leur pratique sportive

3.3.8 Mesures d'hygiène bucco-dentaires

❖ Fréquence de brossage : elle varie de 1 à 5 fois par jour. Presque la moitié de l'échantillon des 207 athlètes (49,3%), se brosse les dents 2 fois par jour et 24,2% ont rapporté réaliser 3 brossages par jour.

La moyenne du nombre de brossage par jour est de 2,2 pour les sportifs internationaux et de 2,4 pour les sportifs nationaux.

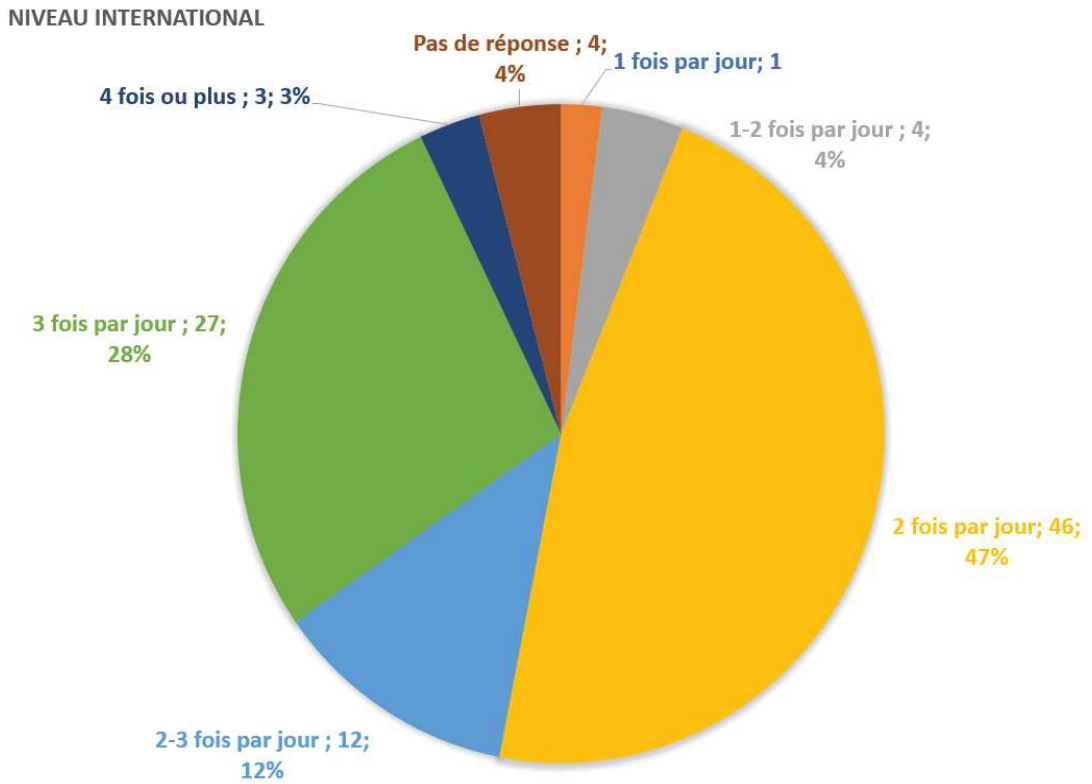


Figure 53 : Diagramme représentant la fréquence de brossage par jour des athlètes internationaux

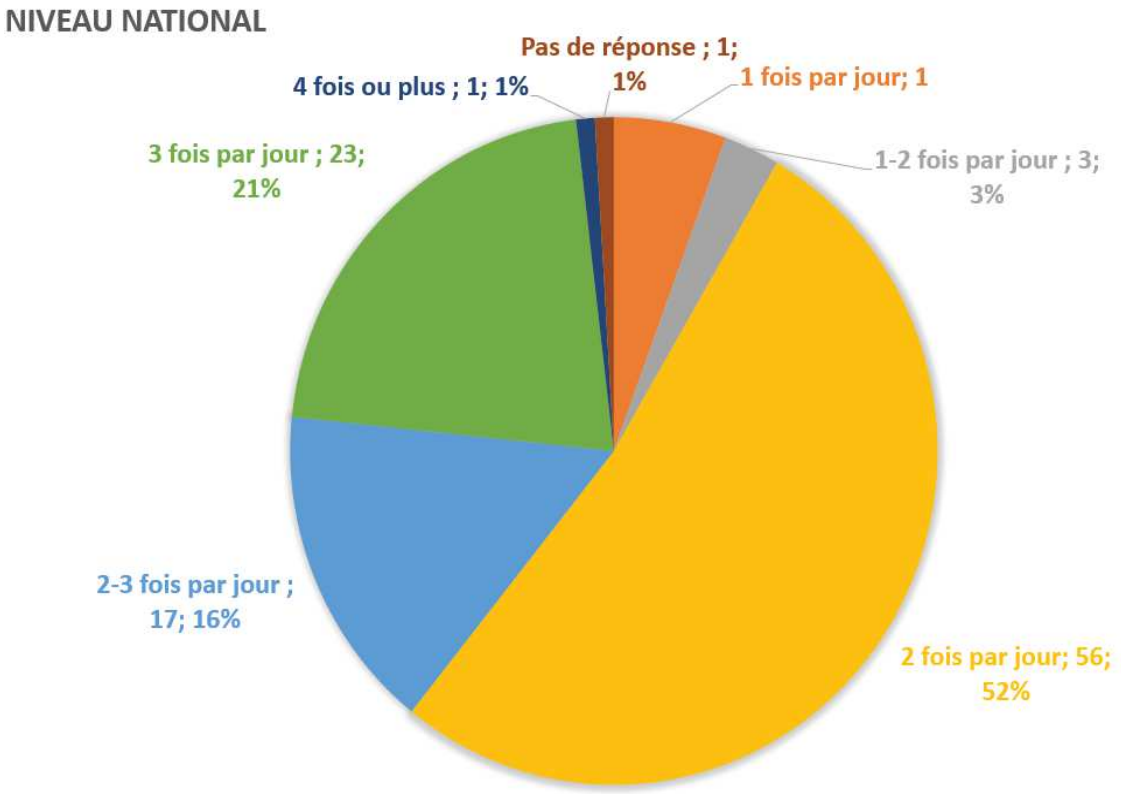


Figure 54 : Diagramme représentant la fréquence de brossage par jour des athlètes nationaux

❖ Dentifrice fluoré : 60,9% des 207 athlètes en utilisent lors du brossage, au contraire, 37,2% ont déclaré ne pas utiliser de dentifrice au fluor et 1,9% n'ont pas répondu.

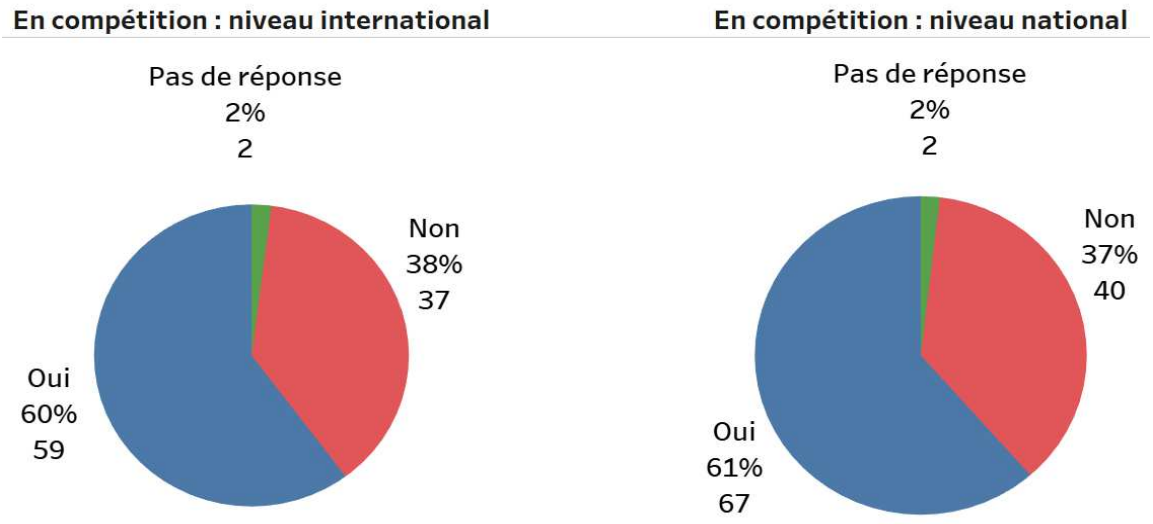


Figure 55 : Diagramme représentant l'usage d'un dentifrice fluoré pour le brossage des athlètes

3.3.9 Mesures d'hygiène bucco-dentaires spécifiques à la pratique sportive

61,8% des 207 athlètes ne se brossent pas les dents après la consommation de boissons du sport. Au contraire, 21 des sujets, soit 10,2%, ont déclaré réaliser un brossage suite à la prise de ces boissons. 28% n'ont pas répondu.

