

UNIVERSITE DE STRASBOURG
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2022

N° 15

THÈSE

**Présentée pour le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire
le 4 mars 2022**

par

**Marie PERRIN
Née le 01/04/1995 à MULHOUSE**

LES METHODES DIAGNOSTIQUES DE L'HALITOSE

JURY

Président : Professeur Corinne TADDEI-GROSS

Asseseurs : Professeur Olivier HUCK

Docteur Damien OFFNER

Docteur Catherine PETIT

Membre invité : Docteur Yves REINGEWIRTZ

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE DE STRASBOURG

Doyen : Professeur Corinne TADDEI-GROSS

Doyens honoraires : Professeur Robert FRANK

Professeur Maurice LEIZE

Professeur Youssef HAIKEL

Professeur émérite : Professeur Henri TENENBAUM

Responsable des Services Administratifs : Mme Marie-Renée MASSON

Professeurs des Universités

Vincent BALL	Ingénierie Chimique, Energétique - Génie des Procédés
Agnès BLOCH-ZUPAN	Sciences Biologiques
François CLAUSS	Odontologie Pédiatrique
Jean-Luc 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	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie

Délégation (Juin 2024)

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
Claire EHLINGER	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Olivier ETIENNE	Prothèses
Gabriel FERNANDEZ DE GRADO	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Florence FIORETTI	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Catherine-Isabelle GROS	Sciences Anatomiques et Physiologiques - Biophysique - Radiologie
Sophie JUNG	Sciences Biologiques
Nadia LADHARI	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique

Disponibilité (Déc. 2021)

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	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

À Madame le Professeur Corinne Taddei-Gross, Présidente du Jury,

Je vous remercie de m'avoir fait le très grand honneur d'accepter la présidence de ce jury. Après avoir dirigé la thèse de mon père, il m'a semblé évident de vous proposer de présider la mienne et je n'aurais pas pu imaginer une autre personne que vous.

Votre investissement, non seulement en tant que chirurgien-dentiste, mais aussi en tant que Doyen de la faculté, sont un exemple. Merci de nous avoir transmis vos connaissances et votre passion en prothèse amovible depuis notre arrivée en P2, jusqu'aux travaux pratiques en clinique.

Veuillez trouver, à travers ce I, l'expression de ma sincère estime et de ma reconnaissance à votre égard.

À Monsieur le Professeur Olivier Huck, Directeur de thèse,

Je vous remercie en premier lieu de m'avoir fait l'honneur d'accepter la direction de ma thèse, notamment pour votre disponibilité, votre patience et le temps que vous y avez investi qui m'ont permis de mener à bien ce travail.

Je me permets de vous exprimer ma profonde estime pour vos précieux enseignements théoriques et pratiques en parodontologie, durant toutes ces années d'études. Je vous suis particulièrement reconnaissante pour votre bonne humeur, notamment durant l'Oberreinerische de Bâle.

Pour tout cela, je vous présente ma profonde gratitude.

À Monsieur le Docteur Damien Offner, membre du Jury,

Je vous remercie chaleureusement d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Je vous présente sincèrement toute ma sympathie et mon estime pour l'enseignement que vous nous avez prodigué tout au long de ces années. Notamment durant les vacances de CASU, où vous avez instauré un climat de confiance et de bonne humeur, qui ont été très formatrices. Je vous en suis très reconnaissante.

À Madame le Docteur Catherine Petit, membre du Jury,

Je vous remercie sincèrement d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Je garde spécialement en mémoire votre rigueur et votre gentillesse, qui m'ont été d'une grande aide durant mon stage d'été en clinique de D1, mais surtout durant votre enseignement théorique de qualité.

Veillez trouver ici l'assurance de mon profond respect.

À Monsieur le Docteur Yves Reingewirtz, membre invité du Jury,

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse comme membre invité.

Nous n'avons pas eu l'occasion de travailler ensemble, je me permets tout de même de vous remercier de l'intérêt que vous portez au sujet.

À toi, mon très cher papa, bien plus qu'un père, tu as été pour moi un modèle et mon meilleur ami. C'est en suivant ton exemple que je me suis retrouvée à rédiger cette thèse. Je te remercie de m'avoir ouvert la voie vers la dentisterie, mais surtout pour avoir rendu ma vie douce, belle et lumineuse. Je continue à vivre selon ta philosophie, chérir les personnes qu'on aime, apprécier les bonheurs simples et vivre la musique. Aujourd'hui est donc un jour de bonheur et comme à chaque fois je pense à toi en espérant que tu sois fier. Je t'aime.

À ma mère, merci d'être toujours « team Marie ». Grâce à toi, je suis forte et indépendante. Avec ton amour et ta confiance j'ai pu trouver le courage et la motivation d'avancer dans mes études et dans ma vie. Ce manuscrit est l'accomplissement de ces années et c'est en partie grâce à toi qu'il existe. Merci maman.

À mon frère Jean-Patrick, pour toutes ces années de chamaillerie, nous sommes solidaires et nous pouvons compter l'un sur l'autre, ce qui a été pendant ma rédaction un véritable soulagement et ce qui sera indispensable pour le reste de ma vie. Ton côté vieux sage et à l'inverse ton audace sont des guides pour ta petite sœur.

À Thomas, l'amour de ma vie, merci d'avoir remis de la couleur dans ma vie et de toujours croire en moi. Tu m'as motivé chaque jour pour la rédaction de ma thèse, sans toi j'en serais toujours à l'introduction et ma conclusion n'aurait aucun sens. J'ai hâte de vivre le reste de ma vie avec toi qui sera, sans aucun doute, remplie de bonheur, d'amour, de rire, de voyages, de restaurants et de chiens, beaucoup de chiens. Je t'aime tellement.

À ma famille, merci pour vos encouragements et votre soutien durant la rédaction de cette thèse mais aussi durant ma vie. Dans les bons moments comme dans les mauvais, vous avez été là pour l'enfant que j'ai été et pour la femme que je vais devenir. Je repense à tout le bonheur qu'on a vécu ensemble et je me réjouis à l'idée que nous en avons encore pleins à vivre. Spécial dédicace :

À Robert, qui se reconnaîtra, avec toi comme marraine de thèse, mes premiers pas dans le monde des adultes ne peuvent que bien se passer.

À mon parrain et ma marraine, Bobby et Martine, vous avez été là depuis le début de mon éducation où j'apprenais à parler et à écrire, jusqu'à maintenant où j'espère avoir correctement mis en application ces apprentissages. Merci à vous d'être présents à mes côtés.

À Hélène et Romana, mes confidentes de toujours. Vous êtes pour moi deux anges, voir petits démons, m'éclairant sur la vie. Merci pour tous vos conseils donnés, sans jugement, et pour tout l'amour inconditionnel que j'ai reçu de votre part.

Aux L et J des LMJ, bientôt 7 ans qu'on se connaît, pourtant j'ai l'impression que vous avez été là depuis toujours. Notre amitié est une évidence. Merci de m'avoir soutenu, de m'avoir fait rire, d'avoir cru en moi et surtout d'avoir apporté la bienveillance, l'amour, la joie et l'optimisme nécessaires pour me reconstruire. À tous nos TP, les soirées, les week-ends, les vacances et à tous ces moments de profonds bonheurs qui nous restent à vivre ensemble. Je serais toujours là pour vous deux, quoi qu'il arrive.

À ma très chère Laura, qui doit encore saigner des yeux après la relecture de ma thèse, merci pour ces moments hilarants passés avec toi depuis la PACES, et merci d'être mon Évangeline, cette étoile qui quoi qu'il arrive brille dans ma vie.

À ma famille de cœur, mes amis, pour le bonheur qui remplit mon cœur en votre présence, pour votre gentillesse et votre générosité : merci de transformer un simple restaurant, une bière en terrasse ou une soirée en un moment inoubliable.

À Fifi, ma complice.

UNIVERSITE DE STRASBOURG
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2022

N°

THÈSE

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

le

par

Marie PERRIN

Née le 01/04/1995 à Mulhouse

LES METHODES DIAGNOSTIQUES DE L'HALITOSE

JURY

Président : Professeur Corinne TADDEI-GROSS

Asseseurs : Professeur Olivier HUCK

Docteur Catherine PETIT

Docteur Damien OFFNER

Docteur Yves REINGEWIRTZ

Table des matières

1. INTRODUCTION	10
2. L'HALITOSE	12
2.1. Définition	12
2.1.1. Classification par Yaegaki, Coil et Miyazaki modifiée par Tangerman et Winckel	13
2.1.1.1. L'halitose vraie	13
2.1.1.1.1. L'halitose physiologique	13
2.1.1.1.2. L'halitose pathologique	14
2.1.1.1.2.1. INTRA-ORALE	14
2.1.1.1.2.2. EXTRA-ORALE	15
2.1.1.2. Pseudo-halitose	16
2.1.1.3. Halitophobie	16
2.1.2. Classification étiologique	17
2.1.2.1. Type 0 : halitose physiologique	18
2.1.2.2. Type 1 : Halitose orale	18
2.1.2.3. Type 2 : Halitose des voies respiratoires	18
2.1.2.4. Type 3 : Halitose gastro-œsophagienne	19
2.1.2.5. Type 4 : Halitose hématogène	19
2.1.2.6. Type 5 : Halitose subjective	19
2.2. Épidémiologie	19
2.2.1. Prévalence de l'halitose	19
2.2.2. Origine de l'halitose	20
2.2.3. Prévalence homme/femme	21
2.2.4. Demande de prise en charge	22
3. L'ÉTIOLOGIE DE L'HALITOSE	23
3.1. Étiologie chimique de l'halitose	23
3.1.1. Les constituants de l'air expiré	23
3.1.2. Les composés organiques volatils : COV	24
3.1.2.1. Les composés sulfurés volatils : CSV	25
3.1.2.2. Les diamines	26
3.1.2.3. Les composés aromatiques volatils : indole et scatol	26
3.1.2.4. Les acides organiques à chaînes courtes	27
3.1.2.5. Les alcools	27

3.1.2.6.	Les cétones.....	27
3.1.2.7.	Les dérivés azotés : urée et ammoniac	27
3.1.2.8.	Le sulfure d'allyl et méthyle et le sulfure de méthyle et de propyle	28
3.1.3.	Mécanisme de création des molécules volatiles odorantes.....	28
3.1.3.1.	Le substrat.....	28
3.1.3.2.	Les bactéries	29
3.1.3.3.	L'environnement de prolifération bactériennes et production de molécules odorantes ...	32
3.1.3.4.	Les facteurs physico-chimiques	33
3.2.	Étiologie locale : halitose intra-orale	33
3.2.1.	Salive.....	33
3.2.2.	Plaque dentaire et hygiène dentaire	34
3.2.3.	Osseux	35
3.2.4.	Dentaire.....	35
3.2.4.1.	Pathologies carieuses.....	35
3.2.4.2.	Pathologies inflammatoires et infectieuses	35
3.2.4.3.	Anatomie.....	36
3.2.5.	Parodontale	36
3.2.6.	Prothétique.....	37
3.2.7.	Langue	38
3.2.8.	Muqueuses	39
3.2.9.	Piercing.....	39
3.3.	Étiologie locorégionale et générale : source extra-orale	40
3.3.1.	L'âge	40
3.3.2.	L'anatomique.....	40
3.3.3.	La respiration buccale.....	41
3.3.4.	Les pathologies pulmonaires et des voies aériennes	42
3.3.4.1.	Les pathologies des voies aériennes supérieures ou de la sphère ORL	42
3.3.4.2.	Les pathologies des voies aériennes inférieures.....	43
3.3.5.	Les pathologies gastro-intestinales	44
3.3.6.	Les pathologies hépatiques	46
3.3.7.	Les pathologies rénales	46
3.3.8.	La leucémie.....	47
3.3.9.	Les pathologies systémiques ou hormonales	47
3.3.10.	Les maladies auto-immunes	48
3.3.10.1.	Le syndrome de Sjögren.....	48
3.3.10.2.	La polyarthrite rhumatoïde.....	48
3.3.10.3.	Le lupus érythémateux disséminé	48

3.3.11.	La prise de médicaments et de traitements	49
3.3.12.	Le jeûne	50
3.3.13.	L'alimentation	50
3.3.14.	Le tabac.....	51
3.3.15.	La pyrexie.....	51
3.3.16.	Les troubles psychologiques	52
4.	LES MÉTHODES DE DIAGNOSTICS DE L'HALITOSE	53
4.1.	Examen clinique.....	53
4.1.1.	Les instructions préalables	58
4.1.2.	Anamnèse	58
4.1.2.1.	Questionnaire sur l'état de santé général.....	58
4.1.2.2.	Questionnaire sur les habitudes concernant l'état dentaire	59
4.1.2.3.	Questionnaire sur l'halitose	60
4.1.3.	Examen exobuccal	60
4.1.4.	Examen endobuccal.....	61
4.1.4.1.	Muqueuse, tissus mous, langue.....	61
4.1.4.2.	Hygiène bucco-dentaire	64
4.1.4.3.	Parodonte	64
4.1.4.4.	Dentaire	66
4.1.4.5.	Soins et restaurations présents.....	66
4.1.4.6.	Prothèses amovibles	66
4.1.4.7.	Salive	67
4.1.5.	Examens radiographiques	68
4.1.6.	Examens complémentaires	69
4.2.	Méthodes subjectives d'évaluation de l'halitose	69
4.2.1.	Évaluation organoleptique ou test organoleptique ou mesure hédonique	69
4.2.1.1.	Description de l'évaluation organoleptique.....	69
4.2.1.2.	L'odorat.....	70
4.2.1.3.	Préparation du test organoleptique	70
4.2.1.4.	Échelles de mesure de la technique organoleptique	71
4.2.1.5.	Protocole clinique du test organoleptique	73
4.2.1.6.	Comparaison du test organoleptique avec d'autres méthodes de diagnostic de l'halitose	75
4.2.1.7.	Avantages et inconvénients du test organoleptique	75
4.2.2.	L'autodiagnostic	76
4.2.3.	Technique de la pression négative ou méthode Kim	78
4.2.3.1.	Description de la méthode Kim.....	78

4.2.3.2.	Principe de la méthode Kim	78
4.2.3.3.	Protocole clinique de la méthode Kim	78
4.2.3.4.	Comparaison de la méthode Kim avec d'autres méthodes de diagnostic de l'halitose.....	79
4.2.3.5.	Avantages et inconvénients de la méthode Kim.....	80
4.2.4.	Test d'incubation salivaire	80
4.2.4.1.	Description du test d'incubation salivaire.....	80
4.2.4.2.	Protocole clinique du test d'incubation salivaire.....	81
4.2.4.3.	Comparaison : test d'incubation salivaire avec d'autres méthodes de diagnostic	81
4.2.4.4.	Avantages et inconvénients du test d'incubation salivaire.....	81
4.3.	Méthodes objectives d'évaluation de l'halitose	82
4.3.1.	Chromatographie en phase gazeuse	82
4.3.1.1.	Description de la chromatographie en phase gazeuse	82
4.3.1.2.	Principe physique de la chromatographie en phase gazeuse	83
4.3.1.3.	Matériel utilisé : le chromatographe en phase gazeuse	84
4.3.1.4.	Protocole clinique de la chromatographie en phase gazeuse.....	86
4.3.1.5.	Avantages et inconvénients de la chromatographie en phase gazeuse	87
4.3.2.	Chromatographie en phase gazeuse portative : l'OralChroma	87
4.3.2.1.	Description de l'OralChroma.....	87
4.3.2.2.	Principe physique de l'OralChroma.....	88
4.3.2.3.	Matériel utilisé : l'OralChroma.....	89
4.3.2.4.	Protocole clinique de l'OralChroma	94
4.3.2.5.	Comparaison de l'OralChroma avec d'autres méthodes de diagnostic de l'halitose.....	97
4.3.2.6.	Avantages et inconvénients de l'OralChroma.....	97
4.3.3.	Analyse des composés sulfurés	98
4.3.3.1.	Description de l'analyse des composés sulfurés	98
4.3.3.2.	Principe physique de l'analyse des composés sulfurés.....	98
4.3.3.3.	Appareils utilisés pour l'analyse des composés sulfurés.....	99
4.3.3.3.1.	L'halimètre.....	99
4.3.3.3.2.	HaliSens	102
4.3.3.3.3.	Breath-Alert.....	103
4.3.3.3.4.	Breathtron	104
4.3.3.3.5.	B/B Checker	105
4.3.3.4.	Comparaison : analyse des composés sulfurés avec d'autres méthodes de diagnostic	107
4.3.3.5.	Avantages et inconvénients de l'analyse des composés sulfurés	108
4.3.4.	Test BANA.....	110
4.3.4.1.	Description du test BANA.....	110
4.3.4.2.	Principe physique du test BANA	110

4.3.4.3.	Protocole clinique du test BANA	110
4.3.4.4.	Comparaison du test BANA avec d'autres méthodes de diagnostic de l'halitose.....	111
4.3.4.5.	Avantages et inconvénients du test BANA.....	111
4.3.5.	Quantification de l'activité bêta-galactosidase	112
4.3.5.1.	Description de la quantification de l'activité bêta-galactosidase	112
4.3.5.2.	Principe physique de la quantification de la bêta-galactosidase	112
4.3.5.3.	Protocole clinique de la quantification de la bêta-galactosidase.....	113
4.3.5.4.	Comparaison : quantification β -galactosidase avec d'autres méthodes de diagnostic	114
4.3.5.5.	Avantages et inconvénients de la quantification de la bêta-galactosidase	115
4.3.6.	Détecteurs d'ammoniac	116
4.3.6.1.	Description du détecteur d'ammoniac	116
4.3.6.2.	Principe physique du détecteur d'ammoniac	116
4.3.6.3.	Matériel utilisé : détecteur d'ammoniac.....	116
4.3.6.4.	Protocole clinique du détecteur d'ammoniac.....	116
4.3.6.5.	Comparaison du détecteur d'ammoniac avec d'autres méthodes de diagnostic.....	117
4.3.6.6.	Avantages et inconvénients du détecteur d'ammoniac	117
4.3.7.	Détecteurs à amines.....	118
4.3.7.1.	La méthode à ninhydrine	118
4.3.7.1.1.	Description de la méthode à ninhydrine	118
4.3.7.1.2.	Principe physique de la méthode à ninhydrine	118
4.3.7.1.3.	Protocole clinique de la méthode à ninhydrine	118
4.3.7.1.4.	Comparaison de la méthode à ninhydrine avec d'autres méthodes de diagnostic	119
4.3.7.1.5.	Avantages et inconvénients de la méthode à ninhydrine	119
4.3.7.2.	Test colorimétrique au fauteuil.....	120
4.3.7.2.1.	Description du test colorimétrique	120
4.3.7.2.2.	Principe physique du test colorimétrique	120
4.3.7.2.3.	Protocole clinique du test colorimétrique.....	121
4.3.7.2.4.	Comparaison du test colorimétrique avec d'autres méthodes de diagnostic.....	121
4.3.7.2.5.	Avantages et inconvénients du test colorimétrique.....	121
4.3.8.	Réaction en chaîne par polymérase PCR en temps réel.....	122
4.3.8.1.	Description de la PCR en temps réel	122
4.3.8.2.	Matériel utilisé pour la PCR en temps réel.....	122
4.3.8.3.	Protocole clinique de la PCR en temps réel	122
4.3.8.4.	Comparaison de la méthode PCR avec d'autres méthodes de diagnostic de l'halitose	123
4.3.8.5.	Avantages et inconvénients de la méthode PCR en temps réel.....	124
4.3.9.	Quantification microbienne.....	124
4.3.9.1.	Description de la quantification microbienne.....	124
4.3.9.2.	Principe physique de la quantification microbienne.....	124

4.3.9.3.	Comparaison de la quantification microbienne avec d'autres méthodes de diagnostic ...	126
4.3.9.4.	Avantages et inconvénients de la quantification microbienne.....	126
4.3.10.	La cystéine challenge testing	126
4.3.10.1.	Description de la cystéine challenge testing.....	126
4.3.10.2.	Principe physique de la cystéine challenge testing.....	127
4.3.10.3.	Matériel utilisé pour la cystéine challenge testing et protocole clinique	128
4.3.10.4.	Avantages et inconvénients de la cystéine challenge testing.....	130
4.3.11.	Détecteurs enzymatiques : bio-sniffer et bio détecteur.....	130
4.3.11.1.	Description des détecteurs enzymatiques.....	130
4.3.11.2.	Principe physique des détecteurs enzymatiques.....	131
4.3.11.3.	Matériel utilisé : les détecteurs enzymatiques	131
4.3.11.4.	Protocole clinique des détecteurs enzymatiques	133
4.3.11.5.	Avantages et inconvénients des détecteurs enzymatiques	134
4.3.12.	La turbidité de l'eau de rinçage de bouche	135
4.3.12.1.	Description de l'analyse de la turbidité de l'eau de rinçage de bouche	135
4.3.12.2.	Principe physique de la turbidité de l'eau.....	135
4.3.12.3.	Matériel utilisé pour l'analyse de la turbidité de l'eau	136
4.3.12.4.	Protocole clinique de l'analyse de la turbidité de l'eau	136
4.3.12.5.	Comparaison de la turbidité avec d'autres méthodes de diagnostic de l'halitose	136
4.3.12.6.	Avantages et inconvénients de l'analyse de la turbidité de l'eau.....	137
4.3.13.	Le nez électronique.....	137
4.3.13.1.	Description du nez électronique	137
4.3.13.2.	Principe du nez électronique	138
4.3.13.3.	Matériel utilisé pour le nez électronique.....	138
4.3.13.4.	Protocole clinique du nez électronique	138
4.3.13.5.	Comparaison du nez électronique avec d'autres méthodes de diagnostic de l'halitose ...	139
4.3.13.6.	Avantages et inconvénients du nez électronique	139
4.3.14.	Olfaction artificiellement intelligente.....	139
4.3.14.1.	Description de l'olfaction artificiellement intelligente	139
4.3.14.2.	Principe physique de l'olfaction artificiellement intelligente	140
4.3.14.3.	Avantages et inconvénients de l'olfaction artificiellement intelligente.....	141
4.4.	Questionnaire d'évaluation de l'état psychologique.....	142
4.4.1.	Description du questionnaire d'évaluation de l'état psychologique.....	142
4.4.2.	Questionnaire d'évaluation de l'état psychologique.....	142
4.4.3.	Interprétation des questions.....	146
4.4.4.	Avantages et inconvénients du questionnaire évaluant l'état psychologique	147
4.5.	Prise en charge générale du premier rendez-vous d'halitose dans le but du diagnostic	147

5. CONCLUSION	149
6. Annexe	151
7. BIBLIOGRAPHIE	159

Table des illustrations

<i>FIGURE 1 : SCHEMA DE LA PRODUCTION DE CSV PAR LES BACTERIES A PARTIR DES GLYCOPROTEINES : (2)(9)(17)</i>	<i>30</i>
<i>FIGURE 2 : TABLEAU DES DIFFERENTS MICRO-ORGANISMES INTERVENANT DANS LA PRODUCTION DE MAUVAISES ODEURS. (30)</i>	<i>31</i>
<i>FIGURE 3 : TABLEAU DE LA PRODUCTION DES CSV PAR LES BACTERIES A PARTIR D'UN SUBSTRAT. (30)</i>	<i>31</i>
<i>FIGURE 4 : SCHEMA DU DIVERTICULE DE ZENCKER (2)</i>	<i>41</i>
<i>FIGURE 5 : SCHEMA DE LA PRISE EN CHARGE CHEZ UN CHIRURGIEN-DENTISTE D'UN PATIENT VENANT EN CONSULTATION D'HALITOSE (19).....</i>	<i>54</i>
<i>FIGURE 6 : SCHEMA DE L'ORIGINE DES MOLECULES ODORANTES (26)</i>	<i>55</i>
<i>FIGURE 7 : QUANTITE DES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS PRODUITS PATHOLOGIQUEMENT RESULTANT DU METABOLISME DE 16 MALADIES SYSTEMIQUES. (26).....</i>	<i>57</i>
<i>FIGURE 8 : SCHEMA DES 6 REGIONS LINGUALES SELON WINKEL ET AL. (2)</i>	<i>63</i>
<i>FIGURE 9 : PHOTOGRAPHIE DU DEROULEMENT DU TEST ORGANOLEPTIQUE : TECHNIQUE DE LA PRESSION NEGATIVE, A : SERINGUE, B : SERINGUE SOUS VIDE, C : PRELEVEMENT DE L'ECHANTILLON, D : ANALYSE DE L'HALEINE. (65)</i>	<i>79</i>
<i>FIGURE 10 : CHROMATOGRAMME REPRESENTANT EN 1 LE SULFURE D'HYDROGENE EN 2 LE METHYLMERCAPTAN EN 3 LE DIMETHYLSULFURE. ON RETROUVE 4 CHROMATOGRAMMES DE (A) L'HALEINE INTRA-ORALE ET (B) INTRA-NASALE D'UN PATIENT SOUFFRANT D'HALITOSE INTRA-ORALE ET DE (C) L'HALEINE INTRA-ORALE ET (D) INTRA-NASALE D'UN PATIENT SOUFFRANT D'HALITOSE EXTRA-ORALE. (45).....</i>	<i>84</i>
<i>FIGURE 11 :</i>	<i>86</i>
<i>FIGURE 12 : SCHEMA D'UN APPAREIL DE CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE. (2)</i>	<i>86</i>
<i>FIGURE 13 : SCHEMA D'UN APPAREIL ORALCHROMA (72)</i>	<i>89</i>
<i>FIGURE 14 : PHOTOGRAPHIE D'UN ORALCHROMA (CHM-1) (32)</i>	<i>90</i>
<i>FIGURE 15 : CHROMATOGRAMME D'UN PATIENT SOUFFRANT D'HALITOSE INTRA-ORALE AVANT (A GAUCHE) ET APRES TRAITEMENT (A DROITE). (MM=METHYLMERCAPTAN, DMS = DIMETHYLSULFURE, H2S=SULFURE D'HYDROGENE, A=PICS DE FOND)(45)</i>	<i>90</i>
<i>FIGURE 16 : CHROMATOGRAMME D'UN PATIENT SOUFFRANT D'HALITOSE EXTRA-ORALE HEMATOGENE (MM=METHYLMERCAPTAN, DMS = DIMETHYLSULFURE, H2S=SULFURE D'HYDROGENE, A=PICS DE FOND) (45).....</i>	<i>91</i>
<i>FIGURE 17 : PHOTOGRAPHIE D'UN ORALCHROMA (CHM-2) (67)</i>	<i>92</i>
<i>FIGURE 18 : CHROMATOGRAMME ERRONE A DROITE EN RAISON D'UNE MAUVAISE ATTRIBUTION DES PICS COMPARES AU CHROMATOGRAMME CORRECT A GAUCHE. LES POINTILLES REPRESENTENT LES VALEURS VRAIES DE 1=SULFURE D'HYDROGENE 2=METHYLMERCAPTAN, 3 = DIMETHYLSULFURE (45).....</i>	<i>92</i>
<i>FIGURE 19 : COMPARAISON DE 2 CHROMATOGRAMMES OBTENUS PAR ORALCHROMA CHM-1 ET CHM-2 (67).....</i>	<i>94</i>
<i>FIGURE 20 : CHROMATOGRAMME D'UN ORALCHROMA CHM-1 AFFICHANT LA CONCENTRATION DES CSV (32).....</i>	<i>96</i>

FIGURE 21 : RELATION LINEAIRE ENTRE LE VOLUME INJECTE ET LA HAUTEUR DES PICS. (45)	96
FIGURE 22 : CHROMATOGRAMMES ERRONES EN RAISON D'UN PROBLEME DE LOGICIEL ET DE L'UTILISATION DE SERINGUE A ANNEAU EN CAOUTCHOUC : APPARITION D'UN LARGE PIC. SUR LA GAUCHE : UN PATIENT SAIN SUR LA DROITE : PATIENT SOUFFRANT D'HALITOSE EXTRA-ORALE. (1=SULFURE D'HYDROGENE 2=METHYLMERCAPTAN, 3 = DIMETHYLSULFURE) (45)	96
FIGURE 23 : PHOTO D'UN HALIMETRE (9)	102
FIGURE 24 : HALIGRAMME (32)	102
FIGURE 25 : PHOTO D'UN HALISENS TM (9)	103
FIGURE 26 : PHOTO DU BREATH-ALERT (56)	104
FIGURE 27 : ECHELLE DE SCORE DU BREATH-ALERT (56)	104
FIGURE 28 : PHOTO D'UN B/B CHECKER. A : CORPS PRINCIPAL CONTENANT UNE IMPRIMANTE. B : MESURE INTRA-ORALE. C : MESURE INTRA-NASALE. (75)	106
FIGURE 29 : TEST DE LA BETA GALACTOSIDASE (58)	114
FIGURE 30 : COMPARAISON D'UN ECHANTILLON AVEC L'ECHELLE DE COULEUR (78)	120
FIGURE 31 : MILIEU DE CULTURE D'UN ECHANTILLON SALIVAIRE AVEC DES IONS METALLIQUES. (58)	125
FIGURE 32 : COLONIES DE BACTERIES PRODUCTRICES DES CSV INDIVIDUALISES EN NOIR PAR DU SEL DE FER, VU AU MICROSCOPE. (58)	125
FIGURE 33 : SCHEMA DE LA PRODUCTION DE SULFURE D'HYDROGENE A PARTIR DE CYSTEINE. (52)	127
FIGURE 34 : GRAPHIQUE REPRESENTANT LA COURBE DE CSV PRODUIT ET LA COURBE DU POTENTIEL D'OXYDOREDUCTION EN FONCTION DU TEMPS APRES RINÇAGE DE 5ML DE SOLUTION DE 6MMOL DE CYSTEINE. (52)	128
FIGURE 35 : ODOROGRAMME COMPARANT L'EFFICACITE AU COURS DU TEMPS DES BROSSAGES : DE LA MOITIE ANTERIEURE DE LA LANGUE, DE LA MOITIE POSTERIEURE DE LA LANGUE, DE TOUTE LA LANGUE (52)	129
FIGURE 36 : SCHEMA DE L'AMPLIFICATION DU METHYLMERCAPTAN APRES CATALYSE PAR L'ENZYME MAO-A. (85)	132
FIGURE 37 : SCHEMA D'UN BIO-DETECTEUR A MONOAMINE OXYDASE DE TYPE A. (84)	133
FIGURE 38 : SAC POUR REALISER LE PRELEVEMENT INTRA-ORAL (84)	134
FIGURE 39 : DIAGRAMME OBTENU APRES UTILISATION D'UN BIO-SNIFFER (85)	134
FIGURE 40 : PHOTO D'UN TURBIDIMETRE (43)	136
FIGURE 41 : SCHEMA DU PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'OLFACTION ARTIFICIELLEMENT INTELLIGENTE. (26)	141
FIGURE 42 : QUESTIONNAIRE D'EVALUATION GENERALE, DENTAIRE, HALITOSE ET PSYCHOLOGIQUE DE YAEGAKI ET AL. (92)	145

1. INTRODUCTION

L'halitose, plus communément appelée la mauvaise haleine, est une situation pouvant être handicapante qui se caractérise par la diffusion d'odeurs nauséabondes. Elle n'occasionne pas de douleur physique, mais pour certains, elle peut constituer une souffrance psychologique. Un isolement social de 2 types en est la conséquence. Tout d'abord un isolement volontaire : ces personnes auront tendance à s'exclure d'elles-mêmes en évitant les interactions sociales, par peur de dégouter autrui. À cela s'ajoute un isolement subi : les proches des individus souffrant d'halitose éviteront les contacts du fait de la gêne occasionnée. Une étude s'intéressant à cet isolement subi a été réalisée au Nigeria en 2019 et précise que 83,5 % des 370 personnes interrogées ont déclaré prendre une grande ou une moyenne distance envers les personnes ayant mauvaise haleine. (1)

Nous vivons actuellement dans un monde où le culte de l'esthétique est au centre de nos questionnements sociaux. L'halitose est considérée comme une honte, elle est souvent tardivement repérée en raison de la difficulté du diagnostic. Néanmoins, la demande en soin est très importante quand on constate le nombre de produits vendus en commerce promettant une haleine plus fraîche. À noter que près de cinq milliards de dollars dans le monde seraient dépensés dans des produits qui ne feraient que masquer ces mauvaises odeurs. (2)

Hormis ce problème social, l'halitose peut être le symptôme de maladies plus graves comme des infections de la sphère orale, naso-sinusienne, amygdalienne ou pulmonaire. Dans de rares cas, elle est la conséquence d'une pathologie gastro-intestinale, voire d'une pathologie tumorale. Il est donc essentiel de correctement la diagnostiquer et de bien définir son étiologie. (2)

L'importance d'une bonne haleine n'est pas une problématique récente. En effet, dans le Cantique des Cantiques, un poème vieux de 3000 ans, le roi Salomon vante les qualités d'une femme, dont son haleine à l'odeur du lait et du miel. (3) Il est intéressant de signaler qu'il y a 2000 ans, la mauvaise haleine était même un motif de divorce selon le droit talmudique. (4)

Néanmoins, il faudra attendre 1995 pour que soit créée l'International Society for Breath Odour Research (ISBOR) qui réunit différents scientifiques et cliniciens des domaines de l'ORL, de la dentisterie et gastro-entérologie permettant ainsi à ces professionnels d'échanger et de coordonner les recherches sur l'étiologie, les moyens diagnostiques et les traitements de l'halitose. (5)

Savoir diagnostiquer l'halitose doit donc faire partie de la prise en charge du chirurgien-dentiste. C'est pourquoi, dans un premier temps, nous étudierons la définition de l'halitose, son épidémiologie et les constituants de l'haleine. Nous exposerons ensuite les différentes étiologies de l'halitose : locale, locorégionale et générale. Pour finir, nous décrirons les moyens techniques de son diagnostic et nous proposeront un tableau comparatif de ces dernières.

2. L'HALITOSE

2.1. Définition

L'halitose est le terme scientifique désignant la mauvaise odeur émanant de la cavité buccale ou nasale ayant une intensité dépassant le seuil socialement acceptable. Cette condition, touchant n'importe qui, peut affecter les relations sociales. (6)(7) L'halitose n'est pas une maladie, mais un symptôme pouvant être la conséquence d'une pathologie intra-orale, plus rarement celle d'une maladie systémique et encore plus rarement la conséquence de pathologies psychologiques. L'halitose sera donc multifactorielle. (7)(8)

Le terme « Halitose » aurait seulement été créé dans les années 1930. C'est un mélange entre « Halitus », souffle en latin, et « osis » qui est un suffixe grec signifiant un trouble et plus particulièrement une maladie non inflammatoire chronique. (2)(7)(8)(9) Mauvaise haleine, « fœtor ex-ore » et « fœtor oris » sont d'autres termes utilisés pour définir l'halitose. (10)(11)

L'halitose est perçue par la société de manière négative, agissant sur la qualité de vie des patients. Elle peut entraîner des limitations sociales et professionnelles, conduisant jusqu'à une anxiété sociale, considérée comme la psychopathologie la plus fréquente. (12)

Lors du diagnostic, il sera important de bien définir le type d'halitose présent. En effet, le pronostic en dépendra et en fonction de son origine, un traitement spécifique sera proposé.

Plusieurs classifications de l'halitose ont été proposées :

- Une classification a été proposée par Yaegaki, Coil et Miyazaki, modifiée par Tangeman et Winkel(7)(8)(13)(14)(15)(16)(17)(18).
- Une classification plus récente étiologique (19)

2.1.1. Classification par Yaegaki, Coil et Miyazaki modifiée par Tangerman et Winckel

Yaegaki, Coil et Miyazaki divisent l'halitose en : (19)

- Halitose vraie :
 - o Physiologique
 - o Pathologique
 - Intra-orale
 - Extra-orale
- Pseudo-halitose
- Halitophobie

Puis Tangerman et Winckel proposent de rajouter à cette classification une halitose vraie pathologique extra-orale divisée en hémotogène et non hémotogène. (19)

2.1.1.1. L'halitose vraie

L'halitose vraie ou véritable se caractérise par une odeur expirée considérée comme dépassant le niveau socialement acceptable par soi-même ou par un tiers. On retrouvera dans ce cas : l'halitose physiologique et l'halitose pathologique qui peuvent parfois contribuer conjointement à la mauvaise haleine d'un patient. (8)(15)

2.1.1.1.1. L'halitose physiologique

Dans le cas de l'halitose physiologique ou halitose transitoire/temporaire, les mauvaises odeurs proviennent essentiellement de la bouche résultant des processus de putréfaction physiologique. Il n'y a donc pas de pathologies spécifiques associées qui provoquent les mauvaises odeurs.(7)(12)

En général, ce genre d'halitose est transitoire et apparait pour les raisons suivantes : (20)(21)

- Après la prise de certains médicaments contenant des substances volatiles (20)(2)

- Après une prise alimentaire comme l'ail, les produits laitiers, les protéines et le café (20)(2)
- Après une consommation d'alcool et de tabac qui en plus d'assécher la bouche ont une action sur le pH (2)(21)(20)
- Au réveil : l'haleine du matin qui est désagréable a pour principale cause la diminution des mouvements intra-oraux ainsi qu'une diminution du flux salivaire et la création d'un milieu anaérobie par la fermeture buccale. (20)(2)(21)
- L'halitose comme conséquence du jeûne en raison de la transformation de la graisse en corps cétoniques volatiles (20)(2)

2.1.1.1.2. L'halitose pathologique

On parle d'halitose pathologique quand elle devient chronique, malgré une bonne hygiène. Elle aura une origine intra-orale ou extra-orale.

2.1.1.1.2.1. INTRA-ORALE

L'halitose est d'origine intra-orale quand les causes des mauvaises odeurs proviennent de la bouche.

Elle est la conséquence : (2)(20)(21)

- Soit d'un état pathologique ou de dysfonctionnement d'un tissu dentaire, parodontal ou muqueux de la bouche.
- Soit d'un enduit lingual abondant sur la zone dorsale de la langue ou de la plaque dentaire.

La condition d'halitose d'origine intra-orale est aussi impactée par les habitudes de vie comme la consommation de tabac, d'alcool, le type d'alimentation, la quantité de salive, la prise de certains médicaments et le stress.(2)(20)(21)

Les mauvaises odeurs de l'halitose est dues à la libération de molécules malodorantes. Ces gaz nauséabonds sont produits par des mécanismes de putréfaction du substrat par les bactéries contenues dans la bouche et notamment sur la surface dorso-postérieure de la langue. D'autres pathologies intra-orales sont responsables de la

production de mauvaises odeurs comme la maladie parodontale. Ces processus sont expliqués en détail par la suite. (19)

2.1.1.1.2.2. EXTRA-ORALE

L'halitose extra-orale a pour origine une pathologie ou un dérèglement ne provenant pas de la cavité buccale. Elle est soit non hématogène soit hématogène.

- Halitose extra-orale non hématogène :

La mauvaise odeur se propage via l'air expiré mais l'origine de la production des molécules odorantes est extra-orale. Cette production provient généralement d'une infection des voies respiratoires supérieures ou profondes : infection des amygdales, corps étranger dans le nez (surtout chez les enfants), sinusite chronique, infection pulmonaire, diverticule pharyngo-œsophagien et de manière plus grave, pathologies tumorales malignes. Les infections nasales sont la cause d'halitose extra-orale non hématogène la plus courante. (2)(8)

- Halitose extra-orale hématogène :

Dans ce cas, l'halitose se diffuse par le sang. L'origine des mauvaises odeurs provient de maladies systémiques associées qui métabolisent des composants odorants volatils tels qu'ammoniac, diméthylamine, triméthylamine, acétone, sulfure de diméthyle, triméthylamine. Ces derniers sont absorbés par le sang veineux et transportés vers les poumons. Dans les poumons, le sang libère ces composés odorants qui sont ensuite expirés dans l'air. (8)(22)

Des maladies systémiques comme l'insuffisance hépatique, la cirrhose, l'insuffisance rénale, le diabète, la prise de certains médicaments ou des troubles métaboliques comme le syndrome d'odeur de poisson sont responsables de cette halitose. (22)

La consommation de certains aliments (tel que l'ail et l'oignon) est à l'origine d'une halitose intra-orale, mais aussi extra-orale hématogène. En effet, 3 heures après cette

prise alimentaire, on détecte une mauvaise odeur en provenance du souffle nasal, en raison d'un passage dans le sang au niveau de la paroi de l'intestin de composés soufrés. (22)

L'halitose extra-orale hémotogène est souvent accompagnée de mauvaises odeurs corporelles. En effet, les molécules odorantes produites par ces mécanismes sont excrétées par la respiration via le sang, mais aussi par la transpiration. Ces mauvaises odeurs peuvent aussi être éliminées dans l'urine du patient. Plus rarement, on peut en retrouver dans les larmes de certains patients. (19)

2.1.1.2. Pseudo-halitose

Lorsqu'un patient s'autodiagnostique une mauvaise odeur, mais qu'elle est non quantifiable et non vérifiable par un tiers, notamment par un professionnel de santé, on parlera de pseudo-halitose. Aucune pathologie orale ou extra-orale n'est associée. La pseudo-halitose est subjective, c'est pourquoi pour convaincre le patient de son état sain, il suffira de présenter des preuves objectives de l'absence de mauvaises odeurs via des résultats d'analyses par exemple, et lui prodiguer des traitements d'hygiène simple (détartrage, utilisation d'un gratte langue, passage du fil dentaire). (21)(8)(16)(20)(23)

2.1.1.3. Halitophobie

L'halitophobie est diagnostiquée chez les patients qui ne présentent aucune odeur nauséabonde mesurable et qui, à la différence de la pseudo-halitose, est encore perçue par le patient lui-même, même après présentation de preuves objectives, d'éducation à l'hygiène et de soins prodigués. Il est dans le déni d'accepter son état sain. (21)(8)(16)(20)(23)

Selon une étude réalisée en 2005, ces patients ont tendance à s'isoler socialement 2 fois plus qu'un patient souffrant d'halitose dite vraie. (23) Les patients souffrant d'halitophobie ont souvent une pathologie psychologique associée, telle que la dépression, l'hypocondrie ou les troubles obsessionnels compulsifs, diagnostiqués ou non. (20) La prise en charge de l'halitophobie est pluridisciplinaire. Le rôle du

chirurgien-dentiste est principalement limité au diagnostic pour ensuite orienter le patient vers un psychologue, psychiatre qui aura les outils pour soigner les causes et éviter toutes aggravations de l'état psychologique, pouvant mener jusqu'au suicide. (23)

2.1.2. Classification étiologique

Bien que la classification de Yaegaki, Coil et Miyazaki modifiée par Tangerman et Winckel est la plus utilisée pour définir cette symptomatologie, une classification plus étiologique a été développée en raison des limites de la classification antérieure : (19)

- La classification de Yaegaki, Coil et Miyazaki modifiée par Tangerman et Winckel ne permet pas de diagnostics multiples.
- Deux catégories sur trois (pseudo-halitose et halitophobie) ne sont pas considérées comme halitose vraie mesurable et quantifiable.
- La catégorie halitose extra-orale pathologique est très vaste.