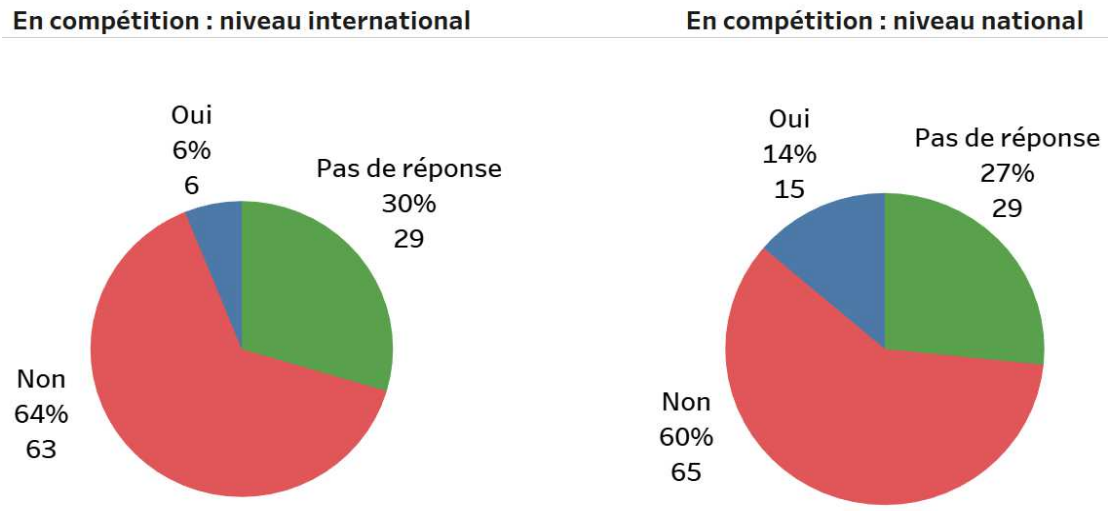


Figure 56 : Diagramme représentant les athlètes qui effectuent un brossage après la consommation de boissons du sport

A la question « effectuez-vous un bilan dentaire pré- ou post- compétition », 21,25% des athlètes ont répondu positivement et 78,25% négativement.

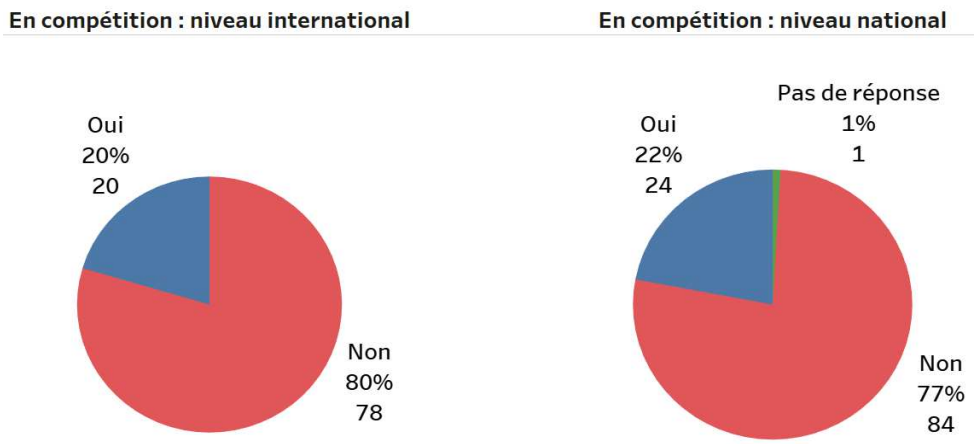


Figure 57 : Diagramme représentant les athlètes qui effectuent un bilan dentaire pré- ou post-compétition

3.3.10 Alimentation

❖ Boissons et nutrition (gels/barres) de récupération :

39,1% des 207 sujets consomment de boissons/gels/barres de récupération :

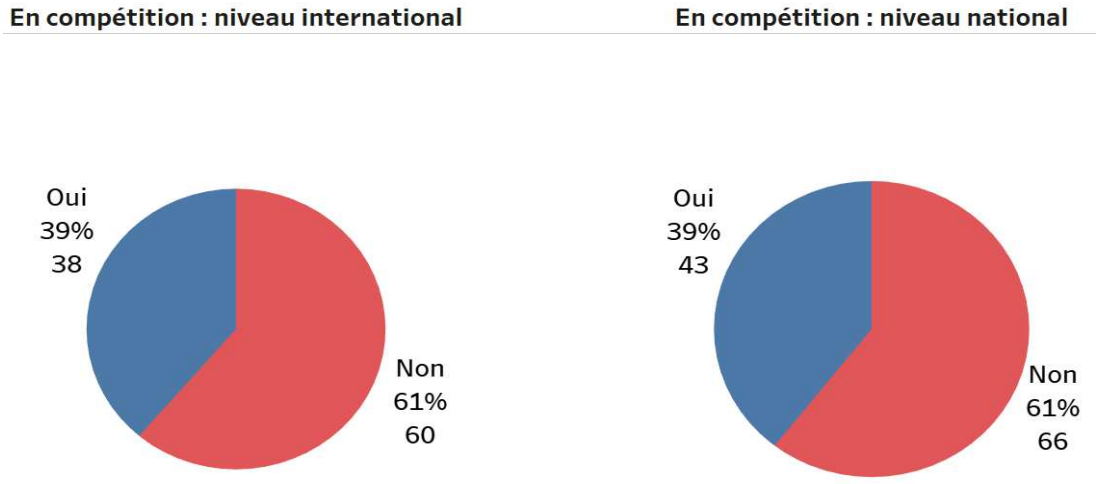


Figure 58 : Diagramme représentant la consommation des athlètes en boissons/gels/barres de récupération

❖ Nombre de repas/collations par jour

Concernant les sportifs internationaux, la moyenne du nombre de repas/collations par jour est de :

- 3,6 en période d'entrainement
- 3,5 en période de compétition

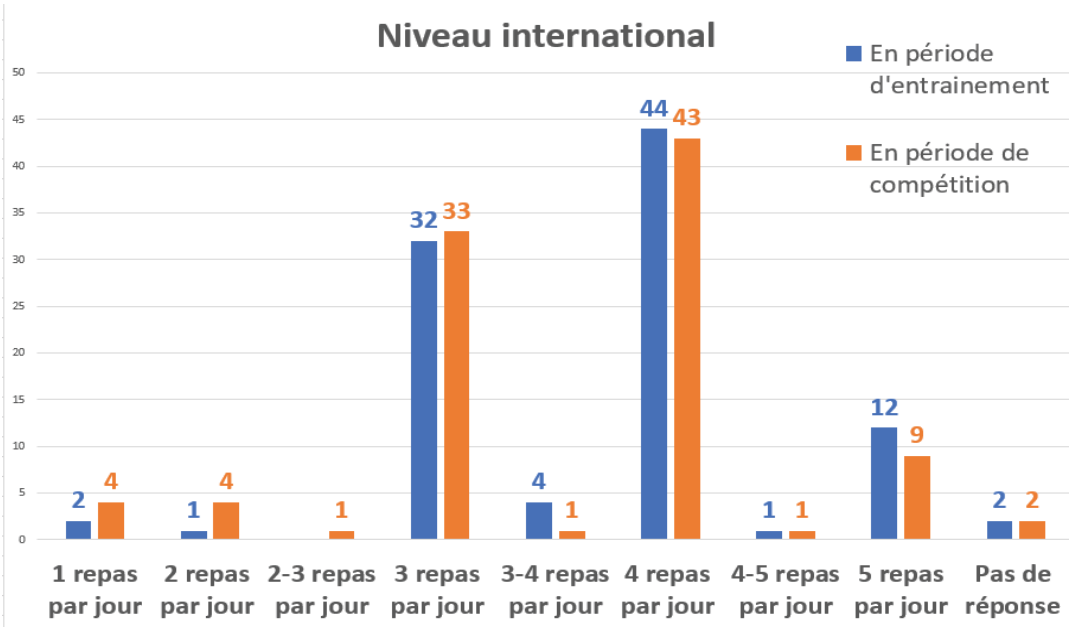


Figure 59 : Histogramme représentant le nombre de repas/collations par jour des athlètes internationaux en période d'entrainement et de compétition

Concernant les sportifs nationaux, la moyenne du nombre de repas/collations par jour est de :

- 3,6 en période d'entrainement
- 3,7 en période de compétition

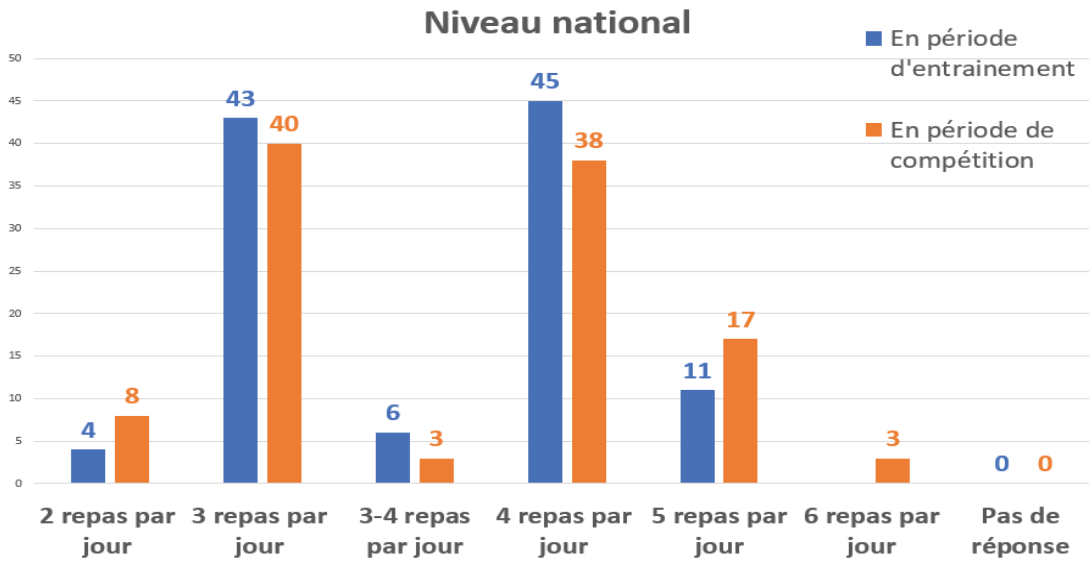


Figure 60 : Histogramme représentant le nombre de repas/collations par jour des athlètes nationaux en période d'entrainement et de compétition

❖ Prise alimentaire durant l'effort

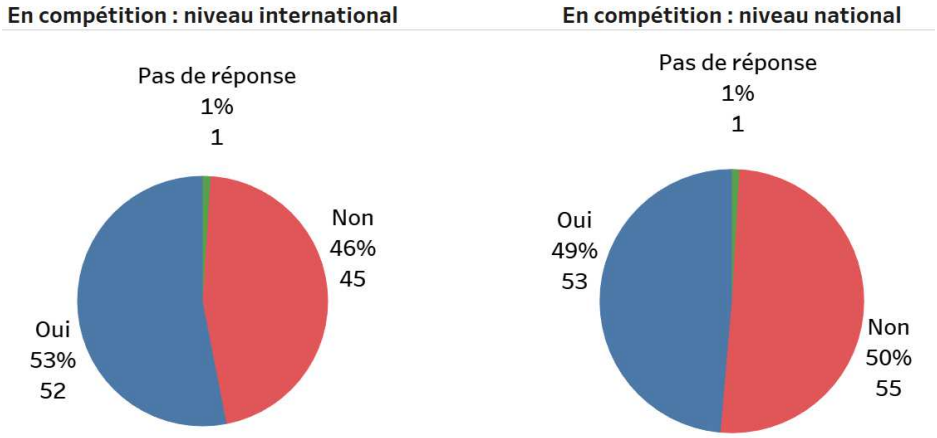


Figure 61 : Diagramme représentant la prise alimentaire par les athlètes durant l'effort

Les sportifs ayant répondu avoir recours à une prise alimentaire durant l'effort ont renseigné sur la nature de celle-ci (102 réponses/207). Voici la liste des différents aliments dans leur ordre croissant de fréquence de consommation : barres, fruits, gels, fruits secs, gâteaux, compote, pâte de fruits, chocolat, boissons au lactose, bretzels secs. A noter que certains athlètes consomment plusieurs aliments lors de leurs collations.

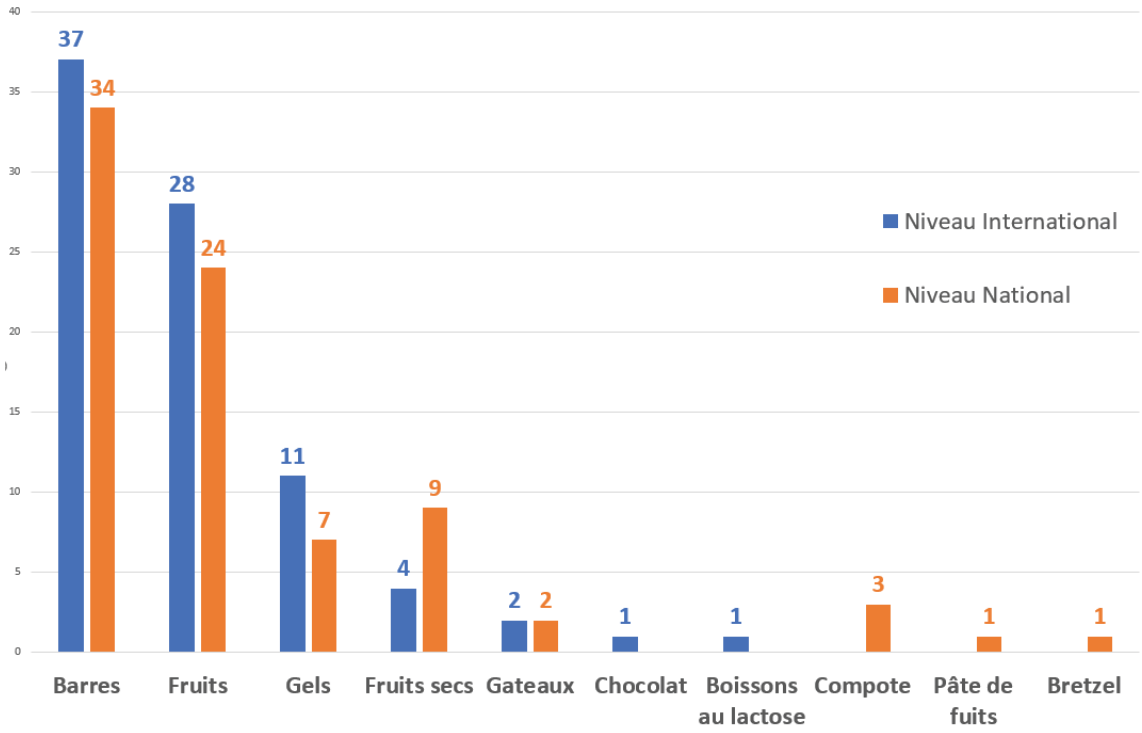


Figure 62 : Histogramme représentant la nature de la prise alimentaire des sportifs durant l'effort

3.3.11 Réflexions libres sur le sujet

❖ Réflexions libres des sportifs internationaux (20) :

« L'hygiène bucco-dentaire est très importante en prévention des blessures notamment sur les problèmes tendineux »

« Les deux étant liés pour tout sportif. Une bonne santé bucco-dentaire étant indispensable dans la pratique du haut niveau. »

« Lien entre tendinite et problème dentaire. Quelques blessures qui traînaient lorsque j'avais les dents de sagesse qui poussaient. Mais de manière générale je n'accorde pas d'importance à un suivi régulier chez le dentiste dans le cadre de ma pratique, seulement 1 fois par an. »

« Il y a un lien car des blessures à répétition dans une zone musculaire c'est lié à la dentition. Il ne faut pas de caries ou autres pour que le corps se porte bien et que tout soit équilibré. »

« Je pense que ma pratique sportive n'affecte pas ma santé bucco-dentaire, contrairement à d'autres sports (ex : natation) car aucun facteur influent sur la SBD sont présents dans mon sport. »

« Il faut avoir une bonne hygiène dentaire pour ne pas avoir de blessure musculaire. »

« Je sais qu'une mauvaise hygiène bucco-dentaire peut avoir des effets néfastes sur le corps, comme par exemple une carie peut provoquer des tendinites, mais je ne sais que peu de choses sur ce sujet. »

« Intéressante. »

« Pas assez aboutie. »

« On m'a toujours dit de faire attention car une mauvaise hygiène dentaire pouvait amener des blessures musculaires. Donc j'ai toujours fait attention. »

« Mes problèmes de dents avaient un effet sur mon dos et mes genoux et depuis qu'ils sont réglés, plus rien. »

« Alimentation saine et variée + peu de sucreries Dents de sagesse et impact sur les périostites tibiales. »

« Les dents c'est la vie ! »

« Aucune pathologie entre la pratique de tir de haut niveau et les pathologies bucco-dentaires. »

« Corrélation entre inflammation dentaire et inflammations tendineuses ? »

« Possibilité de lien avec une tendinite au tendon d'Achille qui traînait lors de la poussée des dents de sagesse. »

« Je n'ai pas eu énormément de problème de santé bucco-dentaire durant ma carière de sportif mais certains indicateurs comme des blessures à répétition, tendinites chroniques m'ont permis de déceler des soucis dentaires. »

« Tendinites, inflammations. »

« Il semblerait qu'une mauvaise hygiène des dents pourrait provoquer des douleurs. Je suis jusqu'à présent épargnée. »

« Je devrais peut-être avoir des consultations avec mon dentiste plus régulièrement. »

❖ Réflexions libres des sportifs nationaux (13) :

« Ma santé bucco-dentaire n'impacte pas ma pratique sportive. »

« La protection bucco-dentaire n'est pas assez importante dans le handball. »

« Plus de prévention bucco-dentaire par l'enseignement à l'hygiène bucco-dentaire et des bilans annuels systématisés seraient nécessaires. »

« Problèmes tendineux liés aux caries » *« Bouche sèche après l'effort. »*

« - Port du protège-dent (fait par le dentiste pour meilleure qualité et respiration + communication pendant la pratique) - Brossage après le port du protège-dent - Arrêt minium de la pratique pendant 1 mois après extraction des dents de sagesse donc je l'ai fait tardivement. »

« La santé bucco-dentaire est primordiale, pour avoir eu les dents fracturées à plusieurs reprises (formation d'abcès), je confirme que la douleur perturbe l'entraînement. »

« Les dents sont très importantes pour la santé que ce soit pour le sport ou pour la vie de tous les jours. On m'a toujours dit qu'une dent correspond à une fonction du corps et que si cette dent n'est pas seine, il pourrait y avoir des répercussions sur la santé de l'individu. A haut niveau, ce sont les petits détails qui font la différence. »

« Je ne sais pas s'il peut y avoir un impact sur ma relation bucco-dentaire liée à la pratique du sport à haut niveau. »

« On m'a déjà dit que des problèmes bucco-dentaires pouvaient causer des tendinites. »

« Il y a tellement de facteurs qui rentrent en jeu sur la performance (virus latent, sommeil, stress, humeur du jour, alimentation, blessure, parcours non favorisant, période dans la phase d'entraînement...), difficile de savoir ce qui engendre les contres performances, donc je n'arrive pas à savoir si mon hygiène bucco-dentaire agit et comment ça se manifeste. Cependant, me concernant j'ai des soins sur une dent cassée depuis des années, et suite aux soins je suis un peu shooté et je n'arrive pas trop à faire mon entraînement du jour (ma dentiste utilise un produit contenant de l'adrénaline pour l'anesthésie locale). Donc j'imagine que si un sportif de haut niveau a ce type de soin à faire, ça peut perturber la continuité de ses entraînements, et les douleurs les jours suivants les perturber également. »

« Je pense que la santé bucco-dentaire est importante et peut avoir des répercussions sur les résultats sportifs. »

« Faire du sport à haut niveau implique une bonne alimentation donc une bonne dentition. »

3.4 Analyse et discussions

Cette étude est une étude descriptive. Les analyses réalisées permettent d'émettre des hypothèses mais nous ne pouvons pas faire de généralisations à l'ensemble de la population française sportive de haut niveau.