Une classification étiologique a été mise en place plus récemment comprenant 6 catégories différentes qui permettent un diagnostic plus complet : (12)

- Type 0 : Halitose physiologique
- Type 1 : Halitose orale
- Type 2 : Halitose des voies respiratoires
- Type 3 : Halitose gastro-œsophagienne
- Type 4 : Halitose hémato-gène
- Type 5 : Halitose subjective
 - o Causes psychologiques
 - o Causes neurogènes

Cette classification permet un diagnostic multiple. En effet, un patient souffrant d'un type d'halitose pathologique (type 1 à 5) souffrira en général aussi d'halitose physiologique (type 0). L'halitose des voies respiratoires et l'halitose gastro-œsophagienne (type 2 et 3) correspondront à l'halitose extra-orale non hémato-gène de Yaegaki, Coil et Miyazaki modifiée par Tangerman et Winckel. L'halitophobie et la pseudo-halitose ont été réunies en un seul type d'halitose : l'halitose subjective qui

s'oppose à l'halitose objective où la mauvaise odeur sera détectable. Dans tous les cas, que l'halitose soit subjective ou objective, elle sera considérée comme présente s'opposant ainsi à l'ancienne classification qui différenciait l'halitose vraie des halitoses subjectives. (19)

2.1.2.1. Type 0 : halitose physiologique

Dans ce cas, l'halitose physiologique correspond à l'ensemble des odeurs résultant de processus physiologique et métabolique de la bouche, mais aussi de l'ensemble du corps (voies respiratoires, système digestif ...). (19)

Elle n'est pas tout à fait semblable à l'halitose physiologique de Yaegaki, Coil et Miyazaki modifiée par Tangerman et Winckel car dans ce cas, les auteurs considèrent que chez un patient sain, un niveau d'activité bactérienne, une fuite de molécules odorantes du système gastro-œsophagien, la consommation alimentaire et d'autres mécanismes existent et peuvent libérer des mauvaises odeurs d'intensité détectable et non forte. (19)

Néanmoins, selon la définition de l'halitose, comme étant une odeur dépassant le seuil socialement acceptable, cette catégorie d'halitose physiologique ne serait pas à considérer comme étant une halitose à traiter, c'est pourquoi on la nomme de type 0.

2.1.2.2. Type 1 : Halitose orale

Le type 1 est décrit de la même manière que l'halitose pathologique intra-orale de Yaegaki, Coil et Miyazaki modifiée par Tangerman et Winckel. (19)

2.1.2.3. Type 2 : Halitose des voies respiratoires

Le type 2 est l'halitose provenant de mécanismes pathologiques aigus ou chroniques du système respiratoire supérieur et inférieur produisant des molécules odorantes comme la pharyngite, laryngite, pneumonie ... Il est à différencier du type 4 où les molécules odorantes sont éliminées par les poumons, mais ne sont pas produites dans le système respiratoire. (19)

2.1.2.4. Type 3 : Halitose gastro-œsophagienne

Le type 3 provient principalement des libérations de gaz odorants produits dans l'estomac traversant l'œsophage et libérés par la bouche et le nez. Comme pour le type 2, il ne faut pas confondre le type 3 avec le 4, les molécules odorantes sont produites dans l'estomac et libérées en se déplaçant à travers le système digestif. (19)

2.1.2.5. Type 4 : Halitose hémotogène

Le type 4 est décrit de la même manière que l'halitose pathologique extra-orale hémotogène de Yaegaki, Coil et Miyazaki modifiée par Tangerman et Winkel. (19)

2.1.2.6. Type 5 : Halitose subjective

L'halitose subjective concerne les cas où aucune confirmation objective (d'un tiers, des tests diagnostiques objectifs) n'a été prouvée. Dans ce cas, 2 causes possibles sont présentées : (19)

- Causes psychologiques : La pseudo-halitose et l'halitophobie.
- Causes neurogènes : Les causes neurogènes sont moins fréquentes, mais réelles. On peut citer des troubles chimiosensoriels provoquant la dysosmie et dysgueusie. Ces troubles peuvent être la conséquence de la prise de certains médicaments et de certaines maladies (comme le diabète sucré et le reflux gastro-œsophagien qui déforment la perception du goût).

2.2. Épidémiologie

2.2.1. Prévalence de l'halitose

Les études épidémiologiques sur la prévalence de l'halitose sont assez limitées pour plusieurs raisons. Tout d'abord, l'appréciation d'une odeur est très subjective, les odeurs sont en effet liées, comme le goût, aux émotions (système limbique du cerveau), c'est pourquoi la perception de l'halitose est différente dans des milieux culturels différents. Aucune méthode standardisée et reproductible de détection de

l'halitose n'a été décrite. (1)(8)(24)(25) De plus, c'est un sujet encore très tabou et sous-estimé. (2)(8)

La prévalence de la maladie pourrait aller jusqu'à 50 % suivant la population. (26) En Chine, une première étude faite sur 2000 individus montre que : 25% de la population souffre d'halitose (24). Au Sénégal, sur 396 personnes examinées, 32,3% de la population souffrent d'halitose. (27) Une autre étude chinoise parle de 27,5% de la population atteinte. (27) Un taux de 27,5% d'une population de 4817 personnes françaises souffrirait d'halitose. (27) Au Japon, 24% de personnes se plaignent d'une mauvaise haleine. (7) Ces études sont souvent basées sur des relevés d'halitose auto-déclarée, d'où une prévalence qui peut aller de 2,4% à 78%. (28)

Une méta-analyse menée par Silva et al. s'est intéressée à cette problématique en 2018 afin d'établir non seulement une prévalence mondiale, mais aussi de déterminer les facteurs influençant cette dernière. 13 études ont été sélectionnées, 9 ayant un faible risque de biais et 4 un risque élevé de biais. Un taux d'halitose de 31,8% (IC à 95% de 24,6 à 39,0%) a été estimé. (29)

Le statut socio-économique, et l'année de publication des études auraient tendance à influencer la prévalence. Dans les pays ayant une situation économique favorable, la population aurait tendance à moins souffrir d'halitose. En effet, en Suède, sur 840 hommes seulement 2% souffriraient d'halitose. (30) L'étude menée par Silva et al. suggère que cette différence entre différents niveaux de situation économique est la conséquence du manque de soins parodontaux dans les pays sous-développés, mais aucune étude n'a prouvé cette corrélation. L'année de publication aurait quant à elle une influence du fait de l'augmentation en consommation d'alcool et d'épices depuis les années 2007 selon les conclusions de la méta-analyse. (29)

2.2.2. Origine de l'halitose

Dans la grande majorité des cas (85% à 90%) la cause serait locale/orale et dans le reste des cas extra-orale ou psychologique. (2)(21)(7)(8)(9)(16)(24)(25)(26)(28)(30)

Lorsqu'il s'agit d'halitose intra-orale, pour 43% des cas l'origine des mauvaises odeurs proviendrait du revêtement lingual, 11% de maladies parodontales (parodontite et gingivite) et 18% d'une association des 2.(12) Ces pourcentages ont été confirmés par une autre étude réalisée sur 2000 patients. (31)

4% des cas des causes extra-orales sont responsables d'halitose et notamment au niveau de la sphère ORL qui représente 2% des cas (principalement les amygdalites). (17)(31) En effet, pour 2,9 à 10 % des situations, l'halitose est la conséquence d'une pathologie des voies respiratoire. (19) Dans 1% des cas, l'halitose est une conséquence de la prise d'un médicament ou d'un régime alimentaire particulier (épice, oignon ...). (30)

L'halitophobie touche 0,5 à 1% de la population. (8) 12 à 27 % des patients soignés en clinique spécialisée, souffrent d'halitophobie ou de pseudo-halitose. (17)(32) Il est donc important dans notre diagnostic de bien différencier la cause de celle-ci qui définira le type de traitement à entreprendre. Il est intéressant de noter que la prévalence des pseudo-halitoses et halitophobies a augmenté avec le temps (7,6% en 2005 à 15,7% en 2009) en raison de l'augmentation de la publicité dans les médias et particulièrement sur internet. (31)

2.2.3. Prévalence homme/femme

Les hommes et les femmes seraient touchés de la même manière, néanmoins on note une demande en soins plus importante chez les femmes que chez les hommes. Cette différence de demande de prise en charge pourrait s'expliquer par le fait que les femmes porteraient plus d'attention à leur santé et à leur apparence. (20)(33) Une autre étude de 2014, réalisée en Chine, s'est intéressée à 911 personnes venues en consultation pour soigner leur halitose. Elle conclut que davantage de femmes et en général davantage de personnes jeunes (30-40 ans) viennent en consultation. (34) L'halitophobie touche plus les femmes que les hommes (2/3 de femmes contre 1/3 d'hommes) et aucune explication n'a été proposée dans cette étude. (31)

2.2.4. Demande de prise en charge

L'halitose est souvent prise en charge tardivement et en effet, une étude belge portant sur 2000 patients déclare que 1/3 des patients a mis 5 ans avant d'aller consulter pour soigner son halitose auto-déclarée. (34) Dans une autre étude faite sur des patients d'halitose, 32% des patients souffriraient de mauvaise haleine depuis 10 ans avant de chercher une solution. (12)

D'un point de vue social, cette maladie a tendance à isoler et peut même être considérée comme un handicap. En effet, l'étude chinoise précédemment citée déclare que 47,7% des 911 personnes se sentent dans l'incapacité de se rapprocher des autres en raison de leur mauvaise haleine, voire dans 45%, de leur parler. (34)

Le traitement de l'halitose est une demande courante, juste après les soins carieux et la maladie parodontale. C'est pourquoi il est important en tant que chirurgien-dentiste de réussir à la diagnostiquer et à la traiter, d'autant plus que dans 85 à 90% des cas elle est d'origine intra-orale. (25)(34)(35)

3. L'ÉTILOGIE DE L'HALITOSE

3.1. Étiologie chimique de l'halitose

3.1.1. Les constituants de l'air expiré

À chaque expiration, un adulte sain expulse en moyenne 500 ml d'air : les 150 premiers ml d'air proviennent des voies aériennes supérieures et du nasopharynx, les 350 suivants proviennent des alvéoles des poumons. (36) L'air expiré est composé d'une partie gazeuse contenant des molécules volatiles et d'une partie liquide contenant des composés non volatils. (37) La mauvaise odeur contenue dans l'haleine provient des molécules volatiles contenues dans cet air expiré. (21)

L'haleine expirée est constituée en général d' (38):

- Azote à 74%, (38)
- Oxygène à 13-16%, (38)
- CO₂ à 4-5 % (38)
- Vapeur d'eau à 5-6%, (38)
- Hydrogène et monoxyde de carbone en particules par million (ppm 10⁻⁶)(38)
- Composés organiques volatils (38)
 - o Indole, scatol, putrescine, cadavérine (36)
 - o Ammoniac 0,5 à 1 ppm(38)(30)
 - o Méthanol entre 48 et 258 ppb (39)
 - o Acétone à plusieurs centaines de ppb (partie par milliard : 10⁻⁹)(38)
 - o Isoprène 100 ppb (39)

Ces composés organiques volatils sont produits de façon pathologique ou non par les bactéries ou le métabolisme et ont une origine orale ou extra-orale. La quantité de ces différents constituants varie en fonction de différents facteurs décrits plus précisément par la suite. Il est important de comprendre qu'une variation de ces composés organiques volatils est responsable des mauvaises odeurs expulsées dans l'air expiré. (36)

3.1.2. Les composés organiques volatils : COV

Les molécules volatiles odorantes ou composés organiques volatils sont produits naturellement dans le corps par le métabolisme des bactéries et transportés via non seulement l'air expiré, mais aussi les fluides corporels. (14)

Ces composés sont stockés dans les tissus adipeux, le sang et les poumons. En raison de leur volatilité, ils sont libérés facilement à partir des graisses dans le sang et éliminés dans l'air expiré. Ils ont une origine endogène lorsqu'ils sont le résultat du métabolisme de l'hôte ou du microbiote pulmonaire. Lorsqu'ils proviennent de l'extérieur, par ingestion, inhalation ou absorption cutanée, on dit qu'ils ont une origine exogène. (37) Une variation de la quantité de ces composés organiques volatils est notable lors de périodes inflammatoires, stress oxydatif, variation des populations bactériennes ou de certaines pathologies. (26)

Les composés volatils odorants contenus dans l'haleine, appelés aussi le volatolome, sont un ensemble de milliers de composés dont la plupart sont odorants. Les principaux sont : (2)(21)(7)(16)(25)(26)(30)(36)(40)(41)(42)

- **Les composés sulfurés volatils (CSV)**: méthylmercaptan, sulfure d'hydrogène, diméthylsulfure ;
- **Les diamines** : putrescine, cadavérine, acide butyrique, acide propionique, acide valérique ;
- **Les composés phénylés ou composés aromatiques volatils** : indole, scatol, pyridine ;
- **Acides organiques à chaîne courte** : acide butyrique, l'acide propionique, l'acide valérique ou isovalérique et l'acide acétique ;
- **Les alcools** : méthanol, éthanol, propanol ;
- **Les cétones** : acétone, butanone, pentanone, benzophénone, acétophénone ;
- **Les alcalins** : méthylpropane ;
- **Dérivés azotés** : urée, ammoniac, méthylamine, diphénylamine, triméthylamine, diméthylamine ;
- Le sulfure d'allyl et méthyle et le sulfure de méthyle et de propyle

3.1.2.1. Les composés sulfurés volatils : CSV

Les CSV, considérés comme les éléments prédominants de l'halitose, seront principalement recherchés lors du diagnostic. De nombreuses études, dont celle de Van den Velde et al. comparant les molécules constituant l'haleine d'un groupe sain et d'un groupe souffrant d'halitose, confirment une augmentation significative du taux des CSV chez les patients souffrant d'halitose. (7)(11)(26)(41) Le méthylmercaptopan, le sulfure d'hydrogène et le diméthylsulfure représentent 90% des CSV. (43)

Les CSV ont été individualisés pour la première fois en 1964 par Tonzetich et Richter.(20) Le méthylmercaptopan (CH_3SH) a une odeur de chou pourri, le sulfure d'hydrogène (H_2S) une odeur d'œuf pourri et le diméthylsulfure ($[\text{CH}_3]_2\text{S}$) une odeur de chou cuit ou de légumes pourris. C'est leur groupement thiols ($\text{S} - \text{H}$) qui est responsable de la mauvaise odeur. (2)(44) Le méthylmercaptopan est considéré comme le CSV avec l'odeur la plus écœurante. (15)

Les CSV sont obtenus suite à la dégradation enzymatique par les bactéries d'un substrat organique : (21)(30)(36)

- À partir des acides aminés : la L-cystéine produisant du sulfure d'hydrogène et la L-méthionine produisant du méthylmercaptopan.
- À partir du sérum.

La présence des CSV est donc liée à l'activité bactérienne.

Le méthylmercaptopan provient du métabolisme microbien causé par la parodontite. Le sulfure d'hydrogène est produit dans le cas d'halitose physiologique d'origine intra-orale. (16) Le diméthylsulfure quant à lui est principalement produit dans les cas d'halitose extra-orale hématogène. (21)(41) Le méthylmercaptopan et le sulfure d'hydrogène, de par leur groupe SH, seront directement oxydés dans le sang et ne pourront donc pas être éliminés par la respiration comparée au diméthylsulfure qui restera stable et pourra être transporté dans le sang. (8)(41) Donc, dans le cas de patients souffrant d'halitose intra-orale, on détectera une augmentation des concentrations normales du méthylmercaptopan et du sulfure d'hydrogène et dans le cas d'halitose extra-orale hématogène, on détectera une augmentation du diméthylsulfure. (45)

Le méthylmercaptan et le sulfure d'hydrogène, ayant un seuil de détection bas et un pouvoir olfactif élevé comparé au diméthylsulfure, seront plus responsables d'halitose. (41)

Il est important de ne pas exclure les autres molécules odorantes qui sont responsables de 15% des cas de l'halitose. C'est pourquoi lors d'un diagnostic d'halitose, la recherche seule des CSV n'est pas suffisante pour différencier l'halitose extra-orale de l'intra-orale. (7)(26)

3.1.2.2. Les diamines

La putrescine a une odeur de viande en décomposition et l'acide valérique une odeur de pieds moites. (21) On retrouvera dans l'haleine du matin : 33 microgrammes ml⁻¹ de putrescine et 18 microgrammes ml⁻¹ de cadavérine. (46)

Les diamines sont produites en général par la dégradation soit des protéines, des peptides ou des acides aminés (lysine, arginine et ornithine) contenus dans la salive soit des résidus alimentaires, par les enzymes décarboxylases bactériennes. N'ayant pas un pouvoir de volatilité fort à pH neutre, ils n'auront pas un effet aussi important que les CSV. Il faudra monter à des pH très élevés, non physiologiques en bouche (pH 12) pour avoir une volatilité importante. (41)(46)

3.1.2.3. Les composés aromatiques volatils : indole et scatol

L'indole et le scatol sont obtenus après dégradation du tryptophane par les bactéries. (41)

L'indole aura une odeur décrite comme étant nauséabonde et fongique et le scatol une odeur fécale. (8)(36) Malgré un seuil de détection bas et un pouvoir olfactif élevé, ils ne seront pas autant responsables d'halitose que les CSV en raison d'un pouvoir de volatilité faible. Comme pour les diamines, le pouvoir de volatilité augmente avec le pH. (41) Il est intéressant de souligner l'importance de la quantité de ces molécules

pour qu'elles soient qualifiées de mauvaises odeurs. En effet, l'indole est utilisé en petite quantité dans l'industrie du parfum. (21)

3.1.2.4. Les acides organiques à chaînes courtes

L'acide butyrique est produit notamment dans le cas des maladies inflammatoires du système digestif. Il aura une odeur forte, caractéristique, décrite comme étant rance. L'acide valérique sera responsable d'une odeur rappelant celle des pieds. (8) Les acides organiques à chaînes courtes obtenus par fermentations bactériennes à partir d'un substrat contenant des acides aminés ont une volatilité faible. (41)

3.1.2.5. Les alcools

Le propanol quant à lui est la conséquence de la fermentation bactérienne de la thréonine et il a une odeur proche de celle de l'éthanol. (36)

3.1.2.6. Les cétones

Les cétones sont obtenues à la suite de la dégradation des acides gras et la décarboxylation de l'acéto-acétate. Leurs odeurs caractéristiques sont apparentées à celle de la pomme verte. (36) Ils seront présents dans les poumons et dans la bouche et seront donc responsables d'halitose intra et extra-orale. (21)

3.1.2.7. Les dérivés azotés : urée et ammoniac

L'ammoniac est produit notamment dans le cas d'insuffisance rénale et aura une odeur décrite comme étant désagréablement sucrée. (8) Cette quantité d'ammoniac augmentera aussi en cas d'un manque d'hygiène bucco-dentaire. (47) La triméthylamine et la diméthylamine sont des dérivées de l'ammoniac. Elles auront une odeur nauséabonde de poisson pourri. (8)

3.1.2.8. Le sulfure d'allyl et méthyle et le sulfure de méthyle et de propyle

Ils sont obtenus lors de la dégradation de l'ail et de l'oignon, leur odeur est caractéristique de ces aliments. Le sulfure d'allyl et méthyle est produit lors de la dégradation de l'ail et le sulfure de méthyle et de propyle lors de celle de l'oignon. Ces molécules seront responsables directement d'halitose intra-orale puis après digestion d'halitose extra-orale hématogène. (36)

3.1.3. Mécanisme de création des molécules volatiles odorantes

Les molécules odorantes sont le résultat de la dégradation de substrat par les bactéries. (10)(48)

3.1.3.1. Le substrat

Les substrats organiques permettant la production de molécules odorantes sont catégorisés en 2 classes (10)(25)(26)(30)(48)

- Substrat primaire : Le substrat spécifique correspond aux acides aminés.

Les bactéries métaboliseront à partir d'acides aminés sulfurés :

- *La cystéine* du sulfure d'hydrogène
- *La méthionine* du méthylmercaptan
- *La tryptophane* de l'indole
- *L'arginine* de la putrescine
- *La lysine* de la cadavérine

Le substrat primaire est rarement présent à l'état libre en bouche, excepté dans la salive et dans certaines poches parodontales.

- Substrat secondaire : Glucose, glycoprotéines (mucines et les composants des cellules épithéliales), peptides (contenant le glutathion), protéines. Le substrat secondaire est la principale source de nutriments contenue dans la bouche. Le substrat secondaire sera hydrolysé, par l'action d'enzymes

contenues dans la salive ou par l'action protéolytique des bactéries, en substrat primaire. Dans le cas des mucines, principale source de substrat, elles subiront avant cette hydrolyse une déglycosylation par des enzymes, notamment Béta-galactosidase. Ainsi les mucines détachées de leur partie glucidique ne seront plus que des peptides. (8)

Ces substrats proviennent de : (8)(16)(27)

- Sources endogènes : les tissus muqueux, parodontaux, salives (contenant des protéines et mucines), cellules épithéliales, cellules desquamées (dérivée du glutathion), plaque dentaire, fluide gingival et sang.
- Sources exogènes : les débris alimentaires (contenant des protéines).

3.1.3.2. Les bactéries

Dans un premier temps, il est important de souligner qu'aucune bactérie spécifique n'est associée à l'halitose. (25) Néanmoins, l'aspect quantitatif des bactéries est essentiel. Il existe une relation entre nombre de bactéries et famille de bactéries contenues sur la langue et halitose. (25)

La cavité buccale étant un milieu chaud (entre 34 et 37 degrés) et humide (jusqu'à 96% d'humidité), elle favorise la prolifération bactérienne. Plus de 500 types de bactéries ont été individualisées, anaérobies ou non, produisant les mauvaises odeurs. (21)(7)(27)(30)

Les bactéries peuvent être : (2)(8)(10)(16)(48)(49)

- Saccharolytique : elles métabolisent les glucides en réalisant la déglycosylation. Cela sera le cas des bactéries Gram+, qui en produisant des enzymes déglycosylantes joueront un rôle indirect dans la production de molécules odorantes. La déglycosylation est la première étape de production de mauvaises odeurs (Figure 1).
- Asaccharolytique : elles métabolisent les acides aminés, les protéines ou les peptides. Les bactéries Gram- sont, en général, asaccharolytiques et ainsi, elles agiront directement sur la conception de mauvaises odeurs en produisant des enzymes dégradant ce substrat (Figure 1).

- Les deux, en réalisant les 2 types de protéolyse, elles produisent en plus grande quantité des molécules odorantes. *Prevotella intermedia* ou *Fusobacterium nucleatum* sont 2 exemples de bactéries réalisant ce double métabolisme (Figure 1).

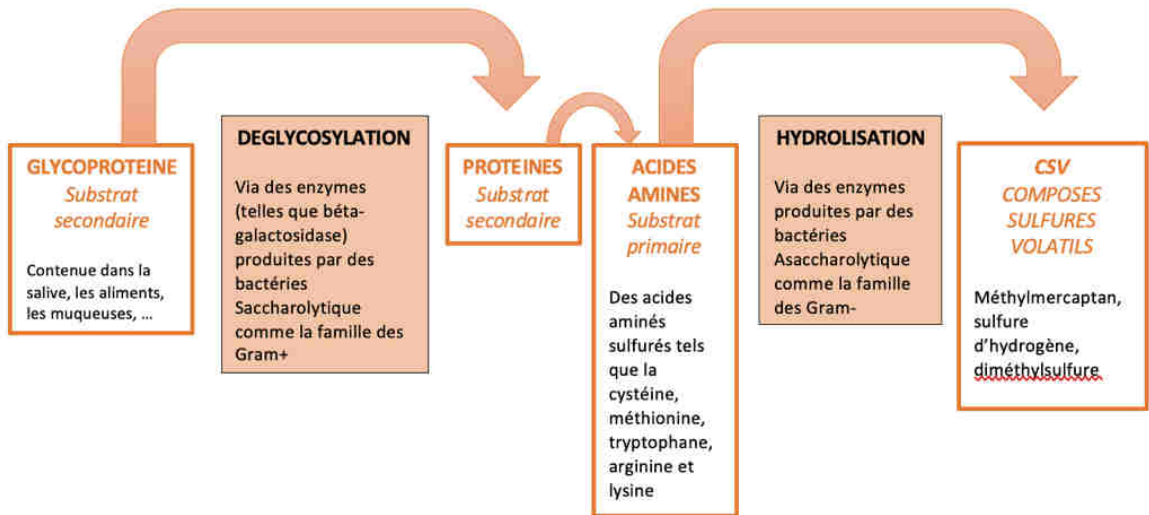


Figure 1 : Schéma de la production de CSV par les bactéries à partir des glycoprotéines : (2)(9)(17)

Le tableau suivant liste une partie de ces bactéries (Figure 2). (2)(10)(8)(16)(48)(49)

Organismes à Gram positif	Organismes à Gram négatif
<i>All Actinomyces spp</i> <i>A. israelii</i> <i>A. odontolyticus</i> <i>A. radingae</i> <i>A. turicensis</i> <i>Actinomyces sp. (not identified)</i> <i>Bifidobacterium breve</i> <i>Collinsella aerofaciens</i> <i>All Eubacterium spp.</i> <i>E. lentum</i> <i>E. saburreum</i> <i>E. timidum</i> <i>Eubacterium group (not identified)</i> <i>All Lactobacillus spp.</i> <i>L. oris</i> <i>L. plantarum</i> <i>Lactobacillus sp. (not identified)</i> <i>Peptostreptococcus spp.</i> <i>P. anaerobius</i> <i>P. micros</i> <i>Propionibacterium avidum</i>	<i>Bacteroides ureolyticus</i> <i>All Campylobacter spp.</i> <i>C. concisus</i> <i>C. gracilis</i> <i>C. mucosalis</i> <i>C. rectus</i> <i>Bacteroides loescheii</i> <i>Centipeda periodontii</i> <i>Dialister pneumosintes</i> <i>Eikenella corrodens</i> <i>Enterobacteriaceae</i> <i>Fusobacterium spp.</i> <i>Fusobacterium nucleatum</i> <i>Fusobacterium nucleatum vincentii</i> <i>Fusobacterium nucleatum nucleatum</i> <i>Fusobacterium nucleatum polymorphum</i> <i>Fusobacterium periodonticum</i> <i>Leptotrichia buccalis</i> <i>All Porphyromonas spp.</i> <i>P. catoniae</i> <i>P. endodontalis</i> <i>P. gingivalis</i> <i>All Prevotella spp.</i> <i>P. buccae</i> <i>P. corporis</i> <i>P. dentalis</i> <i>P. intermedia/nigrescens group</i> <i>P. loescheii</i> <i>P. melaninogenica</i> <i>P. oris</i> <i>P. pallens</i> <i>P. tanneriae</i> <i>Prevotella sp. (not identified)</i> <i>All Selenomonas spp.</i> <i>S. flueggei</i> <i>S. infelix</i> <i>Veillonella sp.</i> <i>Treponema denticola</i> <i>Tannerella forsythensis</i>

Figure 2 : Tableau des différents micro-organismes intervenant dans la production de mauvaises odeurs. (30)

Plus précisément, le tableau suivant présente les principales bactéries productrices de CSV (adapté d'une étude de Persson et al.) (Figure 3). (21) (30)

CSV produit à partir d'un substrat	Sulfure d'hydrogène produit à partir de la cystéine	Méthylmercaptan produit à partir de la méthionine	Sulfure d'hydrogène produit à partir du sérum	Méthylmercaptan produit à partir du sérum
Bactéries productrices	<i>Peptostreptococcus anaerobius</i> , <i>Microsprevotii</i> <i>Eubacterium limosum</i> , <i>Bacteroides spp.</i> , <i>Centipedia periodontii</i> , <i>Selenomonas artermidis</i>	<i>Fusobacterium nucleatum</i> , <i>Fusobacterium periodonticum</i> , <i>Eubacterium spp.</i> , <i>Bacteroides spp</i>	<i>Prevotella intermedia</i> , <i>Prevotella loescheii</i> , <i>Porphyromonas gingivalis</i> , <i>Treponema denticola</i>	<i>Treponema denticola</i> , <i>Porphyromonas gingivalis</i> , <i>Porphyromonas endodontalis</i>

Figure 3 : Tableau de la production des CSV par les bactéries à partir d'un substrat. (30)

Les bactéries, les plus responsables d'halitose, seraient des bactéries responsables aussi de parodontopathies et libérant des CSV : *Fusobacterium nucleatum*, *Prevotella intermedia*, *Tannerella forsythensis*, *Porphyromonas gingivalis*, *Treponema denticola*. (26)(50)(51)

L'étiologie bactérienne n'étant pas encore précisément définie, deux théories existent : (35)

- Une théorie spécifique : quelques types de bactéries provoqueraient l'halitose.
- Une théorie non spécifique : un ensemble complexe de nombreuses familles de bactéries à des concentrations précises provoqueraient l'halitose.

Enfin, de nombreuses familles de bactéries ayant un lien avec la mauvaise haleine ne sont pas encore totalement identifiées. Il est certain qu'au vu des nombreuses bactéries décrites comme ayant un potentiel effet sur la production des mauvaises odeurs, l'halitose est le résultat de l'interaction complexe entre différentes familles de bactéries avec une prédominance des anaérobies Gram-. (10)

3.1.3.3. L'environnement de prolifération bactériennes et production de molécules odorantes

Bien que des bactéries aérobies produisent aussi des molécules odorantes, ce sont les milieux anaérobies, permettant la prolifération de bactéries anaérobiques, qui sont les environnements privilégiés à la création des mauvaises odeurs : tels que les poches parodontales, les zones inter-dentaires, la salive et les papilles linguales. La langue par son anatomie spécifique est un lieu de prolifération bactérienne. (7)(16)(25)

Des milieux inflammatoires et infectieux par leur prolifération bactérienne, leur accumulation de sang apportant du substrat supplémentaire, sont très favorables à la production de composés odorants. (26)

3.1.3.4. Les facteurs physico-chimiques

Il est important de préciser que des facteurs physico-chimiques influent sur le développement des bactéries et donc sur la production des molécules odorantes (2)(8)(16)(52) :

- Le pH : un pH alcalin favorise la prolifération des bactéries Gram- ;
- La pression d'oxygène ;
- Le potentiel d'oxydoréduction : un potentiel d'oxydoréduction faible est favorable pour la croissance de familles bactériennes, notamment Gram-.

3.2. Étiologie locale : halitose intra-orale

3.2.1. Salive

La salive est constituée : (2)

- 99 % d'eau
- 1 % de :
 - Substances inorganiques telles que les gaz et les ions ;
 - Substances organiques : glucides libres et glycoprotéines, lipides, acides aminés, acides organiques, des protéines et molécules azotées (urée, ammoniac et créatinine) ;
 - Bactéries : 43 à 5,5 milliards de bactéries par ml de salive ;
 - Cellules desquamées.

La salive jouera un rôle important dans l'halitose de façon qualitative et quantitative :

- Qualitatif : la composition de la salive joue un rôle dans la mauvaise haleine. Les bactéries produisent des composés volatils odorants à partir de substrat tel que les protéines. Plus une salive contient de bactéries et de protéines, plus il y a un risque d'halitose. Cette augmentation de protéine salivaire peut être la conséquence de la diminution du flux salivaire.(44)

Le pouvoir tampon de la salive jouera aussi un rôle dans l'halitose. La salive, normalement, a un pH de 6,8. S'il y a un défaut de son pouvoir tampon et que le pH devient basique, le milieu sera favorable à la création de

mauvaises odeurs. À l'inverse, un pH acide favorise les lésions carieuses qui, si elles ne sont pas prises en charge, seront responsables d'halitose secondaire. (2)

- Quantitatif : le flux salivaire chez un patient sain est de 0,5 à 1,5l/24 h, soit 0,1 ml/min. (2)(44) La salive joue un rôle important dans l'halitose par son rôle nettoyant, permettant ainsi de maintenir une quantité limitée de bactéries. On remarquera que la quantité de composés sulfurés augmente considérablement en cas de diminution du flux salivaire ou d'une xérostomie : la mauvaise haleine est inversement proportionnelle au flux salivaire. (21)(30)(11) Sur 105 personnes étudiées, Nalcalci et al. ont, entre autres, trouvé une corrélation entre sécheresse buccale et concentration en CSV. (11) Durant la nuit, il y a naturellement une diminution du flux salivaire. A cette diminution s'ajoute l'inactivité musculaire. C'est pourquoi la salive stagne et putréfie. En effet, les acides aminés contenus dans la salive vont subir une décarboxylation par les enzymes contenues dans la bouche libérant ainsi des molécules odorantes responsables de l'halitose matinale. (53) Une étude réalisée sur 174 personnes analysant le lien entre flux salivaire et production de CSV montre une formation plus importante de CSV et notamment de méthylmercaptan et d'hydrogène sulfuré quand il y a une réduction excessive de la production de salive (inférieure à 0,1ml/min). Mais, dans le cas où le débit salivaire resterait normal (même s'il est faible), il n'y a aucune corrélation entre CSV et flux salivaire : il n'y a pas un rapport inversé de proportionnalité entre CSV et flux salivaire. (54) Enfin, le risque de développer des mycoses, des infections bactériennes, des ulcérations buccales et des caries dentaires responsables dans un second temps d'halitose, est bien plus important chez les patients ayant des flux salivaires diminués ou absents.(2)

3.2.2. Plaque dentaire et hygiène dentaire

Une mauvaise hygiène dentaire sera favorable non seulement à l'accumulation de débris alimentaires en putréfaction intra-orale, mais aussi à la prolifération des bactéries intra-orales productrices de molécules odorantes responsables d'halitose.

(21)(30) Les patients se brossant plus fréquemment les dents souffrent moins d'halitose. (34)

En plus de cela, les conséquences d'une mauvaise hygiène telles que les lésions carieuses, les maladies parodontales seront aussi responsables d'une mauvaise haleine. (21)

3.2.3. Osseux

Les ostéonécroses provoquées par la prise de bisphosphonates ou par les traitements de radiothérapie provoquent la prolifération de bactéries et de molécules en putréfaction responsables de la libération de mauvaises odeurs. (55)

3.2.4. Dentaire

3.2.4.1. Pathologies carieuses

La carie n'est pas responsable directement d'halitose, mais dans le cas des lésions carieuses profondes, réservoirs à bactéries, dépôts alimentaires en putréfaction et difficulté d'accès à l'élimination des débris, il y aura production de mauvaises odeurs. (2)(30)

3.2.4.2. Pathologies inflammatoires et infectieuses

Dans le cas d'une exposition pulpaire purulente, voire d'une infection dentaire associée à un abcès ou à une fistule, on aura une libération de molécules odorantes responsable d'halitose. (2)

Une péri coronarite, par son état inflammatoire et sa prolifération de bactéries, est une source d'halitose. Ces phénomènes sont amplifiés dans le cas où il y aurait création d'un capuchon muqueux créant une fausse poche parodontale. (10)

3.2.4.3. Anatomie

Un mauvais point de contact, un encombrement dentaire, une malposition dentaire engendrent l'accumulation de débris alimentaire et favorisent ainsi la production de mauvaises odeurs. (10)

3.2.5. Parodontale

Les maladies parodontales sont une étiologie de l'halitose, car elles créent un milieu favorable à la production des CSV pour plusieurs raisons : (26)

- L'augmentation du nombre de bactéries (notamment Gram-) produites à partir des protéines des CSV ; (26)
- Les poches parodontales, dans le cas des parodontites, réservoirs aux bactéries Gram- telles que *Porphyromonas gingivalis*, *Bacteroides forsythus* et *Prevotella intermedia* et *Treponema denticola* produisant les CSV ; (26)
- L'inflammation gingivale, dans les cas des gingivites et des parodontites, provoque une augmentation du sang apportant du substrat (notamment du fer) favorable au développement des bactéries Gram- ; (26)
- La mauvaise hygiène buccale souvent associée qui ne permet pas l'élimination de la plaque dentaire. (26)

En 2002, une étude incluant 101 sujets séparés en 3 groupes (halitose avec une profondeur de poche ≥ 4 mm, halitose sans poche et un dernier groupe témoin ne souffrant ni de parodontite ni d'halitose) a analysé la quantité de CSV contenus dans l'air expiré. L'étude a conclu à une quantité plus importante de CSV chez les patients ayant des poches profondes et cela en raison de la population bactérienne spécifique de la maladie parodontale produisant, à l'intérieur des poches, des CSV. (38) Une étude similaire a été réalisée en 2003 et a obtenu les résultats suivants : les patients ayant des poches parodontales avaient des scores organoleptiques (test diagnostique de l'halitose) élevés. (14)

Aegaki & Sanada et al. ont comparé la production de CSV par spectrométrie de masse liée à la chromatographie en phase gazeuse entre 17 patients souffrant de maladies

parodontales et 14 d'halitose physiologique matinale. L'étude conclut qu'il y a une augmentation de CSV dans le cas des maladies parodontales d'autant plus importante que les poches parodontales et les saignements sont importants. (26)

Les CSV, en modifiant la structure des fibroblastes, augmentent la perméabilité de la jonction épithéliale et aggravent la maladie parodontale en laissant passer plus profondément les bactéries qui elles, par la suite, produiront plus de CSV. (2)

Les maladies péri-implantaires, par leur prolifération bactérienne et l'espace créé, véritable réservoir à bactéries, peuvent être une source d'halitose. (10)

Toutefois, il est important de souligner qu'une maladie parodontale n'est pas systématiquement accompagnée d'une halitose. En effet on peut souffrir d'une gingivite sans halitose et à l'inverse avoir mauvaise haleine sans maladies parodontales. (2)

3.2.6. Prothétique

Les prothèses amovibles mal entretenues, les prothèses fixées débordantes, les mauvais points de contact, un état de surface pas assez poli présentant des microporosités, seront responsables d'une halitose intra-orale.