Nous avons contacté de grandes organisations sportives professionnelles comme la fédération française d'athlétisme (FFA) et de triathlon (FFT), ainsi que l'INSEP, mais elles ont malheureusement refusé de soumettre notre questionnaire à leurs sportifs. D'autant plus dommage que celle-ci regroupe la plus grosse concentration d'athlètes de haut niveau.

Ensuite, nous pouvons mentionner que certains sports, comme par exemple les sports de combat ou encore le tennis, ne sont pas ou très peu représentés dans l'étude.

Parmi les sportifs interrogés, la fourchette d'âge est relativement large. Toutefois on retrouve une forte concentration de jeunes sportifs. Nous pouvons nous demander si, du fait de leur jeune âge, ils ne seraient pas moins touchés par les problèmes bucco-dentaires que les sportifs plus âgés qui ont, en effet, été en contact depuis plus longtemps avec les différents facteurs de risques carieux.

Concernant le sexe, il n'est pas étonnant que les hommes aient été plus nombreux à répondre au questionnaire car la proportion de femmes pratiquant un sport à haut niveau est plus faible que celle des *hommes* (2).

- *Alimentation durant l'effort*

Plus de la moitié de l'échantillon, 50,7%, ont rapporté avoir recours à une prise alimentation durant l'effort. Les collations comportent des glucides, amplifiant donc le risque carieux individuel, à plus forte raison lors de consommations fréquentes durant l'effort. De plus, 39,1% ont rapporté consommer des gels/boissons/barres de récupération à la suite de leur effort. Concernant le nombre de repas et collations par jour, les nombres sont quasiment équivalents entre les périodes d'entrainement et de compétition. Cependant, le nombre moyen est supérieur à 3 repas par jour. De plus,

nous n'avons pas relevé de différence notable entres les sportifs de niveau national et international.

- *Boissons du sport*

On constate que 143 sportifs de haut niveau, soit 2/3, ayant répondu au questionnaire déclarent consommer des boissons du sport. Ce chiffre est alarmant car, comme nous l'avons étudié précédemment, la consommation excessive de ces boissons constitue un facteur qui multiplie considérablement les risques de développement de pathologies bucco-dentaires pour cette population spécifique, déjà cario-susceptible. De plus, 35,8% des athlètes ont rapporté avoir recours à une prise alimentaire composée essentiellement d'hydrates de carbone et également consommer des boissons du sport durant l'effort.

Nous pouvons nous interroger sur le fait de savoir si le type de sport pratiqué influence ou non sur la consommation de boissons de l'effort. Toutefois, il semble clair que les sports d'endurance intégrant des épreuves longues comme le marathon, l'ultra-trail ou le triathlon, vont induire préférentiellement la consommation de ces boissons du sport. Le risque dans ce type d'épreuves longues est également lié à la fréquence de consommation, qui est élevée, pour compenser les pertes hydriques et assurer un apport énergétique suffisant. Nous avons ainsi relevé une disparité selon les sports pratiqués : 35,7% des athlètes pratiquant le tir sportif ont rapporté consommer des boissons du sport contre 71,4% des triathlètes, 71,8% des sportifs pratiquant l'athlétisme et 100% des athlètes d'ultra-endurance.

- *Xérostomie du sportif*

Un tiers de l'échantillon, 33,8%, a déclaré ressentir une sécheresse buccale durant l'effort. Comme étudié précédemment la xérostomie du sportif dépend de plusieurs paramètres de l'effort, comme par exemple sa durée et son intensité. Nous avons également observé au niveau des résultats de notre étude que les réponses concernant les symptômes de xérostomie diffèrent selon le type de sport pratiqué. En effet, par exemple, 49% des sportifs pratiquant l'athlétisme et 57% des triathlètes se

sont plaints d'une sécheresse buccale contre seulement 21,4% des sportifs pratiquant le tir.

Il est intéressant de noter que presqu'un quart des athlètes, soit 23,7%, ont répondu ressentir une sécheresse buccale et consommer des boissons durant leur pratique. Or nous avons pu démontrer dans ce travail que l'association de ces deux facteurs décuple l'augmentation du risque carieux individuel. De plus, nous avons relevé que 9,2% des athlètes ont répondu ressentir une sécheresse buccale, consommer des boissons du sport et avoir recours à une prise alimentaire durant leur pratique ; ce qui impacte à nouveau encore plus le risque carieux.

- *Mesures d'hygiène bucco-dentaire*

La grande majorité des individus inclus dans l'étude a rapporté des fréquences de brossage en accord avec les recommandations d'hygiène bucco-dentaire. Toutefois, ces résultats sont à interpréter avec prudence, s'agissant de données purement déclaratives. Concernant l'utilisation d'un dentifrice au fluor lors du brossage, plus d'un tiers, 37.2%, ont répondu ne pas utiliser de dentifrice fluoré. Au vue de ce pourcentage élevé, on peut se demander si ce résultat n'est pas dû à une méconnaissance des sportifs concernant la composition de leur dentifrice d'usage en fluor, à plus forte raison pour les jeunes sportifs.

Pour les 143 athlètes ayant répondu consommer des boissons du sport, seulement 14.7% déclarent se brosser les dents après leur consommation, ce faible pourcentage est lié à la difficulté de réaliser un brossage au cours de la pratique sportive.

- *Suivi bucco-dentaire*

Concernant le suivi bucco-dentaire des athlètes, nous avons relevé des résultats surprenants. Seulement 64,3% des 207 athlètes ont rapporté être suivi par un chirurgien-dentiste traitant. Ce résultat est d'autant plus étonnant sachant que les sportifs inscrits sur la liste ministérielle de haut niveau ont pour obligation de consulter annuellement un chirurgien-dentiste. Néanmoins, seulement 21,25% des athlètes consultent un chirurgien-dentiste pour un bilan pré- ou post-compétition. 37,7% des athlètes de haut niveau ayant participé à l'étude n'ont pas répondu à la question sur

leur fréquence de consultation chez un chirurgien-dentiste. On peut donc se demander si le faible taux de réponse est lié à une basse fréquence de consultation.

Les athlètes internationaux ont été légèrement plus nombreux à répondre être suivis par un chirurgien-dentiste avec 66% de réponse positive contre 62% pour les athlètes nationaux.

Parmi ceux ayant répondu, quasiment la majorité consulte au minimum une fois par an leur chirurgien-dentiste. Presque la moitié de l'échantillon a bénéficié d'un voire plusieurs soins dentaires dans l'année écoulée. Le soin de carie a été en tête de liste dans les réponses des soins effectués dans l'année écoulée (19 questionnaires ont mentionné le soin de carie(s)). De plus, la carie a également été la pathologie bucco-dentaire la plus mise en cause par les athlètes ayant rapporté qu'un problème bucco-dentaire avait eu un impact sur leur qualité de vie générale et/ou sur leurs performances. On remarque une nouvelle fois, que les athlètes présentent un risque carieux particulièrement élevé, qui est de nature multi-factorielle.

Par ailleurs, 30% des sportifs considèrent que des pathologies dentaires ont eu un impact négatif sur leur qualité de vie générale et 25% qu'elles ont eu un impact négatif sur leurs performances sportives.

On constate que plus de la moitié, 50,7%, des athlètes de haut niveau n'a pas conscience sur le fait que leur pratique sportive puisse avoir un impact sur leur santé bucco-dentaire. Parmi ceux considérant que leur pratique intensive puisse avoir un impact :

- 45% considèrent que la consommation de boissons du sport peut être une des causes
- 54% considèrent que la consommation de gels/barres/fruits durant l'effort peut être une des causes
- 46% considèrent que la sécheresse buccale lors de l'effort peut être une des causes
- 52% considèrent que le niveau de stress élevé peut être une des causes.

Etant donné ces résultats, on arrive donc au constat que cette population à risque manque considérablement d'informations sur les risques liés à leur pratique sportive poussée et la nécessité d'une prise en charge avec un suivi bucco-dentaire régulier.

Chapitre IV : Recommandations pour les sportifs de haut niveau face à ce RCI augmenté

Les différentes revues de la littérature et études ont montré que les athlètes de haut niveau étaient actuellement encore beaucoup trop touchés par des pathologies bucco-dentaires liées à leur pratique. En effet, tout au long de ce travail, nous avons pu montrer que les sportifs de haut niveau avaient un risque carieux individuel augmenté avec pour cause de nombreux paramètres liés à leur pratique sportive de haut niveau. Des protocoles de prévention en matière de santé bucco-dentaire et d'enseignement à l'hygiène bucco-dentaire, spécifiques à cette population à risque, doivent être créés. La littérature est en effet, assez pauvre en matière de recommandations de bonne pratique clinique et de suivi bucco-dentaire spécifique pour ces patients aux besoins alimentaires spécifiques (80).