Dans les cas des prothèses amovibles, un milieu pauvre en oxygène favorise la production de bactéries Gram-. L'odeur de l'haleine des porteurs de prothèses amovibles est caractérisée comme étant désagréable et légèrement sucrée. Cette halitose est augmentée si elles sont portées la nuit. (21)(2)(11) Une autre raison qui fait qu'un patient porteur de prothèses amovibles souffrira plus d'halitose est qu'on remarque une augmentation du dépôt lingual, producteur de CSV chez ces individus. (11)

Les prothèses amovibles vieillissantes qui ne sont plus adaptées notamment après une perte de poids importante du patient ou dans un cas extrême, une prothèse non

adaptée, provoqueront une lésion inflammatoire chronique ou épulis fissuratum au niveau du vestibule qui est responsable d'halitose. (2)

Les prothèses fixées et les reconstitutions directes pourront être responsables d'halitose pour les raisons suivantes : (2)(8)(16)

- Leur étanchéité : la non-étanchéité provoque un risque de lésions carieuses et de prolifération bactérienne. En outre, ces zones n'étant pas ou peu nettoyées, en raison de leur inaccessibilité, la putréfaction de débris alimentaire ou autre libère des odeurs nauséabondes. (2)
- Leur adaptation : un soin débordant risque de retenir les aliments et donc de créer de mauvaises odeurs. À l'opposé, s'il est en sous-contour, il y a un risque carieux plus important. (2)

3.2.7. Langue

La langue est considérée comme le premier réservoir de bactéries Gram- pour plusieurs raisons :

- Anatomique : en raison de sa morphologie large et du nombre important de papilles linguales permettant une bonne accroche aux bactéries. (16)(17)(20) On compte 25 bactéries sur une cellule épithéliale de la cavité buccale contre 100 sur une cellule épithéliale linguale. En effet, la langue est large et constituée de fissures et d'anfractuosités qui vont permettre d'héberger un nombre important de bactéries, mais aussi de cellules desquamées et de micro-organismes. (2) La quantité de bactéries est la plus importante sur la partie postérieure de la langue. (53)
- Physiologique : la langue entretient un milieu favorable à la production des bactéries Gram- en raison de son taux d'oxygène bas et de sa protection contre le flux salivaire. (2)(17)

De ce fait, le revêtement de la langue ou enduit lingual est considéré comme une des causes les plus importantes d'halitose intra-orale, car il constitue la principale source de production des CSV. (2)(8)(11)(34)(44) Une étude sur 105 individus, réalisée par Nalcalci et al., conclue que la concentration de CSV est significativement liée à la

quantité de revêtement lingual. (11) Les patients avec des revêtements sur la langue souffrent plus souvent de mauvaises odeurs et ceux qui utilisent un gratte langue en souffrent moins souvent. Le revêtement lingual est constitué de :

- Cellules épithéliales (8)
- Cellules sanguines (8)
- Protéines salivaires (8)
- Débris alimentaires en putréfaction (8)
- Des nombreuses espèces de bactéries : notamment Gram + et Gram - (8)(51)

3.2.8. Muqueuses

Des pathologies des muqueuses entraînant une ulcération voire une nécrose et donc une production de bactéries libérant des CSV seront aussi responsables d'halitose (2):

- Les aphtes isolés et géants
- Le carcinome épidermoïde
- Le lymphome non hodgkinien
- La tumeur ulcérée salivaire
- Le chancre syphilitique buccal : érosion de la muqueuse buccale dans les premières étapes de l'infection de la syphilis
- Les ulcérations post-vésiculeuses dans le cas d'herpès ou de zona par exemple
- Les candidoses

Des épisodes de cicatrisations post-extractionnelle ainsi que leurs complications infectieuses (ostéite) peuvent être responsables d'halitose du fait de la prolifération de bactéries et l'accumulation de sang. (30)

3.2.9. Piercing

Le piercing potentialise l'halitose en permettant dans un premier temps une augmentation du nombre de bactéries en raison de la difficulté de nettoyage et de l'accumulation de bactéries sur sa surface, mais dans un second temps par le risque important et non négligeable des surinfections qui peuvent s'y développer. (2)

3.3. Étiologie locorégionale et générale : source extra-orale

3.3.1. L'âge

Avec l'âge, des problèmes de dextérité se développent ayant pour conséquence une diminution de l'hygiène entraînant des maladies parodontales, une augmentation de la quantité de plaque bactérienne, de l'enduit lingual. La capacité à entretenir les prothèses diminue. Par ailleurs, le nombre de dents perdues augmente et aura comme conséquences dans un premier temps, des changements de régime alimentaire en raison de la difficulté de la mastication de certains aliments ce qui entraîne dans un second temps une diminution du flux salivaire. (11)(16)

La diminution d'hygiène et la modification qualitative et quantitative de la salive, chez les personnes âgées, provoqueront une difficulté dans le nettoyage naturel de la face dorsale de la langue et une augmentation de son enduit lingual qui est une des principales causes d'halitose intra-orale. (11)

Il est important de noter que ce n'est pas l'âge directement qui est responsable d'halitose, mais ces comorbidités décrites ci-dessus. En effet, une étude réalisée sur 105 participants édentés totaux, âgés de 50 et 78 ans, n'a pas mis en évidence une corrélation entre halitose et âge. Malgré tout, chez des patients âgés, il faudra rester vigilant quant à l'apparition des conséquences décrites ci-dessus, responsables d'halitose. (8)(11)

3.3.2. L'anatomique

Certaines anatomies particulières auront pour conséquence l'halitose. C'est notamment le cas des diverticules pharyngo-œsophagiens et particulièrement celui de Zencker (Figure 4). Ce dernier est une hernie de la muqueuse au niveau de la jonction entre le pharynx et l'œsophage. (2)

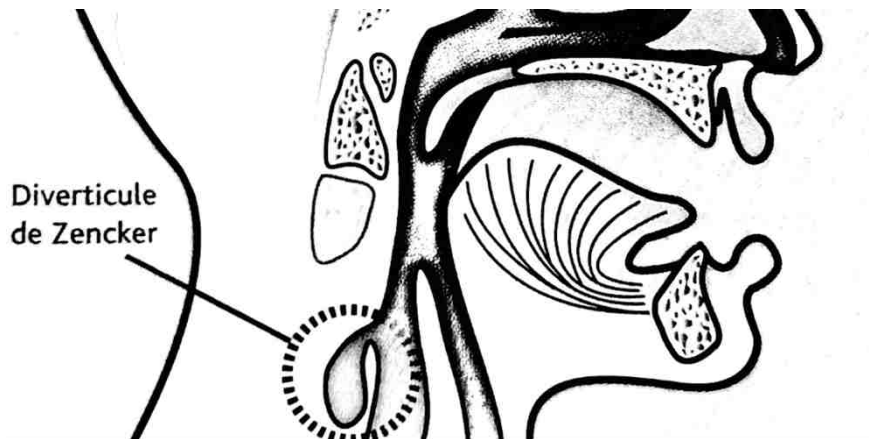


Figure 4 : Schéma du diverticule de Zencker (2)

La fente palatine, par son anatomie particulière, serait aussi responsable d'halitose. (21)

L'imperforation choanale unilatérale correspond à la fermeture osseuse ou muqueuse de la partie postérieure des fosses nasales. Ainsi, elle engendrera d'une mauvaise ventilation et surtout d'une stagnation des sécrétions nasales responsable d'halitose. (2)

3.3.3. La respiration buccale

La respiration buccale entraîne un assèchement de la cavité orale. Cet état favorise des changements de la population bactérienne. On notera une multiplication des bactéries Gram- produisant des CSV à partir des protéines. (26)

En plus de provoquer une halitose intra-orale, les modifications de la flore bactérienne, les variations de la quantité et de la qualité de la salive favoriseront des amygdalites et tonsillites responsables dans un second temps d'halitose extra-orale. (8)

Une étude réalisée sur 55 enfants séparés en 2 groupes, un groupe de respiration nasale et un groupe de respiration buccale, montre qu'il y a une association entre la respiration buccale et l'halitose. (56)

3.3.4. Les pathologies pulmonaires et des voies aériennes

Les pathologies pulmonaires seront divisées en deux parties : les pathologies des voies aériennes supérieures ou de la sphère ORL et celles des voies aériennes inférieures. (21)(30)

3.3.4.1. Les pathologies des voies aériennes supérieures ou de la sphère ORL

Il est à noter que dans les causes extra-orales de l'halitose, les pathologies de la sphère ORL sont plus fréquemment responsables de la diffusion des mauvaises odeurs comparées aux autres causes extra-orales, notamment en raison des proximités anatomiques de la bouche et du nez. (2)

Dans ce genre de pathologies, on détectera une activité bactérienne importante, responsable de la libération des composés soufrés volatils et non soufrés. Cela entraînera une diffusion par la respiration d'odeurs nauséabondes. (21)

Les pathologies ORL en question peuvent être séparées en différentes catégories (21)(2)(8)(19) :

- Les phénomènes physiologiques : l'écoulement post-nasal qui dégagera des odeurs d'œuf pourri en raison de la libération dans l'air expiré de sulfure d'hydrogène et de méthylmercaptop.
 - Les pathologies infectieuses :
 - Les pathologies aiguës : les angines, les phlegmons ;
 - Les pathologies chroniques : rhinites chroniques croûteuses, sinusite purulente chronique unilatérale, sinusite mycosique non invasive, rhinolithes, amygdalite chronique infectante et caséuse, angine de Vincent.
- ⇒ Ces pathologies infectieuses diffuseront des odeurs d'œuf pourri et de chou en putréfaction en raison de l'augmentation de la production de sulfure d'hydrogène et de méthylmercaptop.

- Les pathologies tumorales malignes : les pathologies tumorales telles que le carcinome épidermoïde végétant ou ulcérant produiront une grande quantité de CSV, notamment le sulfure d'hydrogène et le méthylmercaptopan, par nécrose et ulcération des tissus responsables d'halitose.
- La présence de corps étrangers dans le nez, touchant principalement des patients jeunes, aura pour conséquence une réaction inflammatoire. Dans certains cas, cela pourra entraîner une infection produisant des CSV diffusant une odeur nauséabonde d'œuf pourri et de chou.

3.3.4.2. Les pathologies des voies aériennes inférieures

L'air expiré des poumons de patients souffrant de pathologies, peut contenir des molécules odorantes et provoquer une halitose. (40)

Dans le cas d'un abcès aux poumons, une prolifération de bactéries notamment anaérobies, en sera la conséquence. Ainsi une odeur d'égout pourra parfois être identifiée lors de l'expiration. (40)

La bronchite chronique provoquera une irritation des muqueuses ainsi que la production d'un mucus favorable aux proliférations de bactéries responsables de la production de mauvaises odeurs.(2)

La tuberculose sera responsable d'une infection libérant des mauvaises odeurs.(2) On constatera également une augmentation, dans l'air expiré, des molécules suivantes : le tridécane, le 2-butyl-1-octanol et le 4-méthyl-dodécane. (26)

Les cancers dans les stades avancés provoquent des ulcérations, nécroses et surinfections responsables d'halitose. (2)

Dans le cas de l'asthme et de la maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC) et de la mucoviscidose, une augmentation plus ou moins importante de monoxyde

d'azote (odeur douceâtre à piquante) sera détectée en raison de l'inflammation pulmonaire et du stress oxydatif. (40)(38)

Chez les patients souffrant d'hypertension pulmonaire, la quantité des molécules odorantes expirées augmente d'autant plus que la pathologie est avancée. (26)

L'asthme, la MPOC, le cancer du poumon et d'autres maladies respiratoires aiguës et chroniques sont responsables de la production d'une cinquantaine de composés organiques volatils engendrant l'halitose. (26)

Les hydrocarbures (notamment pentane et éthane), le monoxyde de carbone et le peroxyde d'hydrogène augmenteront dans l'air expiré des patients aux pathologies suivantes : l'asthme, la maladie pulmonaire obstructive chronique, l'apnée du sommeil, la pneumonie, le cancer et la mucoviscidose. Néanmoins, certains composants rappelés ci-dessus sont considérés comme étant inodores. Ces maladies pulmonaires n'auront donc pas toutes des effets sur l'halitose, mais il est quand même important de mentionner ces modifications sur l'air expiré pouvant permettre le diagnostic de ces pathologies graves. (40)

3.3.5. Les pathologies gastro-intestinales

Contrairement à l'idée reçue que les pathologies gastro-intestinales sont une des principales causes d'halitose, il est important de préciser qu'elles le sont rarement. Néanmoins, celles-ci peuvent tout de même être à l'origine de la production de composés organiques volatils libérés dans l'air expiré et ceci de deux manières différentes : (26)

- Non hématogène : par diffusion à travers le sphincter gastrique et le long de l'œsophage.
- Hématogène : diffusion dans le sang des molécules odorantes produites dans le système de digestion et élimination par les voies respiratoires.

Les pathologies gastro-intestinales suivantes seraient responsables d'halitose : (2)(8)(19)(26)(55)

- La production de CSV dans l'estomac en raison d'une infection bactérienne de la famille Gram- : *Helicobacter pylori*. Les CSV piégés par le sphincter de l'œsophage ne seront détectables dans l'air expiré que lors d'éructions et vomissements.
- Le reflux gastro-œsophagien provoque une remontée du contenu de l'estomac responsable d'une putréfaction et d'une inflammation des muqueuses produisant ainsi des mauvaises odeurs d'œuf pourri et de chou en raison de la production de sulfure d'hydrogène et de méthylmercaptan. Une quantité de 1,2ml/10min en position couchée et 6,8ml/10 min en position assise de gaz libéré est considéré comme normal. En plus de libérer des mauvaises odeurs, le reflux de substances acides modifie la gustation et provoque de fausses sensations gustatives pouvant engendrer une halitose subjective.
- La sténose du pylore, caractérisée par des vomissements après les repas en raison d'une obstruction entre l'estomac et l'intestin, sera responsable de la même manière que le reflux gastro-œsophagien d'halitose.
- L'obstruction duodénale entrainera la production d'acide butyrique occasionnant une odeur rance.
- Le syndrome de malabsorption, comme la maladie de cœliaque et la maladie de Crohn, provoque des difficultés d'absorption. Ces syndromes se caractérisent par un excès de fermentation et de putréfaction aboutissant à la production importante de gaz malodorant. Ils seront diffusés soit par expiration pulmonaire soit par renvoi et à l'origine d'halitose.
- La constipation, par stagnation des matières fécales à l'intérieur du côlon produira des molécules odorantes. Le scatol ayant une odeur fécale caractéristique se diffusera par le sang et se libère dans l'air expiré.
- Les cancers du côlon malins ou bénins libèrent par l'air expiré des molécules telles que le 2-propènenitrile, le furfural, le 2-butoxy-éthanol, l'hexadécane, le 4-méthyl-octane, le 1,2,3-tri-méthylbenzène, l' α -méthyl-styrène.
- Dans le cas de maladies inflammatoires de l'intestin, comme la colite ulcéreuse ou à nouveau la maladie de Crohn, un phénomène de stress oxydatif et une inflammation seront responsables de la création de

composés organiques volatils notamment d'acides organiques à chaîne courte : l'acide butyrique dégageant une odeur rance.

- L'infection à *H. pylori* sera responsable d'une halitose intra-orale. En effet une quantité plus importante de molécules odorantes intra-orales se retrouvent chez les patients infectés. De plus, elle produit dans le système digestif des molécules odorantes CSV à partir de cystéine-méthionine qui seront diffusées jusque dans l'air expiré de manière hémotogène et non hémotogène.

3.3.6. Les pathologies hépatiques

Les pathologies hépatiques provoqueront une halitose extra-orale hémotogène. (55) Lors de pathologie hépatique grave comme la cirrhose, il a été démontré la présence plus importante dans l'haleine de CSV, notamment le sulfure de diméthyle libérant une odeur de chou pourri. (8)(39) Mais aussi, une odeur de soufre caractéristique sera dégagée lors de l'analyse de l'haleine d'autres pathologies hépatiques. (36)

Une quantité plus importante d'ammoniac dans l'air expiré peut aussi être une conséquence d'une pathologie hépatique. (38)

Les états alcooliques du foie, ainsi que le cancer du foie sont modifiés les composés organiques volatils tels que l'acide propanoïque, acide isobutyrique, acide isovalérique l'alcool isopropylique, le 1-hexadécaneol et l'octane. (26)(55)

Associée à cette halitose, on constatera également une libération de ces molécules par la transpiration, caractérisée par une odeur de poisson, due à la production importante de triméthylamine, présente aussi dans les urines. (55)

3.3.7. Les pathologies rénales

Dans le cas de pathologie rénale terminale grave, une augmentation de diméthylamine et triméthylamine responsable d'une haleine urémique a été déterminée, appelée « *foetor urémique* ». (39)(26) L'odeur dégagée dans ce cas est une odeur de poisson. (36) Comme pour le cas des pathologies hépatiques, de l'ammoniac est détecté dans l'air expiré des patients atteints de troubles rénaux. (38)(30) Une étude s'est intéressée au lien entre les insuffisances rénales chroniques et la quantité d'ammoniac produite

en comparant la quantité d'ammoniac exhalée par un individu avant et après 3 heures de dialyse. Elle est 10 fois moins importante après le traitement. (26) Les patients atteints d'insuffisance rénale, en plus de l'ammoniac, produisent une quantité plus importante d'urée, d'isoprène et autres hydrocarbures. (26)

3.3.8. La leucémie

Chez les patients atteints de leucémie, on constate une halitose hématogène associée à la production de diméthylsulfure dégageant une odeur désagréablement sucrée, du sulfure d'hydrogène caractérisé par son odeur d'œuf pourri et du méthylmercaptopan dégageant une odeur de chou pourri. (8)

3.3.9. Les pathologies systémiques ou hormonales

Certains troubles métaboliques seront responsables d'halitose extra-orale hématogène. (55) C'est le cas notamment du diabète. Lors d'acidocétose diabétique, un phénomène de décarboxylation de l'acéto-acétate aura pour conséquence une augmentation de la quantité d'acétone, voire de 2-pentanone et 2-butanone dans le sang. Celle-ci sera par la suite éliminée dans l'air alvéolaire et ainsi responsable d'une haleine cétonique caractérisée par une odeur de pomme verte. (26)(40)(55)

Le diabète sera donc responsable d'une halitose extra-orale, mais jouera aussi un rôle dans l'halitose intra-orale : en effet, cette pathologie provoque une perturbation des flux salivaires ayant pour conséquence un assèchement de la cavité buccale. (21)

Les périodes de menstruations auraient aussi un impact sur la production de molécules odorantes du fait des changements hormonaux. Il n'y a pas eu beaucoup d'études réalisées sur ce sujet. Néanmoins, Kawamoto et al. ont remarqué que chez les femmes souffrant de parodontite en période folliculaire, on constate une augmentation des saignements gingivaux, ainsi qu'une diminution de la capacité antioxydante de la salive et une augmentation de la population bactérienne *Prevotella intermedia*. Celle-ci entraîne l'augmentation de la libération de composés odorants, notamment le

diméthylsulfure dégageant une odeur désagréablement sucrée. (8)(30) De plus, on remarque la production plus importante de triméthylamine lors des menstruations. (35)

Le syndrome des odeurs de poisson ou triméthylaminurie est une pathologie rare caractérisée par sa forte production en triméthylamine. Cette dernière, dérivée de l'ammoniac, provoque une odeur de poisson pourri très désagréable dégagée par la transpiration, l'urine et la respiration. Ce syndrome serait la conséquence d'un polymorphisme au niveau du gène codant pour l'enzyme de la flavine mono-oxygénase entraînant un défaut de son activité d'oxygénation de la thriméthylamine. (8)(35)

3.3.10. Les maladies auto-immunes

3.3.10.1. Le syndrome de Sjögren

Un patient souffrant du syndrome de Sjögren aura comme symptôme une halitose d'origine intra-orale, s'expliquant par la diminution de la sécrétion des glandes salivaires. (21)(2)

3.3.10.2. La polyarthrite rhumatoïde

Cette maladie auto-immune engendre principalement une atteinte au niveau des articulations, mais dans certains cas elle peut comme le syndrome de Sjögren occasionner une atteinte au niveau des glandes salivaires et entraîner une hyposialie, source d'halitose. (2)

3.3.10.3. Le lupus érythémateux disséminé

Dans le cas de cette maladie auto-immune, on constatera une atteinte des tissus conjonctifs du corps se traduisant dans la sphère orale par des ulcérations libérant des CSV responsables d'halitose. (2)

3.3.11. La prise de médicaments et de traitements

La prise de traitements et de médicaments peut provoquer une halitose orale et extra-orale selon 2 processus différents : (8)

- Action directe
 - Soit sur l'activité des bactéries favorisant la production de mauvaises odeurs.
 - Soit en libérant directement des molécules odorantes.
- Action indirecte, la substance agira sur le fonctionnement d'un système qui, secondairement provoquera l'halitose comme le flux salivaire ou l'inflammation des gencives.

La prise de certains médicaments tels que la phénytoïne, la cyclosporine, certains contraceptifs ou les inhibiteurs calciques provoque une hypertrophie et une inflammation de la gencive qui entrainera une halitose. En plus de provoquer une inflammation, l'hypertrophie potentialise l'effet de l'halitose en compliquant voire en rendant impossible, l'hygiène dentaire. (2)(8)

La prise d'antidépresseurs, antipsychotiques (sels de lithium, phénothiazine), anxiolytiques (benzodiazépines), diurétiques, antihypertenseurs, d'antibiotiques (métronidazole), antirhumatisme (pénicillamine), antiépileptiques, antiparkinsoniens, chimiothérapie, bisphosphonates, griséofulvine, antihistaminiques, et radiothérapie affectent la production salivaire de façon quantitative (hypofonctionnement des glandes salivaires) et qualitative (diminution du pH) et par conséquent auront un effet sur l'halitose. (21)(8)

La consommation abusive de drogues notamment des amphétamines pourra être responsable d'halitose extra-orale en diminuant la production des glandes salivaires et modifiant la composition de la salive favorisant la libération de CSV. (8)

3.3.12. Le jeûne

Lors d'un jeûne prolongé, on remarque une augmentation de la quantité d'acétone. En effet, la concentration normale d'acétone dans l'air expiré étant de à 0,4 ppm, pendant des périodes de jeûne ce nombre peut atteindre 5,8ppm. (39)

Cette augmentation est la conséquence de la cétogénèse. Le corps, ne pouvant plus créer de l'énergie à partir du sucre contenu dans notre alimentation, en obtiendra par la production des corps cétoniques à partir des graisses. Les corps cétoniques en question sont l'acétoacétate, le bêta-hydroxybutyrate et l'acétone. (2) L'odeur expirée sera similaire à celle ressentie lors de l'acidocétose diabétique : une odeur sucrée de pomme verte. (26)

La mauvaise odeur ressentie lors d'un jeûne est aussi favorisée par la diminution de la quantité salivaire, la putréfaction des tissus parodontaux et de l'enduit lingual. (2)

3.3.13. L'alimentation

Certains aliments ou régimes alimentaires auront un effet sur l'halitose.