Les recommandations en termes de nutrition du sport pour les athlètes ont considérablement évolué au cours de la dernière décennie, avec une individualisation en fonction du type, de la durée, de la fréquence et de l'intensité de l'entraînement (80).

Lors d'une première consultation avec un athlète de haut niveau, il est impératif de rechercher d'éventuels facteurs à risques (80) :

- A l'examen clinique : présence de lésions carieuses actives, mauvaise hygiène buccale, présence d'érosion, altération de l'état parodontal, pouvoir tampon « peu réactif »
- Au questionnaire : alimentation riche en glucides, consommation de produits acides, fréquence des prises alimentaires par jour, consommation de boissons du sport acides et sucrées, syndrome de la bouche sèche…

L'identification et la gestion de ces facteurs de risque seront importantes pour contrôler la santé bucco-dentaire de l'athlète et pour un suivi, ainsi qu'une prise en charge préventive et thérapeutique optimale et adaptée (19) . Le chirurgien-dentiste a pour rôle d'éduquer le sportif de haut niveau sur l'importance d'une bonne santé bucco-dentaire et la conservation d'une hygiène buccale correcte (19) : au minimum deux brossages quotidiens, utilisation de dentifrice fluoré et de bain de bouche fluoré, utilisation de fil dentaire ou brossettes interdentaires, consultation annuelle voire biannuelle chez le chirurgien-dentiste traitant (135).

- **Le recours au fluor**

Le gold standard pour la prévention des caries reste le fluor (53,80). Les thérapies au fluor en action topique sont les plus efficaces pour la prévention des caries, elles sont particulièrement adaptées à cette population aux multiples facteurs de risques diététiques, médicaux et comportementaux. On peut le retrouver sous différentes formes : dentifrices, bains de bouche, vernis. L'application de vernis fluoré a largement démontré ses preuves pour les populations à haut risque carieux individuel. Elle peut donc être un bon complément à l'hygiène bucco-dentaire des athlètes (53).

- **Recommandations nutritionnelles pratiques**

Certains édulcorants sans sucre sont utilisés pour tenter de limiter les effets néfastes du sucre sur les dents. Ils sont également appelés « sucre de substitution » ou « faux sucres ». Ces additifs alimentaires, ayant un gout sucré, sont de plus en plus utilisés dans les produits alimentaires afin de remplacer les sucres cariogènes. Ils apportent moins de calories et sont non cariogènes (52,53). Il s'agit par exemple de l'aspartame, du maltitol (récemment utilisé dans la fabrication du chocolat) ou du xylitol (52,53,66). L'intérêt de les utiliser réside dans le fait qu'ils ne sont pas utilisés par les bactéries buccales pour leur métabolisme, ce qui évite la formation d'acides et donc de caries (66). Lorsque le brossage des dents n'est pas envisageable, par exemple à la suite de consommation d'aliments ou de boissons sucrés lors d'un entrainement, mâcher un chewing-gum sans sucre au xytilol pourrait donc constituer une stratégie efficace de prévention d'hygiène bucco-dentaire (52).

- **Recommandations pratiques concernant l'hydratation du sportif**

Certaines recommandations pratiques peuvent être proposées pour limiter l'effet néfaste des boissons d'effort sur les dents : bien diluer les boissons, réduire la fréquence de consommation, choisir des boissons à base de maltodextrines (qui seraient moins acidifiantes que les autres formes de sucres (99)), se rincer systématiquement la bouche avec de l'eau claire (de préférence riche en calcium et phosphate) après chaque gorgée de ces boissons, privilégier les bouteilles comportant des système de pipettes ou de paille intégrée afin d'éviter que la boisson sucrée et acide ne soit directement en contact avec les dents du sportif et ainsi mieux les épargner (99).

- **Stimuler la salive**

Les sportifs peuvent avoir recours à l'usage de chewing-gums sans sucre pour stimuler mécaniquement le flux salivaire et permettre une remontée du pH lorsque le sportif a la sensation de « bouche sèche » et que les paramètres salivaires sont déficients (113).

Conclusion

La pratique sportive intensive des athlètes de haut niveau a de nombreuses répercussions sur leur santé générale et également sur leur santé orale. Nous avons pu démontrer que cette population est considérée comme à risques bucco-dentaires spécifiques. Nous nous sommes focalisés sur l'augmentation significative du risque carieux individuel tout au long de ce travail.

Tout d'abord, nous avons analysé les différentes données issues de la littérature scientifique internationale.

Nous avons commencé l'analyse bibliographique à partir d'observations concernant le sport olympique. Il a été intéressant d'observer que même lors des Jeux Olympique, rencontre la plus importante entre les meilleurs athlètes de la planète, ceux-ci ont été à la recherche de soins dentaires d'urgence en plein événement sportif. Cela suggère de grosses lacunes en termes de prise en charge et de prévention dentaires en amont de ces compétitions. Les caries présentaient une association statistiquement significative avec les différents impacts négatifs, rapportés par les athlètes sur leur bien-être et leur activité sportive. Nous avons ainsi observé que même la santé bucco-dentaire des athlètes du plus haut niveau mondial, participant à un tel évènement, s'est avérée altérée avec une prévalence élevée de lésions carieuses.

Ensuite, nous avons réalisé une analyse bibliographique portant sur les pathologies bucco-dentaires dans la population des sportifs de haut niveau, de 1983 à 2018. Les différentes études ont montré que malgré un suivi médical pointu et sophistiqué, un athlète d'élite n'est pas nécessairement mieux averti des pathologies bucco-dentaires et mieux pris en charge, bien au contraire. Les différentes publications ont mis en avant un nombre très élevé de lésions carieuses diagnostiquées chez ces athlètes. Nous avons pu observer que de nombreux athlètes participant aux études provenaient de pays développés bien dotés en matière de système de santé, ce qui suggère donc que les stratégies actuelles en matière de prise en charge bucco-dentaire des athlètes d'élite ne sont pas assez efficaces.

Toutefois, des recherches supplémentaires dans le domaine de l'odontologie du sport portant sur ce sujet seraient pertinentes. Elles permettraient d'agrémenter la littérature et de déterminer la part du risque spécifique de pathologies bucco-dentaires imputable au sport de haut niveau.

Puis nous avons étudié le processus carieux et ses étiologies, en nous focalisant plus particulièrement sur certains aspects de nutrition du sport. La pathologie carieuse est multifactorielle impliquant plusieurs paramètres, or chez l'athlète de haut niveau, nous savons que certains de ces facteurs sont modifiés par une hygiène de vie adaptée à leur sport et leur pratique.

Nous avons alors ensuite étudié les différents paramètres rentrant en jeu dans l'augmentation du risque carieux individuel.

La course à la performance demande de nombreux engagements et un grand investissement de la part des athlètes pour accéder au sommet de leur sport. Le manque de sensibilisation sur les pathologies spécifiques bucco-dentaires, la fréquence d'absorption des boissons du sport et des carbohydrates, l'absence de priorité par rapport à leur hygiène bucco-dentaire et les mauvaises habitudes d'hygiène bucco-dentaires exposent considérablement les sportifs à l'augmentation du risque carieux individuel.

L'alimentation du sportif de haut niveau est riche en glucides afin de pouvoir répondre à leurs dépenses énergétiques élevées. Ils sont les carburants principaux des efforts et sont donc les principaux constituants des collations. Or, ils constituent également le facteur étiologique alimentaire le plus important des caries. De plus, le fractionnement d'apports sucrés est également à l'origine d'une augmentation significative du risque carieux individuel car, cette stratégie de fréquence d'ingestion est incompatible avec le potentiel de clairance salivaire et les systèmes de défense de l'hôte visant à réduire le risque carieux.

En raison des déperditions importantes au cours de l'effort, les besoins hydriques du sportif sont très supérieurs à la moyenne. Les sportifs ont alors recours à des boissons du sport. Cependant, la majorité de ces boissons ont un effet cariogène et érosif sur les dents de par leur acidité et leur teneur intrinsèque importante en

glucides. Leur consommation au cours des pratiques sportives, associée à la diminution de la sécrétion salivaire liée à la déshydratation, réunissent des conditions pathogènes à l'origine du développement de caries.

En effet, la pratique sportive entrainerait une diminution du débit salivaire, une variation du pH et une modification de la concentration des composants salivaire. Le rôle protecteur de la salive est donc altéré, ce qui augmente par conséquent, le risque carieux individuel spécifique des sportifs.

Les athlètes d'élite se soumettent à un niveau élevé de stress et à une charge d'entraînement excessive. L'augmentation de cette charge d'entraînement, les périodes intenses de compétitions, le stress psychosocial et les voyages à l'étranger lors d'épreuves internationales peuvent constituer autant de facteurs de risque de dépression immunitaire et de maladie chez le sportif de haut niveau.

La dernière partie de ce travail consiste en une étude basée sur un questionnaire portant sur le niveau de connaissance concernant les liens entre santé bucco-dentaire et pratique sportive. L'objectif principal a été de recueillir et d'étudier les habitudes et modes de vie des sportifs de haut niveau afin de déceler et d'évaluer d'éventuelles pratiques à risque concernant leur santé bucco-dentaire, et plus particulièrement le risque carieux individuel.

Chez ces sportifs de haut niveau, on a pu observer qu'en France le suivi bucco-dentaire est malheureusement encore trop souvent négligé. En effet, nous avons relevé une proportion importante de sujets ayant rapporté ne pas être suivis par un chirurgien-dentiste traitant. L'usage d'un dentifrice fluoré n'est pas systématique chez tous ces athlètes. Parmi les soins prodigués aux sportifs de l'étude, les plus recensés dans les questionnaires étaient les soins conservateurs.

Nous leur avons également demandé s'ils pensaient que leur pratique sportive pouvait avoir un impact sur leur santé bucco-dentaire et inversement, que des pathologies dentaires puissent avoir un effet négatif sur leur qualité de vie générale et leurs performances sportives. Les réponses ont montré un manque d'information considérable. De plus, la carie a également été la pathologie bucco-dentaire la plus mise en cause pour avoir eu un impact négatif.

Nous avons relevé une grande proportion d'athlètes ayant répondu avoir recours à une prise alimentaire durant l'effort, ainsi qu'à des boissons du sport. De plus, des symptômes de sécheresse buccale associés à la pratique sportive ont été fréquemment rapportés.

Pour conclure, cette population spécifique et cario-susceptible manque considérablement d'informations sur les risques liés à leur pratique sportive poussée et la nécessité d'une prise en charge préventive adaptée et d'une hygiène bucco-dentaire stricte. Il parait alors évident qu'une surveillance rigoureuse et régulière est un « impératif » dans le suivi des athlètes, conférant un rôle primordial au chirurgien-dentiste, s'intégrant dans l'équipe médicale multi-disciplinaire prenant en charge le sportif de haut niveau. Il doit encourager ses patients sportifs à porter autant d'attention à leur hygiène buccale qu'à leurs performances sportives et au reste de leur organisme, soumis à des contraintes particulières.

Faculté
de chirurgie dentaire

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

SIGNATURE DES CONCLUSIONS

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

Nom - prénom de l'impétrant : BRENDLE Marie

Titre de la thèse : Spécificités du risque carieux individuel chez le sportif de haut niveau : revue systématique de la littérature et étude basée sur un questionnaire

Directeur de thèse : Professeur François CLAUSS

VU
Strasbourg, le : 17 SEP. 2020
Le Président du Jury,

Professeur O. HUCK

VU
Strasbourg, le : 17 SEP. 2020
Le Doyen de la Faculté
de Chirurgie Dentaire de Strasbourg,

Professeur C. TADDEI-GROSS

Faculté de Chirurgie Dentaire de Strasbourg - service de scolarité / bureau des thèses
8 rue Sainte Elisabeth - 67000 Strasbourg

Bibliographie :

1. OMS | Activité physique [Internet]. WHO. [cité 22 sept 2019]. Disponible sur: https://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/fr/

2. Les chiffres clés du sport 2017 [Internet]. sports.gouv.fr. [cité 22 sept 2019]. Disponible sur: http://www.sports.gouv.fr/accueil-du-site/a-la-une/article/Les-chiffres-cles-du-sport-2017

3. Cleron E. Mission des Etudes, de l'Observation et des Statistiques. 2001;4.

4. Cadre légal et réglementaire [Internet]. sports.gouv.fr. [cité 22 sept 2019]. Disponible sur: http://www.sports.gouv.fr/pratiques-sportives/sport-performance/Sport-de-haut-niveau/article/Le-cadre-legal-et-reglementaire

5. Définition - Sportif de haut niveau | Insee [Internet]. [cité 22 sept 2019]. Disponible sur: https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1781

6. OMS | Recommandations mondiales en matière d'activité physique pour la santé [Internet]. WHO. [cité 23 sept 2019]. Disponible sur: https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/fr/

7. Académie Nationale de médecine. Conséquences de la pratique sportive de haut niveau chez les adolescentes : l'exemple des sports d'apparence [Internet]. Disponible sur: http://www.academie-medecine.fr/wp-content/uploads/2018/12/Consequences-de-la-pratique-sportive-de-haut-niveau-chez-les-adolescentes-Version-07-11-2018-1.pdf

8. Henriques PS, Sukekava F. The Importance of Oral Health in High Performance Athletes: A Brief Review. 2017;2(4):4.

9. Ashley P, Di Iorio A, Cole E, Tanday A, Needleman I. Oral health of elite athletes and association with performance: a systematic review. Br J Sports Med. janv 2015;49(1):14-9.

10. WHO | The Liverpool Declaration: Promoting Oral Health in the 21st Century [Internet]. WHO. [cité 23 sept 2019]. Disponible sur: https://www.who.int/oral_health/events/liverpool_declaration/en/

11. Kipgen L, Kaux J-F, Rompen E, Hérion F. Impact de l'hygiène bucco-dentaire sur le sport. Revue de la littérature. J Traumatol Sport. mars 2015;32(1):41-5.

12. Kipgen L, Kaux J-F, Rompen E, Hérion F. Relation entre hygiène bucco-dentaire et tendinopathies chez les sportifs. Sci Sports. sept 2016;31(4):227-9.

13. Wohlfeil M, Wehner J, Schacher B, Oremek GM, Sauer-Eppel H, Eickholz P. Degree of gingivitis correlates to systemic inflammation parameters. Clin Chim Acta Int J Clin Chem. mars 2009;401(1-2):105-9.

14. Barnett ML. The oral-systemic disease connection. J Am Dent Assoc. oct 2006;137:S5-6.

15. Société Française de Chirurgie Orale. Prise en charge des foyers infectieux bucco-dentaires. Médecine Buccale Chir Buccale. août 2012;18(3):251-314.

16. Li X, Kolltveit KM, Tronstad L, Olsen I. Systemic Diseases Caused by Oral Infection. Clin Microbiol Rev. oct 2000;13(4):547-58.

17. Inouye J, McGrew C. Dental problems in athletes. Curr Sports Med Rep. janv 2015;14(1):27-33.

18. Glendor U. Aetiology and risk factors related to traumatic dental injuries--a review of the literature. Dent Traumatol Off Publ Int Assoc Dent Traumatol. févr 2009;25(1):19-31.

19. Lamendin H. Odontologie du sport. 1 (26 octobre 2004). Cdp; 123 p. (Guide clinique).

20. BUZALAF MAR, HANNAS AR, KATO MT. Saliva and dental erosion. J Appl Oral Sci. 2012;20(5):493-502.

21. Coombes JS. Sports drinks and dental erosion. Am J Dent. avr 2005;18(2):101-4.

22. Hooper SM, Hughes JA, Newcombe RG, Addy M, West NX. A methodology for testing the erosive potential of sports drinks. J Dent. avr 2005;33(4):343-8.

23. Mathew T, Casamassimo PS, Hayes JR. Relationship between sports drinks and dental erosion in 304 university athletes in Columbus, Ohio, USA. Caries Res. août 2002;36(4):281-7.

24. Baghele ON, Majumdar IA, Thorat MS, Nawar R, Baghele MO, Makkad S. Prevalence of dental erosion among young competitive swimmers: a pilot study. Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ 1995. févr 2013;34(2):e20-24.

25. Thomas J, Walker TomWM, Miller S, Cobb A, Thomas S. The Olympic legacy: Journal metrics in sports medicine and dentistry. J Int Soc Prev Community Dent. 2016;6(6):501.

26. Oral health and performance impacts in elite and professional athletes - Gallagher - 2018 - Community Dentistry and Oral Epidemiology - Wiley Online Library [Internet]. [cité 3 oct 2019]. Disponible sur: https://onlinelibrary-wiley-com.scd-rproxy.u-strasbg.fr/doi/full/10.1111/cdoe.12392

27. Needleman I, Ashley P, Fine P, Haddad F, Loosemore M, de Medici A, et al. Oral health and elite sport performance: Table 1. Br J Sports Med. janv 2015;49(1):3-6.

28. Piccininni PM, Fasel R. Sports dentistry and the olympic games. J Calif Dent Assoc. 1 juin 2005;33:471-83.

29. Forrest JO. The dental condition of Olympic Games contestants--a pilot study, 1968. Dent Pract Dent Rec. nov 1969;20(3):95-101.

30. Vougiouklakis G, Tzoutzas J, Farmakis E-T, Farmakis E-E, Antoniadou M, Mitsea A. Dental data of the Athens 2004 Olympic and Paralympic Games. Int J Sports Med. nov 2008;29(11):927-33.

31. Needleman I, Ashley P, Petrie A, Fortune F, Turner W, Jones J, et al. Oral health and impact on performance of athletes participating in the London 2012 Olympic Games: a cross-sectional study. Br J Sports Med. 1 nov 2013;47(16):1054-8.

32. Soler Badia D, Batchelor PA, Sheiham A. The prevalence of oral health problems in participants of the 1992 Olympic Games in Barcelona. Int Dent J. févr 1994;44(1):44-8.

33. Yang X-J, Schamach P, Dai J-P, Zhen X-Z, Yi B, Liu H, et al. Dental service in 2008 Summer Olympic Games. Br J Sports Med. avr 2011;45(4):270-4.

34. Mouth protectors and sports team dentists. Bureau of Health Education and Audiovisual Services, Council on Dental Materials, Instruments, and Equip... - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 19 oct 2019]. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6146644

35. The International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Periodic Health Evaluation of Elite Athletes: March 2009 [Internet]. [cité 21 oct 2019]. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2742466/

36. Kragt L, Moen MH, Van Den Hoogenband C-R, Wolvius EB. Oral health among Dutch elite athletes prior to Rio 2016. Phys Sportsmed. 2019;47(2):182-8.