Tout d'abord, les produits laitiers contenant beaucoup d'azote et surtout des protéines riches en soufre, qui lors de leur décomposition par les bactéries, seront libérées en bouche et donneront mauvaise haleine. (2)(8)

L'ail et l'oignon lors de leur décomposition par les bactéries de la cavité buccale vont libérer des composés sulfurés, le sulfure d'allylméthyle et le sulfure de méthyle et de propyle, respectivement responsables d'une halitose intra-orale immédiate. (2) À cela s'ajoute une halitose extra-orale hématogène, car lors de la digestion, 3 heures après l'ingestion, ces composés sulfurés passeront dans le sang à travers les parois de l'intestin et seront libérés dans l'air expiré. (8)(22)

Un régime riche en protéines aura aussi un effet sur l'halitose. Plus il y a de protéines, plus il y aura de substrat pour la production des CSV par les bactéries. De plus, les

protéines vont favoriser un milieu pH alcalin permettant la prolifération des bactéries Gram – et donc une augmentation des CSV responsables de l'halitose. (2)

De notoriété commune, le café est aussi responsable d'halitose. Néanmoins, il est intéressant de noter qu'une étude s'est intéressée à la production de CSV dans la salive in vitro après consommation de café. L'étude conclut non seulement à une diminution de la production de CSV par une action antibactérienne, bactériostatique du café, mais aussi une action antioxydante. (53)(17)

L'alcool par son aspect volatil provoquera une halitose intra-orale immédiate. De plus, l'alcool contenu dans le sang, étant éliminé par la voie respiratoire, entrainera une halitose hémotogène extra-orale. Dans les cas d'alcoolisme chronique, d'autant plus s'il est combiné au tabagisme, on constatera une aggravation de l'halitose par l'induction d'un stress oxydatif et de la sécheresse buccale. (2)(8)

3.3.14. Le tabac

Le tabac entraîne une halitose d'origine intra et extra-buccale. (34) La fumée de cigarette, contenant naturellement des CSV, libère directement des molécules odorantes. (34) De plus, un fumeur régulier subira un assèchement buccal par la chaleur dégagée, mais aussi des problèmes parodontaux et enfin une accumulation de nicotine dans les muqueuses conduisant à une halitose intra-orale. (2)(8) Une halitose extra-orale se développe par la suite, car la quantité de composés sulfurés augmente dans les poumons chez les fumeurs. (50) La quantité d'acétone contenue dans l'air expiré d'un individu est plus importante chez un fumeur qu'un non-fumeur. (39)

3.3.15. La pyrexie

Dans le cas d'épisode fébrile, les patients libéreront par les voies respiratoires du diméthylsulfure caractérisé par une odeur piquante de chou en putréfaction. (8)

3.3.16. Les troubles psychologiques

Dans le cas d'halitose vraie, le stress pourra être un facteur aggravant. En effet chez ces patients, on remarque une augmentation de la production de CSV et de triméthylamine. De plus, il y aurait une diminution des flux salivaires entraînant notamment la stagnation du bol alimentaire avec pour conséquence la putréfaction et la production de molécules odorantes par les bactéries. Néanmoins, peu d'études ont prouvé cette hyposialie provoquée par le stress du fait de la difficulté pour certaines personnes d'avouer leur état, de peur d'être stigmatisées comme ayant un problème psychologique. (8)(35)

Dans le cas de boulimie ou d'anorexie, les vomissements répétés provoquant non seulement la libération de mauvaises odeurs, mais conduisent aussi à une inflammation responsable d'halitose vraie. (2)

Chez certains patients souffrant d'anxiété, d'hypocondrie, de dépression, voire plus rarement d'une psychose, d'une schizophrénie ou d'une paranoïa, une pseudo-halitose ou une halitophobie sous-jacente peuvent être symptomatiques. (2)(8)

Comme décrit précédemment, dans ces cas d'halitose associés à des troubles psychologiques, notre rôle est principalement le diagnostic, l'éducation à l'hygiène et l'accompagnement du patient vers un confrère psychologue ou psychiatre. (2)

4. LES MÉTHODES DE DIAGNOSTICS DE L'HALITOSE

4.1. Examen clinique

Un consensus des autorités internationales a résumé la prise en charge d'un patient souffrant d'halitose chez un chirurgien-dentiste (Figure 5). Ce consensus propose de réaliser la prise en charge en plusieurs étapes : (18)

- Avant le premier rendez-vous :
 - o L'anamnèse générale, dentaire et d'halitose.
 - o Des instructions préalables dans le but de réaliser un premier rendez-vous le plus représentatif possible.
- Premier rendez-vous qui portera sur :
 - o Confirmation et approfondissement de l'anamnèse générale dentaire et d'halitose
 - o Examen exobuccal
 - o Examen endobuccal
 - o Examens radiographiques
- Diagnostic en 2 étapes : un test organoleptique et la recherche des composés sulfurés volatils, CSV.
- Traitement en fonction du diagnostic.

Les défis du diagnostic seront : (57)

- De confirmer la présence de mauvaises odeurs pour identifier une pseudo-halitose ou une halitophobie.
- De différencier halitose intra-orale et extra-orale.

La provenance des mauvaises odeurs est différente en fonction de l'origine de l'halitose. En effet, une halitose intra-orale ne dégagera que des mauvaises odeurs de la bouche et non pas du nez. En revanche, une halitose extra-orale hémotogène ou non hémotogène dégagera des mauvaises odeurs non seulement de la bouche, mais également du nez. Néanmoins, certaines halitoses extra-orales ne seront détectables que par le souffle nasal. C'est le cas pour toutes pathologies extra-orales situées au-dessus de la gorge, telles qu'un rhume ou une sinusite par exemple. (22)

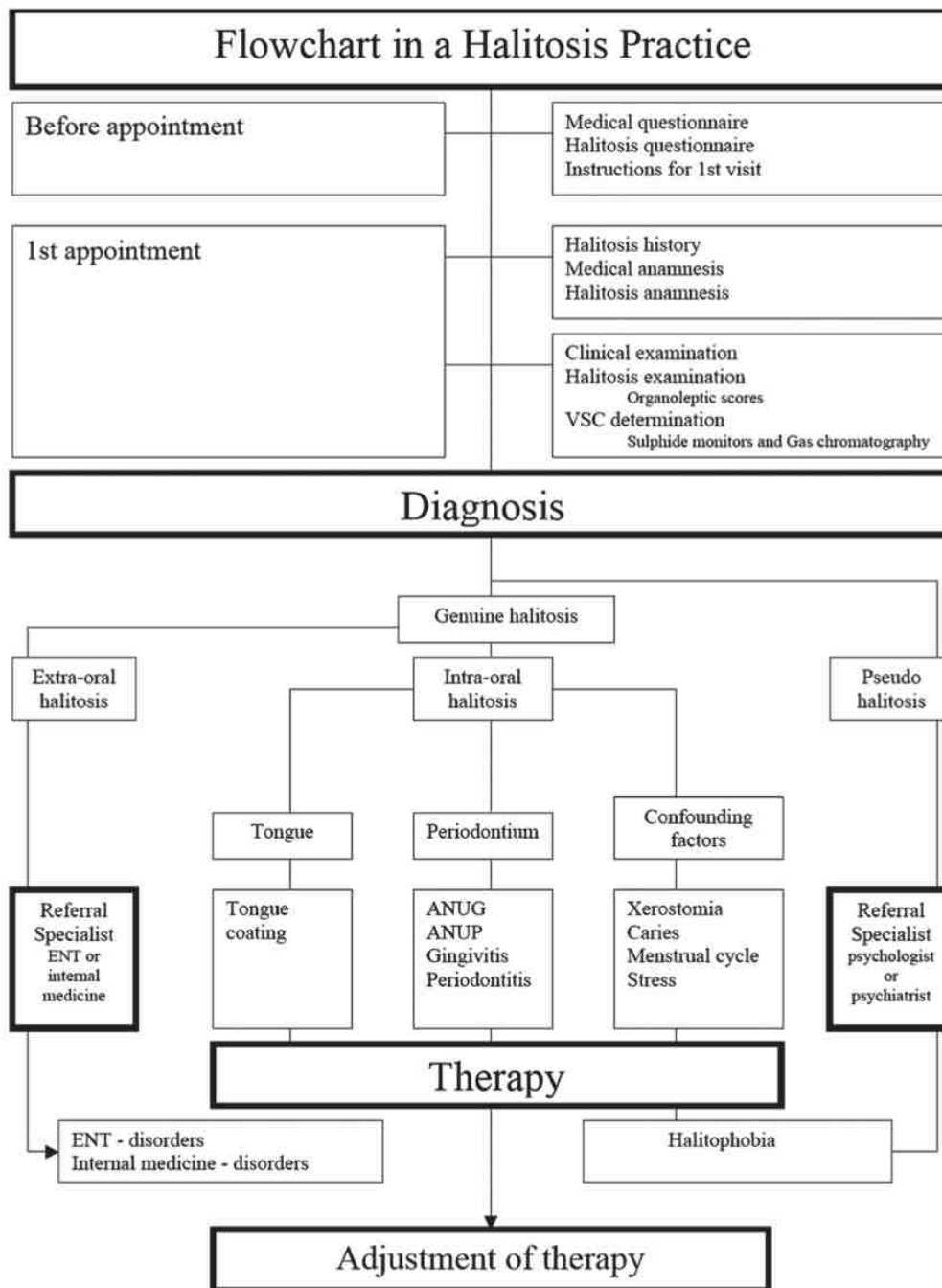


Figure 5 : schéma de la prise en charge chez un chirurgien-dentiste d'un patient venant en consultation d'halitose (19)

La différenciation entre une origine intra-orale et extra-orale est très importante lors du diagnostic. Outre le fait qu'un traitement efficace dépend du bon diagnostic, une halitose extra-orale est associée à une maladie systémique plus ou moins grave. Un mauvais diagnostic pourra ainsi avoir comme conséquence non seulement de ne pas traiter l'halitose, mais plus grave encore, elle pourra engendrer un retard dans le

traitement d'une pathologie telle qu'une maladie du rein, du foie, de l'appareil gastro-intestinal ou respiratoire, un diabète ou un cancer. (26)

L'halitose intra-orale a une étiologie locale. Les molécules CSV sont principalement responsables de cette dernière (en bleu sur la Figure 6). L'halitose extra-orale a une étiologie régionale et distale, les molécules qui en sont principalement responsables sont en général les non-CSV (en vert sur la Figure 6). (26)

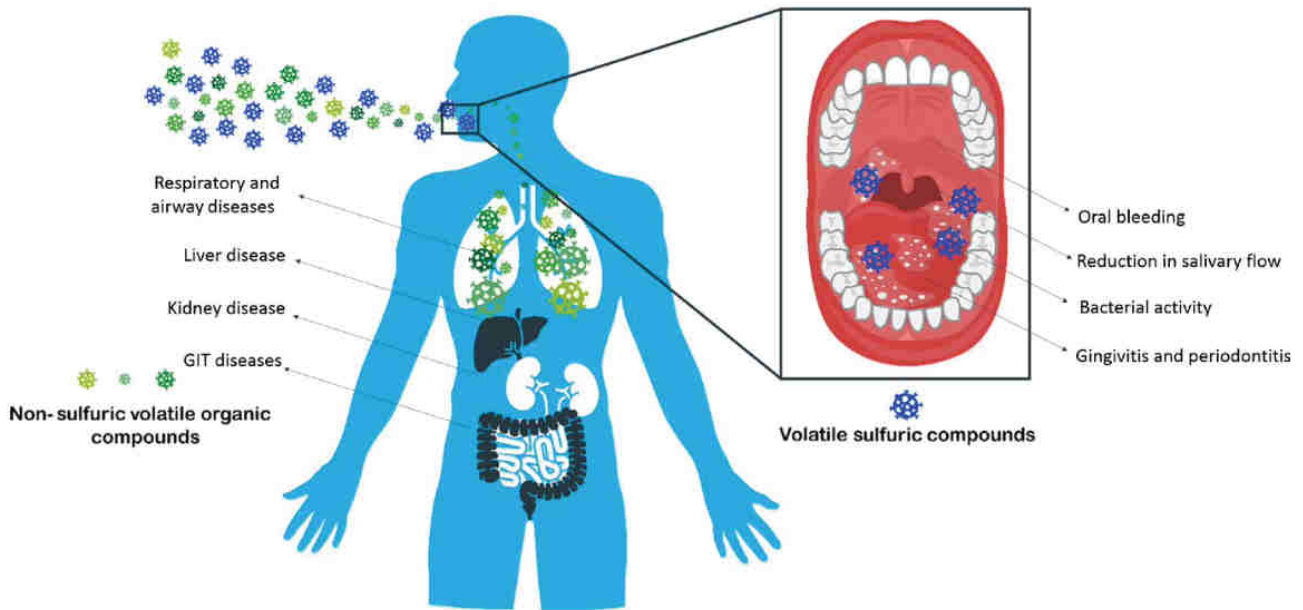


Figure 6 : Schéma de l'origine des molécules odorantes (26)

Une halitose intra-orale sera donc principalement diagnostiquée en recherchant des CSV. À l'inverse, l'halitose extra-orale ne se caractérise pas par une molécule odorante, mais par un ensemble de molécules ayant des concentrations plus ou moins précises. À noter que ces molécules ne contiennent en général pas de soufre. (26)

Une étude, réalisée sur 731 patients, a permis d'individualiser 13 composés organiques volatils odorants ou « biomarqueurs volatils » présents dans 16 maladies systémiques différentes à des concentrations précises détectées par chromatographie en phase gazeuse à spectromètre de masse. Les variations entre les différentes pathologies sont de l'ordre de plusieurs centaines parties par milliard (ppm) en volume. (26)

La figure 7 suivante montre les résultats de l'étude décrite ci-dessus (Figure 7). Les 16 maladies systémiques sont : cancer du poumon, cancer colorectal, cancer des ovaires, cancer de la vessie, cancer de la prostate, cancer du rein, cancer de l'estomac, la maladie de Crohn, Rectocolite hémorragique, maladie du côlon irritable, parkinson idiopathique, parkinsonisme atypique, cancer de la tête et du cou, sclérose en plaque, hypertension pulmonaire, toxémie prééclampsie. Les 16 maladies sont représentées en fonction de la concentration des 13 molécules présentes dans l'air expiré selon une échelle de couleur des concentrations (rouge étant la plus forte concentration). (26) Les 13 molécules sont : (26)

- VOC-01 : le 2-éthylhexanol,
- VOC-02 : le 3-méthylhexane,
- VOC-03 : le 5-éthyl-3-méthyl-octane,
- VOC-04 : l'acétone,
- VOC-05 : l'éthanol,
- VOC-06 : l'éthyle acétate,
- VOC-07 : éthylbenzène,
- VOC-08 : isononane,
- VOC-09 : isoprène,
- VOC-10 : nonanal,
- VOC-11 : styrène,
- VOC-12 : toluène,
- VOC-13 : undécane.

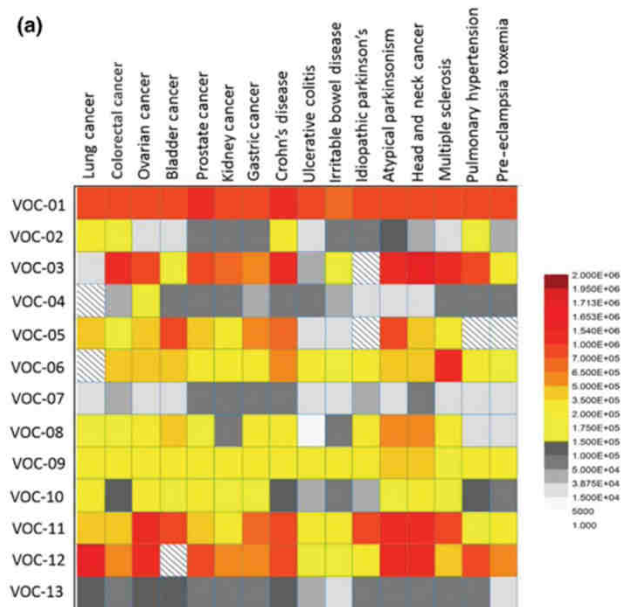


Figure 7 : quantité des composés organiques volatils produits pathologiquement résultant du métabolisme de 16 maladies systémiques. (26)

La quantification de ces composés organiques volatils, COV, n'est possible pour l'instant qu'avec l'utilisation de la chromatographie en phase gazeuse à spectromètre de masse. (26)

Il est important, quand un patient vient en consultation pour suspicion d'halitose, de réaliser une bonne anamnèse et un examen clinique détaillé afin d'identifier l'ensemble des facteurs de risques pouvant être responsables d'halitose (lésions carieuses importantes, prise de certains médicaments, maladie parodontale chronique ...). (25) Comme expliqué précédemment, cette séance de consultation se déroulera en plusieurs étapes : (2)

- Instructions préalables
- Anamnèse
- Examen exobuccal
- Examen endobuccal
- Examens radiographiques
- Examens complémentaires (les moyens de diagnostic complémentaires seront développés par la suite)

4.1.1. Les instructions préalables

Pour la réalisation d'un diagnostic fiable, le patient devra au préalable respecter les règles suivantes : (13)(42)(57)

- 3 à 4 semaines avant le test : éviter les antibiotiques, car la production des mauvaises odeurs est due à l'activité bactérienne.
- Dans les 48 heures avant le test : éviter de manger des aliments odorants tels que l'ail, l'oignon et la nourriture épicée.
- Dans les 24 heures avant le test : éviter l'utilisation de produits cosmétiques parfumés, et le nettoyage de la langue.
- Dans les 12 heures avant le test : éviter de fumer.
- Le matin avant l'examen : ne pas ingérer de la nourriture et des boissons (hormis de l'eau), éviter les soins d'hygiène bucco-dentaire (brossage des dents et nettoyage inter-dentaire) ou seulement à l'eau, éviter d'utiliser des moyens de rafraîchissement de l'haleine (bain de bouche, chewing-gum, ...). Certains centres d'halitose laissent les patients se brosser les dents sans dentifrice et à l'eau le matin et autorisent à manger un petit déjeuner pour exclure l'halitose physiologique. Dans ce cas, le test devra se faire au minimum 2 heures après.
- 1 heure avant : ne pas boire d'eau

4.1.2. Anamnèse

En annexe, on retrouvera une proposition de questionnaire de l'université de Bâle. (18)

Dans tous les cas, il faudra veiller aux notions décrites ci-dessous.