37. Randell S. Dental Trauma and Disease in 34 Professional Athletes. Phys Sportsmed. juin 1983;11(6):85-91.

38. Ljungberg G, Birkhed D. Dental caries in players belonging to a Swedish soccer team. Swed Dent J. 1990;14(6):261-6.

39. Callaghan MJ, Jarvis C. Evaluation of elite British cyclists: the role of the squad medical. Br J Sports Med. déc 1996;30(4):349-53.

40. Gay-Escoda C, Vieira-Duarte-Pereira D-M, Ardèvol J, Pruna R, Fernandez J, Valmaseda-Castellón E. Study of the effect of oral health on physical condition of professional soccer players of the Football Club Barcelona. Med Oral Patol Oral Cirugia Bucal. 1 mai 2011;16(3):e436-439.

41. Locker D, Quiñonez C. To what extent do oral disorders compromise the quality of life? Community Dent Oral Epidemiol. 2011;39(1):3-11.

42. Needleman I, Ashley P, Meehan L, Petrie A, Weiler R, McNally S, et al. Poor oral health including active caries in 187 UK professional male football players: clinical dental examination performed by dentists. Br J Sports Med. 1 janv 2016;50(1):41-4.

43. Yapıcı H, eroğlu oğuz, Ayan S, Baglar S, Memiş U, Dogan A. The relation between performance and oral health in male athletes. Eur Res J. 15 oct 2018;

44. Frese C, Wohlrab T, Sheng L, Kieser M, Krisam J, Frese F, et al. Clinical management and prevention of dental caries in athletes: A four-year randomized controlled clinical trial. Sci Rep [Internet]. 19 nov 2018 [cité 6 nov 2019];8. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6242938/

45. Foster Page LA, Thomson WM. Caries prevalence, severity, and 3-year increment, and their impact upon New Zealand adolescents' oral-health-related quality of life. J Public Health Dent. 2012;72(4):287-94.

46. Bastos RS, Carvalho ES, Xavier A, Caldana ML, Bastos JRM, Lauris JRP. Dental caries related to quality of life in two Brazilian adolescent groups: a cross-sectional randomised study. Int Dent J. juin 2012;62(3):137-43.

47. HUTTEPAIN M. Evaluation du risque carieux individuel et propositions de stratégies thérapeutiques en odontologie conservatrice chez l'adulte. Université de Nantes; 2010.

48. GALMICHE F. Le rôle de l'alimentation dans la santé bucco-dentaire. Université Henry Poincare-Nancy; 2011.

49. Savoir dépister et prévenir mauvaise alimentation et troubles du comportement alimentaire [Internet]. [cité 23 oct 2019]. Disponible sur: https://fr.dental-tribune.com/news/savoir-depister-et-prevenir-mauvaise-alimentation-et-troubles-du-comportement-alimentaire/

50. Fioretti F, Haïkel Y. Carie et sucres. Médecine Mal Métaboliques. oct 2010;4(5):543-9.

51. Newbrun E. Cariology. Chicago [Ill.: Quintessence; 1989.

52. Mobley CC. Nutrition and dental caries. Dent Clin North Am. avr 2003;47(2):319-36.

53. Sheiham A. Dietary effects on dental diseases. Public Health Nutr. avr 2001;4(2B):569-91.

54. Scheie A, Petersen F. The Biofilm Concept: Consequences for Future Prophylaxis of Oral Diseases? Crit Rev Oral Biol Med Off Publ Am Assoc Oral Biol. 1 févr 2004;15:4-12.

55. Role of Streptococcus mutans in human dental decay. [Internet]. [cité 18 déc 2019]. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC373078/?page=2

56. Maheswari SU, Raja J, Kumar A, Seelan RG. Caries management by risk assessment: A review on current strategies for caries prevention and management. J Pharm Bioallied Sci. août 2015;7(Suppl 2):S320-324.

57. Tenuta LMA, Cerezetti RV, Del Bel Cury AA, Tabchoury CPM, Cury JA. Fluoride release from CaF2 and enamel demineralization. J Dent Res. nov 2008;87(11):1032-6.

58. Johnson MF. The role of risk factors in the identification of appropriate subjects for caries clinical trials: design considerations. J Dent Res. 2004;83 Spec No C:C116-118.

59. Suneja E, Suneja B, Tandon B, Philip N. An overview of caries risk assessment: Rationale, risk indicators, risk assessment methods, and risk-based caries management protocols. Indian J Dent Sci. 1 janv 2017;9:210.

60. Hedrick Fink H, Mikesky A. Nutrition du sport. De Boeck Supérieur; 2018. 560 p.

61. Bigard X, Guezennec C-Y. Nutrition du sportif. 3è. Elsevier Masson; 2017. 288 p. (Sport).

62. AFSSA. AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments sur l'évaluation des besoins nutritionnels chez les personnes âgées fragiles ou atteintes de certaines pathologies afin de définir des références nutritionnelles permettant d'adapter leur prise en charge nutritionnelle. [Internet]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2008sa0279.pdf

63. ANSES. Actualisation des repères du PNNS : élaboration des références nutritionnelles [Internet]. 2016. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2012SA0103Ra-2.pdf

64. Potgieter S. Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sport Nutrition, the International Olympic Committee and the International Society for Sports Nutrition. South Afr J Clin Nutr. 1 janv 2013;26:6-16.

65. Saris WH, van Erp-Baart MA, Brouns F, Westerterp KR, ten Hoor F. Study on food intake and energy expenditure during extreme sustained exercise: the Tour de France. Int J Sports Med. mai 1989;10 Suppl 1:S26-31.

66. Louis J, Hausswirth C. Thème 4. Nutrition et santé bucco-dentaire du sportif. In: Nutrition et performance en sport : la science au bout de la fourchette [Internet]. Paris: INSEP-Éditions; 2018 [cité 26 mars 2020]. p. 105-13. (Recherche). Disponible sur: http://books.openedition.org/insep/1196

67. Burke LM, Hawley JA, Wong SHS, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. J Sports Sci. 2011;29 Suppl 1:S17-27.

68. A Study of the Glycogen Metabolism during Exercise in Man: Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation: Vol 19, No 3 [Internet]. [cité 13 janv 2020]. Disponible sur: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/00365516709090629

69. Bergström J, Hermansen L, Hultman E, Saltin B. Diet, muscle glycogen and physical performance. Acta Physiol Scand. nov 1967;71(2):140-50.

70. Galbo H, Holst JJ, Christensen NJ. The effect of different diets and of insulin on the hormonal response to prolonged exercise. Acta Physiol Scand. sept 1979;107(1):19-32.

71. Balsom PD, Wood K, Olsson P, Ekblom B. Carbohydrate intake and multiple sprint sports: with special reference to football (soccer). Int J Sports Med. 1999;20(1):48-52.

72. Koehler K, Geesmann B. Nutrition for Ultraendurance Exercise. In 2019. p. 521-31.

73. Ivy J, Katz A, Cutler C, Sherman W, Coyle E. Muscle glycogen synthesis after exercise: Effect of time of carbohydrate ingestion. J Appl Physiol Bethesda Md 1985. 1 mai 1988;64:1480-5.

74. Position statement. Part two: Maintaining immune health. - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 19 mars 2020]. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21446353

75. Nutritional practices of athletes: are they sub-optimal? - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 6 févr 2020]. Disponible sur: https://www-ncbi-nlm-nih-gov.scd-rproxy.u-strasbg.fr/pubmed/?term=Nutritional+practices+of+athletes%3A+Are+they+sub%E2%80%90optimal%3F

76. Burke LM, Slater G, Broad EM, Haukka J, Modulon S, Hopkins WG. Eating patterns and meal frequency of elite Australian athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. déc 2003;13(4):521-38.

77. van Erp-Baart AM, Saris WH, Binkhorst RA, Vos JA, Elvers JW. Nationwide survey on nutritional habits in elite athletes. Part I. Energy, carbohydrate, protein, and fat intake. Int J Sports Med. mai 1989;10 Suppl 1:S3-10.

78. Kimber NE, Ross JJ, Mason SL, Speedy DB. Energy balance during an ironman triathlon in male and female triathletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. mars 2002;12(1):47-62.

79. Ramos-Campo DJ, Ávila-Gandía V, Alacid F, Soto-Méndez F, Alcaraz PE, López-Román FJ, et al. Muscle damage, physiological changes, and energy balance in ultra-endurance mountain-event athletes. Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab. août 2016;41(8):872-8.

80. Broad EM, Rye LA. Do current sports nutrition guidelines conflict with good oral health? Gen Dent. déc 2015;63(6):18-23.

81. Arens U. Oral Health: diet and other factors. Nutr Bull. 1999;24(1):41-4.

82. Imfeld TN. Identification of low caries risk dietary components. Monogr Oral Sci. 1983;11:1-198.

83. Mandel ID. Impact of saliva on dental caries. Compend Newtown Pa Suppl. 1989;(13):S476-481.

84. Moynihan PJ, Kelly S a. M. Effect on caries of restricting sugars intake: systematic review to inform WHO guidelines. J Dent Res. janv 2014;93(1):8-18.

85. Burt BA, Eklund SA, Morgan KJ, Larkin FE, Guire KE, Brown LO, et al. The effects of sugars intake and frequency of ingestion on dental caries increment in a three-year longitudinal study. J Dent Res. nov 1988;67(11):1422-9.

86. A new understanding of the relationship between sugars, dental caries and fluoride use: implications for limits on sugars consumption. - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 18 mars 2020]. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24892213

87. Monitoring time-related trends in dental caries in permanent teeth in Japanese national surveys. - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 18 mars 2020]. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22420480

88. Moynihan P. Sugars and Dental Caries: Evidence for Setting a Recommended Threshold for Intake. Adv Nutr Bethesda Md. janv 2016;7(1):149-56.

89. Gustafsson BE, Quensel CE, Lanke LS, Lundqvist C, Grahnen H, Bonow BE, et al. The Vipeholm dental caries study; the effect of different levels of carbohydrate intake on caries activity in 436 individuals observed for five years. Acta Odontol Scand. sept 1954;11(3-4):232-64.

90. Expert Consultation on Diet, Nutrition, and the Prevention of Chronic Diseases, Weltgesundheitsorganisation, FAO, éditeurs. Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases: report of a WHO-FAO Expert Consultation ; [Joint WHO-FAO Expert Consultation on Diet, Nutrition, and the Prevention of Chronic Diseases, 2002, Geneva, Switzerland]. Geneva: World Health Organization; 2003. 149 p. (WHO technical report series).

91. Lun V, Erdman K, Fung T, Reimer R. Dietary Supplementation Practices in Canadian High-Performance Athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 1 févr 2012;22:31-7.

92. Lindeman AK. Eating and training habits of triathletes: a balancing act. J Am Diet Assoc. juill 1990;90(7):993-5.

93. Kirsch KA, von Ameln H. Feeding patterns of endurance athletes. Eur J Appl Physiol. 1981;47(2):197-208.

94. Maughan RJ, Shirreffs SM. Dehydration and rehydration in competative sport. Scand J Med Sci Sports. oct 2010;20 Suppl 3:40-7.

95. American College of Sports Medicine, Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. Med Sci Sports Exerc. févr 2007;39(2):377-90.

96. Hausswirth C, Rousseau V, Fosse A, Heulin A, Le Meur Y, Tiollier E. Thème 10. L'hydratation. In: Nutrition et performance en sport : la science au bout de la

fourchette [Internet]. Paris: INSEP-Éditions; 2018 [cité 9 avr 2020]. p. 327-37. (Recherche). Disponible sur: http://books.openedition.org/insep/1221

97. Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 1 avr 2020]. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8002117

98. Osterberg KL, Horswill CA, Baker LB. Pregame urine specific gravity and fluid intake by National Basketball Association players during competition. J Athl Train. févr 2009;44(1):53-7.

99. Jeukendrup A, Baker L. Thème 1. Glucides, boissons énergétiques et performance : stratégies pour les sports olympiques. In: Hausswirth C, éditeur. Nutrition et performance en sport : la science au bout de la fourchette [Internet]. Paris: INSEP-Éditions; 2018 [cité 5 avr 2020]. p. 31-7. (Recherche). Disponible sur: http://books.openedition.org/insep/1188

100. Ne confondez pas boisson énergisante et énergétique ! [Internet]. IRBMS. 2015 [cité 10 avr 2020]. Disponible sur: https://www.irbms.com/ne-confondez-pas-boisson-energisante-et-energetique/

101. Coombes JS, Hamilton KL. The effectiveness of commercially available sports drinks. Sports Med Auckl NZ. mars 2000;29(3):181-209.

102. Urdampilleta A, Gómez-Zorita S, Soriano JM, Martínez-Sanz JM, Medina S, Gil-Izquierdo A. Hydration and chemical ingredients in sport drinks: food safety in the European context. Nutr Hosp. 1 mai 2015;31(5):1889-99.

103. Boissons énergisantes | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 10 avr 2020]. Disponible sur: https://www.anses.fr/fr/content/boissons-%C3%A9nergisantes

104. Pinto SCS, Bandeca MC, Silva CN, Cavassim R, Borges AH, Sampaio JEC. Erosive potential of energy drinks on the dentine surface. BMC Res Notes. 19 févr 2013;6:67.

105. Société française de nutrition du sport. Avis et recommandations de la SFNS : Consommation de boisson énergisante chez le pratiquant d'activité physique ou sportive [Internet]. 2013. Disponible sur: https://www.nutritiondusport.fr/wp-content/uploads/2013/03/boissons-energisantes-avis-sfns-janvier-2013.pdf

106. Résultats de notre enquête sur les boissons énergisantes [Internet]. IRBMS. 2015 [cité 10 avr 2020]. Disponible sur: https://www.irbms.com/resultats-de-notre-enquete-sur-la-consommation-de-boissons-energisantes/

107. Milosevic A. Sports drinks hazard to teeth. Br J Sports Med. mars 1997;31(1):28-30.

108. Milosevic A, Kelly MJ, McLean AN. Sports supplement drinks and dental health in competitive swimmers and cyclists. Br Dent J. 26 avr 1997;182(8):303-8.

109. Bryant S, McLaughlin K, Morgaine K, Drummond B. Elite athletes and oral health. Int J Sports Med. sept 2011;32(9):720-4.

110. Sorvari R, Koskinen-Kainulainen M, Sorvari T, Luoma H. Effect of a sport drink mixture with and without addition of fluoride and magnesium on plaque formation, dental caries and general health of rats. Scand J Dent Res. déc 1986;94(6):483-90.

111. Lamendin H, Perez. Odonto-stomatologie et sport. 2006;18.

112. Devoize L, R D. Salivation. EMC - Médecine Buccale. 1 janv 2010;

113. Stookey GK. The effect of saliva on dental caries. J Am Dent Assoc 1939. mai 2008;139 Suppl:11S-17S.

114. Hicks J, Garcia-Godoy F, Flaitz C. Biological factors in dental caries: role of saliva and dental plaque in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 1). J Clin Pediatr Dent. 2003;28(1):47-52.

115. Felix DH, Luker J, Scully C. Oral medicine: 4. Dry mouth and disorders of salivation. Dent Update. déc 2012;39(10):738-43.

116. Coogan MM, Mackeown JM, Galpin JS, Fatti LP. Microbiological impressions of teeth, saliva and dietary fibre can predict caries activity. J Dent. nov 2008;36(11):892-9.

117. Frese C, Frese F, Kuhlmann S, Saure D, Reljic D, Staehle HJ, et al. Effect of endurance training on dental erosion, caries, and saliva. Scand J Med Sci Sports. 2015;25(3):e319-26.

118. Mulic A, Tveit AB, Songe D, Sivertsen H, Skaare AB. Dental erosive wear and salivary flow rate in physically active young adults. BMC Oral Health. 23 mars 2012;12:8.

119. Ljungberg G, Ericson T, Ekblom B, Birkhed D. Saliva and marathon running. Scand J Med Sci Sports. août 1997;7(4):214-9.

120. Steerenberg PA, van Asperen IA, van Nieuw Amerongen A, Biewenga A, Mol D, Medema GJ. Salivary levels of immunoglobulin A in triathletes. Eur J Oral Sci. août 1997;105(4):305-9.

121. Horswill CA, Stofan JR, Horn MK, Eddy DE, Murray R. Effect of exercise and fluid consumption on salivary flow and pH. Int J Sports Med. juin 2006;27(6):500-4.

122. Chicharro JL, Lucía A, Pérez M, Vaquero AF, Ureña R. Saliva composition and exercise. Sports Med Auckl NZ. juill 1998;26(1):17-27.

123. Tanabe M, Takahashi T, Shimoyama K, Toyoshima Y, Ueno T. Effects of rehydration and food consumption on salivary flow, pH and buffering capacity in young adult volunteers during ergometer exercise. J Int Soc Sports Nutr. 28 oct 2013;10:49.

124. Broughton D, Fairchild RM, Morgan MZ. A survey of sports drinks consumption among adolescents. Br Dent J. 24 juin 2016;220(12):639-43.

125. L'immunopathologie pour le praticien [Internet]. Disponible sur: http://www.cri-net.com/ckfinder/userfiles/files/formation/fichesImmuno/Chap_1.pdf

126. Hackney AC. Clinical management of immuno-suppression in athletes associated with exercise training: sports medicine considerations. Acta Med Iran. 2013;51(11):751-6.

127. How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 28 avr 2020]. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27535991

128. Gleeson M. Immune function in sport and exercise. J Appl Physiol. 1 août 2007;103(2):693-9.

129. Smith LL. Tissue trauma: the underlying cause of overtraining syndrome? J Strength Cond Res. févr 2004;18(1):185-93.

130. GUEZENNEC Y. Table ronde 3 : Sport et Immunité [Internet]. Disponible sur: https://studylibfr.com/doc/3230919/table-ronde-3---sport-et-immunité

131. Lancaster GI, Febbraio MA. Exercise and the immune system: implications for elite athletes and the general population. Immunol Cell Biol. févr 2016;94(2):115-6.

132. Tiollier E, Fosse A, Hausswirth C, Heulin A, Le Meur Y, Rousseau V. Thème 8. L'immunité. In: Nutrition et performance en sport : la science au bout de la fourchette [Internet]. Paris: INSEP-Éditions; 2018 [cité 23 avr 2020]. p. 301-9. (Recherche). Disponible sur: http://books.openedition.org/insep/1218

133. Activité physique : Contextes et effets sur la santé [Internet]. Les éditions INSERM; 2008. Disponible sur: http://www.ipubli.inserm.fr/bitstream/handle/10608/97/expcol_2008_activite.pdf?sequence=1

134. Cole MF, Arnold RR, Rhodes MJ, McGhee JR. Immune dysfunction and dental caries: a preliminary report. J Dent Res. mars 1977;56(3):198-204.

135. (PDF) Infographic. Nutrition and oral health in sport: Time for action [Internet]. ResearchGate. [cité 2 mai 2020]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/330550662_Infographic_Nutrition_and_oral_health_in_sport_Time_for_action