4.1.2.1. Questionnaire sur l'état de santé général

Le but du questionnaire est de déterminer s'il y a des facteurs de risque qui pourraient prédisposer à l'halitose extra-orale. Il doit être complet, il est important de vérifier :

(2)(8)(57)

- Informations du patient : âge, sexe, profession. (2)
- Les pathologies systémiques dont pourrait souffrir le patient : (2)(8)(18)

- Aigües: notamment la sphère ORL en raison de sa proximité avec la bouche (angine, saignement nasal, écoulement nasal ou post-nasal, obstruction nasale, rhume, ...). (2)(31)
- Chroniques : diabète, pathologies pulmonaires, rénales, hépatiques, gastro-intestinales, reflux gastriques, maladies auto-immunes (syndrome de Sjögren, polyarthrite rhumatoïde, Lupus érythémateux disséminé ...), allergie, écoulement post-nasal. (2)(18)
- Les traitements médicamenteux : (2)(8)(18)
 - Les traitements provoquant une hyperplasie gingivale (phénytoïne, la cyclosporine ou les inhibiteurs calciques). (2)
 - Les traitements ayant un effet sur la production salivaire (antidépresseurs, antipsychotiques, antihypertenseurs, diurétiques, chimiothérapie). (2)
 - Les traitements libérant directement des mauvaises odeurs. (2)
- La consommation de tabac : à quelle fréquence, depuis combien de temps, combien de cigarettes par jour... (2)(8)
- Respiration buccale, apnée du sommeil. (18)

4.1.2.2. Questionnaire sur les habitudes concernant l'état dentaire

Dans 85 à 90 % des cas, l'halitose est intra-orale. Il est important avant l'examen de connaître les habitudes du patient concernant : (2)(18)(57)

- Sa dernière visite chez un dentiste et la fréquence à laquelle il y va. (2)
- S'il craint d'aller chez le dentiste, ce qui pourrait entraîner un défaut de soins. (2)
- Ses habitudes concernant son hygiène dentaire : le nombre de brossage par jour, la technique de brossage, brossage manuel ou électrique, nettoyage inter-dentaire, nettoyage de la langue, son dentifrice, bain de bouche, utilisation de produit pour masquer les odeurs (bonbons à la menthe, spray, chewing-gums...). (2)(18)

4.1.2.3. Questionnaire sur l'halitose

Il peut être intéressant pour le diagnostic de l'halitose de demander au préalable : (2)(31)

- Le facteur F.I.D.O : (58)
 - o Fréquence : le moment d'apparition des mauvaises odeurs et si c'est lui ou une tierce personne qui s'en est aperçue. (2)(18)(31)
 - o Intensité : le patient évalue sa propre halitose. (2)(31)
 - o Durée : c'est-à-dire l'évolution de l'halitose : depuis l'apparition et au long de la journée. (2)(31)
 - o Le caractère Offensant : le caractère désagréable de l'odeur. (58)
- Le nombre de professionnels de santé qu'il a déjà consultés. Si le patient nous explique qu'il a vu de très nombreux praticiens, pris de nombreux traitements, il souffre peut-être de pseudo-halitose. Mais attention à ne pas le prendre en charge avec des préjugés et à bien réaliser l'examen clinique jusqu'au bout pour n'écartier aucune possibilité. (2)(31)
- Les habitudes alimentaires du patient : oignon, ail, épices, jeûne intermittent, café, alcool, consommation de tabac, régime riche en protéines ... (2)(31)
- Le patient est-il stressé, se met-il à l'écart et évite-t-il de communiquer avec d'autres personnes. (14)(18)(31)
- Les antécédents d'halitose : le patient en a-t-il déjà souffert. (14)(31)

La perception de sa propre odeur, de la fréquence ou autre n'est pas fiable. Les patients ont en effet souvent tendance à surévaluer l'odeur désagréable, particulièrement chez les femmes. C'est pourquoi, il est conseillé au patient de réaliser ce questionnaire accompagné d'un proche. (57)(59)

4.1.3. Examen exobuccal

L'examen exobuccal est une première appréciation de l'état du patient. Dans le but de rechercher des pathologies pouvant être responsables d'halitose, on évaluera :

- La symétrie faciale : s'il y a une asymétrie au niveau des glandes parotides, signe de lithiase des glandes salivaires et d'une modification du flux salivaire. (2)
- La présence de fistule cutanée ou cellulite, zone infectieuse responsable de libération de molécules odorantes. Dans ce genre de cas d'infection aiguë, le patient, subissant de fortes douleurs, aura très rarement un motif de consultation primaire de soins d'halitose. Néanmoins, ce genre de profil est souvent associé à des mauvaises habitudes d'hygiène, des lésions carieuses, des pathologies du parodonte (gingivite) pouvant ainsi dans un second temps être responsables d'halitose. (2)
- La présence d'adénopathies qui peuvent indiquer une origine infectieuse, aiguë ou chronique, ou une origine tumorale, maligne ou bénigne, responsable dans un second temps d'halitose. (2)
- Des examens fonctionnels : tels que la déglutition. Si avaler sa salive peut être difficile et provoquer des douleurs, cela peut être un indicateur d'une pathologie infectieuse aiguë telle que l'angine, responsable dans un second temps de libération de CSV. On peut aussi regarder le type de respiration du patient, en effet une respiration buccale est responsable d'un assèchement et d'halitose. (2)

4.1.4. Examen endobuccal

Dans 85 à 90 % des cas, l'halitose est d'origine intra-orale, un bilan détaillé et précis de l'état endobuccal est plus qu'essentiel. Certains indices seront utiles afin évaluer la situation intra-orale du patient : (2)

4.1.4.1. Muqueuse, tissus mous, langue

On recherchera sur l'ensemble des muqueuses des joues, du palais, du pharynx, des amygdales, de la langue et du plancher lingual, des zones érythémateuses, d'ulcérations, de traumatismes, de fistules, d'infection, d'hyperplasie pouvant être signes de la prolifération bactérienne et de la production de molécules odorantes. (2)(32)(57)

L'enduit lingual, composé de bactéries, de résidus alimentaires, de cellules desquamées, est une des principales sources de production de CSV dans la bouche. C'est pourquoi des indices pour évaluer l'enduit lingual ont été développés : (2)(16)

- Les critères de Kojima classent l'enduit lingual en fonction de son étendue et de son épaisseur selon une échelle : (2)(51)
 - Score 0 : l'enduit est non visible.
 - Score 1 : moins d'un tiers de la langue est recouvert d'un enduit fin.
 - Score 2 : moins de 2/3 de la langue est recouvert d'un enduit fin ou moins de 1/3 est recouvert d'un enduit épais.
 - Score 3 : plus de 2/3 de la langue est recouvert d'un enduit fin ou moins de 2/3 est recouvert d'un enduit épais.
 - Score 4 : plus de 2/3 de la langue est recouvert d'un enduit épais.
- Un score selon les critères de Kojima simplifié a été proposé par Miyazaki et al. : (11)(54)
 - 0 : Pas de revêtement visible.
 - 1 : Moins d'un tiers de la surface du dos de la langue couverte.
 - 2 : Moins des deux tiers de la surface couverte.
 - 3 : Plus des deux tiers de la surface couverte.
- Un score mesurant l'épaisseur de l'enduit lingual est proposé selon l'échelle suivante : (44)
 - 0 : Pas de revêtement visible.
 - 1 : revêtement mince avec les papilles fines linguales visibles.
 - 2 : revêtement modéré avec les papilles fines linguales invisibles, mais papilles moyennes visibles.
 - 3 : revêtement épais avec les papilles linguales invisibles.
- Winckel et al. propose de diviser la langue en 6 régions (Figure 8). Chacune de ces zones obtiendra un score selon l'échelle suivante. Le score final sera obtenu en additionnant les scores des 6 régions : (2)(17)
 - Score 0 : pas d'enduit.
 - Score 1 : enduit fin.
 - Score 2 : enduit épais.

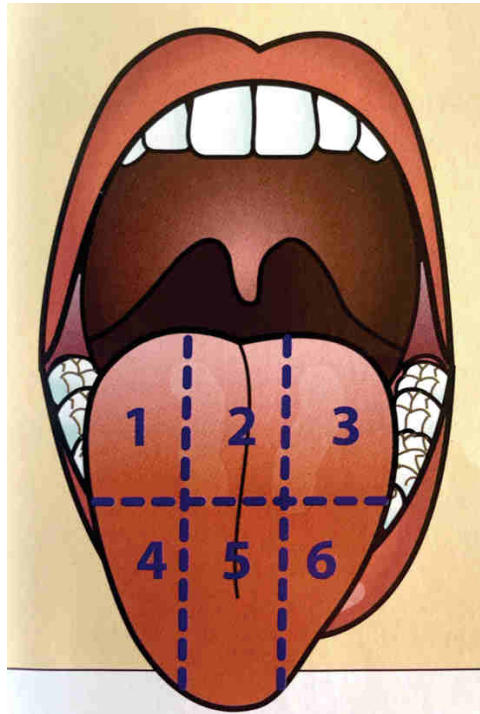


Figure 8 : Schéma des 6 régions linguales selon Winkel et al. (2)

- Oho et al., 2001, calcule le score d'enduit lingual selon le calcul suivant :
(14)(44)

Score d'épaisseur d'enduit lingual	X	Score de la surface d'enduit lingual	=	Score d'enduit lingual
---------------------------------------	---	---	---	------------------------

Le score de l'épaisseur d'enduit lingual est une échelle allant de 0 à 3 :

- 0 : pas de revêtement visible.
- 1 : revêtement mince avec les papilles fines linguales visibles.
- 2 : revêtement modéré avec les papilles fines linguales invisibles, mais papilles moyennes visibles.
- 3 : revêtement épais avec les papilles linguales invisibles.

Le score de la surface d'enduit lingual correspond à l'échelle simplifiée de Miyazaki et al. allant de 0 à 3 :

- 0 : pas de revêtement visible.
- 1 : moins d'un tiers de la surface du dos de la langue couverte.
- 2 : moins des deux tiers de la surface couverte.
- 3 : plus des deux tiers de la surface couverte.

4.1.4.2. Hygiène bucco-dentaire

Des indices pour évaluer l'hygiène bucco-dentaire ont été mis en place :

- L'indice de plaque de Silness-Löe qui évalue visuellement la quantité de plaque suivant l'échelle suivante : (60) (61)
 - Score 0 : pas de plaque visible.
 - Score 1 : couche de plaque fine visible au sondage sur le bord marginal de la gencive.
 - Score 2 : plaque modérée sur le bord marginal, visible à l'œil nu, mais n'atteignant pas les autres faces.
 - Score 3 : plaque abondante sur le bord des dents atteignant les autres faces des dents.

- L'indice d'hygiène permet d'obtenir un pourcentage d'hygiène en analysant la présence ou l'absence de plaque dentaire sur chacune des 4 faces (mésiale, distale, vestibulaire, linguale) de chacune des dents : soit 112 zones pour 28 dents. Puis on obtient le résultat en réalisant le calcul suivant :

$$\frac{\text{Nombre de sites présentant de la plaque}}{\text{Nombre de sites examinés}} \times 100 = \text{Indice d'hygiène}$$

Dans le but d'obtenir un résultat plus rapide tout en restant représentatif, nous pouvons réaliser les mesures seulement sur les dents de Ramfjörd, les 6 dents suivantes : 16 21 31 36 41 44. (2)

4.1.4.3. Parodonte

Comme expliqué précédemment, les maladies parodontales peuvent être responsables d'halitose. (16)(26)(57)

On évaluera la profondeur des poches via les récessions gingivales et les atteintes de furcation et donc la gravité de la parodontite à l'aide d'une sonde. (2) On utilisera pour cela l'indice CPITN (community periodontal index of treatment need) permettant de

réaliser une première mesure rapide de l'état parodontal. (60) On mesurera, à l'aide une sonde CPITN, sur 6 sextants sur 6 sites par dent (mésial, médian, distal en vestibulaire et linguale/palatin) et par sextant on aura un score selon l'échelle suivante : (62)(33)

- Grade 0 : aucune pathologie gingivale ou parodontale ; profondeur de sondage des poches entre 1 et 3 mm.
- Grade 1 : gingivite avec saignement au sondage et présence de biofilm et de tartre ; profondeur de sondage des poches entre 1 et 3 mm.
- Grade 2 : parodontite initiale ; profondeur de sondage de la poche jusqu'à 5 mm.
- Grade 3 : parodontite manifeste ; profondeur de sondage des poches de + 6 mm dans un maximum de trois sextants.
- Grade 4 : parodontite sévère ; profondeur de sondage des poches de + 6 mm dans quatre sextants ou plus.

L'évaluation de l'inflammation peut se faire en utilisant un indice de saignement : le PBI (Papilla Bleeding Index). À l'aide d'une sonde de Williams, on mesure sur chaque dent le niveau de saignement en fonction de l'échelle suivante : (2)(54)

- Grade 1 : présence d'un seul point de saignement 20 à 30 secondes après le sondage.
- Grade 2 : présence de plusieurs points de saignement ou d'une ligne fine au niveau de la gencive.
- Grade 3 : l'espace triangulaire inter-dentaire se remplit légèrement de sang.
- Grade 4 : saignement immédiat au sondage.

⇒ On obtient le PBI en réalisant le calcul suivant :

$$\frac{\text{Somme des scores}}{\text{Nombre de sites}} = \text{PBI}$$

Afin d'évaluer la gravité de la maladie parodontale, on pourra, à l'aide d'une sonde de Williams, définir la profondeur des poches en millimètre au niveau de chaque dent sur 6 points : 3 en vestibulaire et 3 en lingual/palatin. Au-delà de 4 mm, la profondeur est considérée comme étant pathologique. (54)

Dans le but d'obtenir un résultat plus rapide tout en restant représentatif, nous réalisons les mesures seulement sur les dents de Ramfjörd, les 6 dents suivantes : 16, 21, 31, 36, 41, 44. (2)

4.1.4.4. Dentaire

L'état dentaire joue un rôle dans la production de mauvaises odeurs pour les raisons suivantes : (2)

- Position des dents : une malposition dentaire, un encombrement, un défaut des points de contact seront des zones de rétention alimentaire conduisant à une putréfaction et libérant dans un second temps des mauvaises odeurs. (2)
- Infection dentaire : telles que des péri coronarites, les abcès dentaires et cellulites seront des zones de prolifération bactérienne importante et donc de création de mauvaises odeurs. (2)
- Lésion carieuse : comme expliqué précédemment une lésion carieuse profonde peut provoquer une rétention d'une partie du bol alimentaire et donc d'halitose. (2)

4.1.4.5. Soins et restaurations présents

À l'examen clinique (mais plus tard aussi à la radiographie), une vérification de l'état des reconstitutions présentes sera nécessaire : (2)(16)

- Leurs étanchéités ;
- Leurs adaptations.

4.1.4.6. Prothèses amovibles

L'examen des prothèses amovibles existantes est important. En effet, il faudra impérativement vérifier :

- L'état d'hygiène des prothèses. Des prothèses mal entretenues, du fait des porosités de la résine seront des zones de prolifération de bactéries

responsables de production de mauvaises odeurs dans un premier temps, mais aussi d'un risque de contamination des muqueuses telles que des mycoses et des inflammations. On peut aussi retrouver des débris alimentaires en putréfaction. (2)

- La finition des prothèses : Une prothèse pas assez polie ou avec des bords débordants ou rugueux risque de créer des lésions sur les muqueuses qui peuvent s'aggraver. (2)
- L'adaptation de la prothèse : une prothèse vieillissante n'étant plus adaptée (perte de poids) peut provoquer un épulis fissuratum responsable d'halitose. (2)

4.1.4.7. Salive

Comme expliqué précédemment, la salive joue un rôle dans l'halitose dans un premier temps par sa composition : (2)

- Le pouvoir tampon agissant sur le pH intra-oral.
- Les bactéries métabolisant du substrat en mauvaise odeur.
- Les substances organiques : glucides libres et glycoprotéines, lipides, acides aminés, acides organiques, des protéines et molécules azotées qui seront le substrat des bactéries dans la production de molécules odorantes.

Dans un second temps par son flux : en effet, une diminution du flux sera responsable d'un assèchement buccal.

Les méthodes diagnostiques pour évaluer la qualité de la salive et sa quantité sont les suivantes :

- À l'examen clinique, on recherche des signes montrant une diminution du flux salivaire : muqueuse sèche, présence de perlèches ... (2)
- Test du miroir : ce test consiste à réaliser un examen des muqueuses ; si le miroir reste collé, notamment sur la face dorsale de la langue, c'est qu'il y a un défaut de salive. (2)
- Test du pH : en utilisant un papier buvard pH-mètre, on pourra définir si la salive est bien à 6,8. Pour cela on place directement le papier sur la langue

- jusqu'à ce qu'il se colore. Cette couleur sera comparée à une échelle et ainsi on obtiendra le pH salivaire. (2)
- Test au sucre : on utilise un carré de sucre d'une taille prédéfinie (calibre 4) qu'on place dans la bouche. On évalue ensuite le temps qu'il met à fondre. 3 minutes étant le temps moyen, on considérera qu'à plus de 6 minutes le flux salivaire est pathologique. (2)
 - Test de la salive non stimulée : le patient n'avale pas sa salive et la crache dans un gobelet gradué pendant 5 min et on peut ainsi calculer le débit salivaire en (mL/min) : entre 0,25 et 0,45 ml/min le débit est normal, sous une valeur de 0,1ml/min on peut parler d'hyposialie.(43)
 - Test du chewing-gum : il permet de voir la quantité de flux salivaire stimulé. Le patient devra mastiquer un chewing-gum et toutes les 5 minutes, cracher la salive produite, il ne devra surtout pas l'avaler. (51)
 - Test de pression des canaux excréteurs des glandes salivaires principales (glandes parotides et sous mandibulaires). On évaluera la présence ou la modification du flux salivaire, en réalisant une pression manuelle au niveau des ostiums des canaux de Sténon et de Wharton. (2)
 - Biopsie des glandes salivaires accessoires : cet examen n'est pas un examen de routine, on l'utilisera dans le cas de suspicion de pathologies systémiques xérostomiantes tel que le syndrome de Goujerot-Sjögren. Pour cela, on prélèvera, sous anesthésie locale, au niveau de la face interne de la lèvre inférieure des amas glandulaires. (2)

4.1.5. Examens radiographiques

Les examens radiographiques, réalisés par le chirurgien-dentiste, consisteront principalement à écarter toutes pathologies pouvant causer une halitose. Ce sera principalement des orthopantomogrammes pour un examen général des dents, des restaurations prothétiques et des soins, des tissus osseux, des sinus et des rétro-alvéolaires pour plus de précisions concernant une zone dentaire. (2)(57)

4.1.6. Examens complémentaires

Les 3 principales méthodes de mesures de l'halitose peuvent se classer en : (8)(10)(11)(15)(55)

- Méthodes subjectives : test organoleptique.
- Méthodes objectives : la chromatographie en phase gazeuse et la surveillance des sulfures.

D'autres méthodes alternatives de mesures sont décrites dans la littérature : le test BANA, les capteurs chimiques, le test d'incubation salivaire, la quantification de l'activité de la bêta-galactosidase, la surveillance de l'ammoniac, la méthode à la ninhydrine et la réaction en chaîne par polymérase.

Au vue des nombreuses techniques de diagnostic et de leurs différents niveaux de fiabilité, il peut être conseillé d'utiliser au moins 2 méthodes différentes pour confirmer les résultats. (8) En général dans la pratique d'un chirurgien-dentiste, cela consistera obligatoirement dès la première séance en un test organoleptique pour éviter toute influence des autres moyens diagnostique, plus objectifs Dans un second temps pour confirmer le diagnostic, il est possible d'utiliser une méthode objective de détection des CSV : OralChroma et halimètre en général. (18)(12)

4.2. Méthodes subjectives d'évaluation de l'halitose

4.2.1. Évaluation organoleptique ou test organoleptique ou mesure hédonique

4.2.1.1. Description de l'évaluation organoleptique

L'évaluation organoleptique est une méthode de diagnostic subjective de l'halitose. (2) Elle sera évaluée en fonction de la perception des mauvaises odeurs par le praticien et/ ou de l'air expiré par la bouche et/ou le nez du patient. (13)(16)(30) Le nez humain pouvant distinguer 10 000 odeurs différentes est considéré comme le « gold standard », moyen diagnostique de référence, pour évaluer la mauvaise haleine. (8)(25)(26)(32)

4.2.1.2. L'odorat

L'odorat est essentiel pour la mesure hédonique. Les molécules odorantes seront apportées par la respiration jusqu'aux récepteurs olfactifs, situés en haut et en arrière de la cavité nasale. L'épithélium olfactif de 5 cm² est constitué :(42)

- DE cellules olfactives, au nombre de 10 à 25 millions, qui à l'aide de leurs cils se lient aux molécules odorantes créant ainsi une réponse électrique. L'ensemble des réponses électriques sont appelées potentiel d'action et suivant leurs amplitudes, un message différent sera transmis au cerveau.
- Les cellules de soutien qui sécrètent un mucus piégeant et transférant les molécules odorantes en les dissolvant. Plus la molécule est soluble dans l'eau, plus elle sera facilement transmise aux cellules olfactives.

Le potentiel d'action, s'il dépasse un potentiel seuil, sera transmis le long du nerf jusqu'au bulbe olfactif selon un schéma neuronal précis. Une odeur précise se formera en fonction des centaines de différents récepteurs olfactifs activés, formant un message unique. (42) Ainsi le nez humain pourra détecter 10 000 odeurs différentes. Les odeurs ne sont pas toutes détectées avec la même sensibilité, notamment les odeurs d'ammoniac qui ne sont pas facilement identifiables par le nez humain. (63)

4.2.1.3. Préparation du test organoleptique

Il est important au préalable de s'assurer que le praticien ne présente pas de pathologies olfactives diminuant ses capacités d'identification des différentes mauvaises odeurs (troubles qualitatifs) ou leurs concentrations respectives (troubles quantitatifs). Ces troubles, anosmies, peuvent être pathologiques (infection microbienne ou virale) ou physiologiques (âge du praticien). Ils sont aussi temporaires ou définitifs (déficit héréditaire des cellules réceptrices) et enfin cette anosmie peut être totale ou partielle (lésions neurologiques). (42)

Des tests de dépistage de ces troubles peuvent être éventuellement réalisés. Le premier test est qualitatif et consiste à reconnaître différentes odeurs. Le second est quantitatif et consiste à sentir des dilutions progressives d'odeurs jusqu'au moment où on ne perçoit plus l'odeur. (2)(41)

Certaines formations existent pour pouvoir réussir à définir les classes des molécules odorantes (sulfures, alcools, cétones, ...) en apprenant à associer un nom à un échantillon. (42)(58) Ce genre de formation permet une diminution des erreurs des examinateurs. (42)(64)

Il est difficile de standardiser les compétences olfactives d'un praticien, mais pour diminuer au maximum le risque de contamination par les odeurs dégagées par l'examineur lui-même, il évitera : (13)(42)

- De boire du café, du thé ou des jus de fruits ;
- D'utiliser des rafraichissants d'haleine (exemple chewing-gum) ;
- De fumer ;
- D'utiliser des produits cosmétiques parfumés ;
- Il ne doit pas souffrir d'une pathologie affectant l'odorat (par exemple : rhume).

4.2.1.4. Échelles de mesure de la technique organoleptique

Les échelles de mesure devront être capables de définir qualitativement (bon, neutre ou mauvais) et quantitativement (la force de l'odeur dégagée) un échantillon d'odeurs. La définition qualitative entraîne forcément un biais, car elle est subjective et liée aux émotions propres de l'examineur. (42)

Mel Rosenberg propose une échelle de référence pour évaluer les mauvaises odeurs. Bien que de nombreuses échelles existent, elle sera l'échelle la plus régulièrement utilisée, un score supérieur à 2 étant considéré comme une halitose : (2)(7)(8)(26)(44)(48)(51)(58)(65)

Catégorie	Description
0	Absence d'odeur désagréable
1	Mauvaise odeur à peine perceptible
2	Mauvaise odeur légèrement perceptible
3	Mauvaise odeur d'intensité moyenne
4	Mauvaise odeur forte
5	Mauvaise odeur très puissante

Une échelle simplifiée de Seemann sur 4 niveaux, prenant en compte la distance de l'examineur, peut aussi être utilisée : (18)(33)

Catégorie	Description
Niveau 0	Aucune mauvaise odeur détectée
Niveau 1	Mauvaise odeur clairement identifiable à une distance de 10 cm du patient.
Niveau 2	Mauvaise odeur clairement identifiable à une distance de 30 cm du patient.
Niveau 3	Mauvaise odeur clairement identifiable à une distance de 100 cm du patient.

Avant cela, en 1978, a été décrite une échelle allant de 0 à 3 par Schmidt et al. Un sujet ayant un score de 0 ou 1 est considéré comme un patient sain. Un score de 2 ou 3 correspond au score obtenu chez un patient souffrant d'halitose. (15)(47)

Catégorie	Description
0	Absence de mauvaise odeur
1	Mauvaise odeur légère, mais non répréhensible
2	Mauvaise odeur répréhensible
3	Mauvaise odeur très forte

Boever et Loesche décrivent une échelle de 0 à 4 : (66)

Catégorie	Description
0	Pas d'odeur appréciable
1	Odeur à peine perceptible
2	Odeur légère à modérée nettement perceptible et légèrement désagréable
3	Odeur modérée à élevée clairement perceptible, désagréable et d'intensité modérée
4	Odeur nauséabonde de forte intensité

4.2.1.5. Protocole clinique du test organoleptique

Les tests organoleptiques sont en général à réaliser au cours de la matinée. En effet, les repas et autres routines peuvent avoir un effet sur l'halitose. Dans tous les cas, chez un même patient, les mesures hédoniques au cours du traitement devront dans la mesure du possible être réalisées aux mêmes moments de la journée. (42)

Avant chaque étape de détection, le patient conservera la bouche fermée pendant 2 à 3 minutes dans le but d'accentuer la concentration des molécules malodorantes. Après chaque étape, un score selon une échelle organoleptique sera attribué. L'échelle de référence étant l'échelle de Rosenberg, elle sera à privilégier pour donner les résultats. (2)

Dans le cadre du protocole clinique plusieurs mesures seront à réaliser :

- Mesure des composants intra-oraux ;
- Mesure de l'odeur de la cavité orale ;
- Mesure de l'odeur de la cavité orale et de la partie supérieure des voies respiratoires ;
- Mesure de l'odeur de la cavité orale et de la partie profonde des voies respiratoires ;
- Mesure de l'odeur nasale.

Mesure des composants intra-oraux :

Une évaluation organoleptique de : (2)

- Test du fil dentaire : on évalue l'odeur de la plaque dentaire au niveau de la surface dentaire et plus particulièrement inter-dentaire, zone importante de rétention de bactéries. Pour cela, on évalue l'odeur d'un fil dentaire après utilisation à une distance de 3 cm. (2) (63)
- Test de la cuillère : il permet de mesurer l'odeur de l'enduit lingual. Pour cela, on prélève à l'aide d'une cuillère de l'enduit lingual sur la partie postérieure du dos de la langue, puis on évalue l'odeur dégagée à 5 cm pendant 5 secondes. (48)(57)(63)

- Test d'odeur salivaire : on évalue directement l'odeur de la salive après prélèvement, à une distance de 2,5 cm. (2)(63)
- Test de la prothèse : Si le patient porte une prothèse, on pourra évaluer son odeur en la plaçant dans un sac plastique fermé pendant 5 minutes. (57)(63)

Mesure de l'odeur de la cavité orale :

- Le patient ouvrira la bouche sans respirer et le praticien évaluera l'odeur à une distance de 10-15 cm. (2)
- L'haleine du patient est analysée à une distance de 10 à 15 cm pendant qu'il compte de 1 à 20 ce qui favorise un assèchement de la bouche et l'individualisation de composants volatils malodorants. (2)(67)

Mesure de l'odeur de la cavité orale et de la partie supérieure des voies respiratoires :

Le patient expire lentement à l'intérieur d'un tube. Ce tube permet d'éviter d'atténuer l'odeur buccale par le contact de l'air ambiant. À l'extrémité du tube (distance environ de 20 cm), l'examineur évalue l'odeur. Un écran d'intimité peut être installé entre les 2 extrémités du tube. Suivant les protocoles, le tube n'est pas toujours utilisé, dans ce cas-là, on se tiendra à une distance de 10 cm de la source. (2)(10)(30)(48)

Mesure de l'odeur de la cavité orale et de la partie profonde des voies respiratoires :

Le patient réalise une expiration forcée dans le but de vider l'air de ses poumons qui sera évaluée par l'examineur 3 secondes après le début de l'expiration. (2)(15)

Mesure de l'odeur nasale :

Le tube est inséré dans une narine et le patient bloque son autre narine avec le doigt. Le praticien évalue l'air expiré lentement par le patient à l'autre extrémité. (10) Puis on réalise la même chose avec l'autre narine, ces mesures permettent d'individualiser une halitose provenant de la sphère ORL. (2)

4.2.1.6. Comparaison du test organoleptique avec d'autres méthodes de diagnostic de l'halitose

Les tests organoleptiques de 156 patients ont été, entre autres, comparés aux résultats obtenus par chromatographie en phase gazeuse avec détecteur à photométrie de flamme (DPF) détectant les CSV. Les sujets ayant une quantité de CSV supérieure à 0,25 ppm obtenaient aussi des résultats aux tests organoleptiques supérieurs à 3. Une corrélation significative existerait entre ces deux méthodes diagnostiques. De plus, cette même étude a mis en évidence une correspondance entre le score organoleptique et l'enduit lingual, grand producteur de CSV. (14) (31)

Néanmoins, la reproductibilité a été testée inter et intra-examineurs sur plusieurs études par Laleman et al. et elle est relativement faible. (32)

Il est à noter qu'une corrélation entre les scores organoleptiques et la profondeur de sondage existe. (31)

4.2.1.7. Avantages et inconvénients du test organoleptique

- Avantages :

- Technique simple ; (10)(11)(30)
- Technique peu coûteuse ; (30)
- Technique rapide, seulement 1 minute est nécessaire par mesure ; (30)(65)
- Technique faisable au fauteuil et dans la pratique quotidienne d'un chirurgien-dentiste ; (32)
- Possibilité de distinguer halitose extra et intra-orale en comparant l'odeur dégagée par le nez et par la bouche. (45)

- Inconvénients :

- Technique subjective, influencée par des facteurs cognitifs et psychologiques qui ne permet ni une quantification précise ni une qualification des gaz responsables de l'halitose ; (26)

- Marge d'erreur vis-à-vis de la procédure que le patient doit suivre avant l'examen ; (30)
 - Technique peu reproductible en raison de l'accoutumance de l'odorat humain à une mauvaise odeur, en raison d'une sur-stimulation de l'odorat et des troubles olfactifs passagers (rhume par exemple). À cela peut s'ajouter de la fatigue et des différences de compétences olfactives des praticiens en raison de la non-perception de certaines odeurs. Il y aura donc des variations inter-examineurs et variations intra-examineurs ; (26)(32)(68)
 - Il n'y a aucun protocole précis de formation olfactive des praticiens pour réaliser ce test ; (55)
 - Méthode d'évaluation gênante pour les patients en raison de la proximité avec le praticien ; (65)
- Méthode ne protégeant pas l'opérateur des risques de transmission des maladies et des micro-organismes par l'air expulsé (COVID). (68)

4.2.2. L'autodiagnostic

L'autodiagnostic est un test organoleptique réalisé par le patient lui-même. Il n'est souvent pas fiable et difficilement réalisable. En effet, on remarque fréquemment que la personne souffrant d'halitose est la dernière à en être informée. De plus, cette technique obtient des « faux négatifs ». (2)(63)

Certains faits pourraient expliquer ces « faux négatifs » : (21)

- Avec une exposition à long terme, s'installe une accommodation ou une adaptation d'olfaction. L'halitose étant un symptôme chronique, le patient développera, avec le temps, une tolérance à son odeur. (6)(59)
- Le patient peut en plus de son halitose souffrir de trouble olfactif. L'anosmie étant un symptôme important de l'infection au coronavirus. (6)
- L'air expiré par la bouche se déplace horizontalement alors que celui inspiré par le nez se déplace verticalement. C'est pourquoi, en raison de ces déplacements de flux d'air différents, il sera difficile de détecter soi-même les odeurs de la bouche et encore plus du nez. (6)

- L'air malodorant expiré par la bouche pendant la respiration ou la parole sera dilué par l'air ambiant avant respiration par le nez, provoquant une forte diminution de la concentration des substances volatiles odorantes. (59)

Au préalable lors du premier rendez-vous de consultation, on pourra demander d'évaluer selon l'échelle suivante : (60)

- Score 0 : n'a pas conscience de la mauvaise odeur ou très rarement ;
- Score 1 : a parfois conscience de la mauvaise odeur ;
- Score 2 : a souvent conscience de la mauvaise odeur.

Par la suite, le patient pourra évaluer son halitose en fonction des protocoles suivants : (2)

- Souffler sur sa main placée devant la bouche et en respirer l'odeur dégagée ; (8)
- Test de léchage de la main : évaluer l'odeur du dos de sa main après l'avoir léchée avec la partie la plus postérieure de la langue ; (2)(63)
- Humer sa salive qui aura été déposée dans une petite cuillère ; (2)
- Humer son gratte langue ou à défaut une petite cuillère après nettoyage de la face dorsale de la langue ; (2)
- Humer son fil dentaire après avoir nettoyé les zones inter-dentaires ; (2)
- Méthode de l'airbag : expirer dans un sac inodore et évaluer par la suite l'odeur. (17)

Durant la phase de traitement, l'autodiagnostic est pertinent pour un patient sceptique, car il lui permettra de constater l'évolution positive de la symptomatologie et l'intérêt du traitement mis en place. (2) Mais il ne doit certainement pas remplacer des tests d'évaluation plus précis. En effet, aucune corrélation statistique n'a été prouvée entre l'autodiagnostic et d'autres techniques de mesure d'halitose.

Un des inconvénients de cette méthode est son induction de faux négatifs, mais aussi de faux positifs et particulièrement dans le cas des patients souffrant de pseudo-halitose et d'halitophobie. C'est pourquoi, il ne faut absolument pas s'appuyer sur les résultats auto-déclarés de l'halitose pour le diagnostic. (63)(59)

4.2.3. Technique de la pression négative ou méthode Kim

4.2.3.1. Description de la méthode Kim

La technique organoleptique de la pression négative ou méthode Kim est une alternative de la technique organoleptique classique. Elle consiste en une évaluation de l'haleine prélevée via une seringue à pression négative. Celle-ci permettra une analyse à distance du patient et préservera son intimité. De plus, ce dernier aura le sentiment de recevoir un examen spécifique, plus professionnel qu'un simple reniflement. Cette méthode est jugée plus précise qu'un simple échantillon prélevé en soufflant dans un sac où l'air ambiant risque de se mélanger. (65)(66)

4.2.3.2. Principe de la méthode Kim

On prélève l'échantillon d'haleine par dépression à partir d'une seringue de 20 mL étanche aux gaz sur laquelle une aiguille émoussée est placée. La mise sous vide est réalisable en fermant la vanne de l'aiguille. Il a été proposé à la place d'une aiguille de placer un tube en polytétrafluoroéthylène de 3 mm de diamètre. On recueille l'air buccal en ouvrant la valve pendant que le patient retient sa respiration. Le gaz prélevé est ensuite injecté dans un récipient inodore à l'aide d'une nouvelle aiguille non émoussée où il sera analysé par l'examineur et gradué selon les échelles d'évaluation organoleptiques. Trois minutes seront nécessaires afin de prélever l'air buccal, auxquelles s'ajoutent le temps nécessaire pour remplacer l'aiguille et analyser l'air. (65)(66)

4.2.3.3. Protocole clinique de la méthode Kim

Comme pour les tests organoleptiques classiques, le patient devra respecter la procédure décrite précédemment. Le protocole se déroule de la manière suivante : (65)(66)

- Réalisation de la mise sous vide de la seringue en bloquant la vanne de l'aiguille et en tirant sur le piston (Figure 9 b) ;

- Introduction de 4 cm de l'aiguille dans la bouche et d'1 cm au-dessus de la langue. Il ne doit pas y avoir de contact avec la langue ;
- L'aiguille est maintenue dans cette position par la fermeture des lèvres du patient pendant trois minutes (Figure 9 c) ;
- Le prélèvement est ensuite réalisé en ouvrant la valve de l'aiguille ;
- On retire l'aiguille à valve et on met en place une nouvelle aiguille non émoussée ;
- Insertion de l'aiguille dans un gobelet inodore à travers un petit trou, un joint en cire peut être réalisé avant évaluation ;
- Évaluation de l'air expulsé de l'aiguille dans le gobelet par l'examineur selon l'échelle de Rosenberg (Figure 9 d) ;



Figure 9 : photographie du déroulement du test organoleptique : technique de la pression négative, a : seringue, b : seringue sous vide, c : prélèvement de l'échantillon, d : analyse de l'haleine. (65)

4.2.3.4. Comparaison de la méthode Kim avec d'autres méthodes de diagnostic de l'halitose

Lors d'une étude menée par Laleman et al., 487 échantillons différents ont été analysés par méthode organoleptique standard, par test sous vide, par l'halimètre ainsi

que par l'OralChroma. Celle-ci conclut en une corrélation entre les résultats de la méthode sous vide et ceux de l'halimètre. On notera cependant qu'un coefficient de corrélation est légèrement plus important pour la technique sous vide que celle de la technique standard en comparaison à l'OralChroma. Cela s'explique par une meilleure détection du sulfure d'hydrogène dans le cadre de la technique sous vide, nous permettant de supposer que celle-ci donnerait des résultats légèrement plus précis que la technique standard. (65)

4.2.3.5. Avantages et inconvénients de la méthode Kim

- Avantages :
 - Plus d'intimité pour le patient et test qui paraît plus professionnel (65)(66) ;
 - Évite l'influence des produits cosmétiques sur l'odeur (65) ;
 - Échantillon d'haleine plus concentré et non dilué par l'air ambiant (65)(66) ;
 - Évite l'influence de l'odeur corporelle (65) ;
 - Réduirait les erreurs de subjectivité inter-examineurs du fait que le même échantillon peut être analysé par plusieurs praticiens. (65)

- Inconvénients :
 - Test subjectif (65) ;
 - Prend plus de temps qu'un test organoleptique classique. (65)

4.2.4. Test d'incubation salivaire

4.2.4.1. Description du test d'incubation salivaire

L'un des plus importants substrats dans la production des mauvaises odeurs par les bactéries, est la salive. C'est pourquoi l'incubation salivaire est une technique indirecte de mesure d'halitose. Le but de l'incubation est de recréer *in vitro* le mécanisme de création des mauvaises odeurs intra-orales à partir d'un échantillon salivaire. Grâce à ce test, il n'y aurait pas besoin de respecter des précautions particulières avant l'examen comme ne pas manger d'ail, fumer, utiliser des produits parfumés. (58)(69)

4.2.4.2. Protocole clinique du test d'incubation salivaire

Tout d'abord, on prélève dans un tube en verre stérile un échantillon de salive d'environ 0,8 ml. Puis pendant 3 à 6 heures, l'échantillon est mis en incubation sous une atmosphère particulière : (58)(63)(69)

- 37°C.
- 80% d'azote, 10 % de dioxyde de carbone et 10 % d'hydrogène.

L'examineur, après incubation, devra évaluer l'odeur dégagée de l'échantillon selon l'échelle de Mel Rosenberg décrite précédemment. (30)

4.2.4.3. Comparaison : test d'incubation salivaire avec d'autres méthodes de diagnostic

Une étude soutient qu'il existe une forte corrélation entre les résultats du test d'incubation salivaire et ceux des tests organoleptiques. (10) Une étude réalisée sur des patients souffrant d'halitose physiologique et matinale a été réalisée par Quiryne et al. montrant une corrélation forte entre les conclusions de l'examen clinique et les résultats du test d'incubation salivaire. (69)

4.2.4.4. Avantages et inconvénients du test d'incubation salivaire

- Avantages :
 - Comparé au test organoleptique, ce test subit moins l'influence d'éléments externes tels que le tabac, la prise alimentaire et les cosmétiques parfumés (10) ;
 - Plus d'intimité pour le patient, technique moins embarrassante (18) ;
 - Échantillon dans des concentrations plus élevées (18) ;
 - Moins de subjectivité, plus de reproductibilité entre les praticiens. (69)

- Inconvénients :
- Mesure de l'halitose intra-orale seulement (69) ;
- Méthode longue : 3 à 6 heures. (63)(69)

4.3. Méthodes objectives d'évaluation de l'halitose

Les variations pathologiques des molécules odorantes, responsables d'halitose et principalement d'halitose extra-orale, sont difficilement perceptibles par le nez. C'est pourquoi d'autres techniques de diagnostic, moins subjectives ont un intérêt dans l'identification d'halitose et notamment dans sa différenciation intra et extra-orale. (26)

4.3.1. Chromatographie en phase gazeuse

4.3.1.1. Description de la chromatographie en phase gazeuse

Développée en 1903, la chromatographie, du grec *krôma* pour couleur et *graphein* pour écrire, identifie et sépare les pigments des plantes. C'est dans les années 1940 que la chromatographie permet de réaliser des mesures quantitatives et qualitatives de substances gazeuses. Dans les années 60, la chromatographie en phase gazeuse est utilisée pour la détection de l'halitose. Elle permet ainsi de séparer, d'identifier et quantifier de nombreux composants gazeux responsables des mauvaises odeurs. Cette technique permet de détecter des composés à des concentrations inférieures au ppb. Ainsi on peut identifier les gaz suivants : (2)

- **Les composés sulfurés volatils (CSV)**: méthylmercaptan, sulfure d'hydrogène, diméthylsulfure ;
- **Les diamines** : putrescine, cadavérine ;
- **Les composés phénylés ou composés aromatiques volatils** : indole, scatol ;
- **Acides organiques à chaîne courte** : acide butyrique, l'acide valérique
- **Les alcools** : dodécanol, tétradécanol ;
- **Dérivés azotés** : urée, ammoniac, méthylamine, diphenylamine.

C'est une technique de diagnostic précise qui est considérée comme la technique préférable dans le cas où l'on cherche à qualifier plusieurs composants puis à les quantifier précisément. (13)(25)(25)

Néanmoins, malgré la précision de cette technique, elle ne peut pas être considérée comme le moyen de diagnostic standard pour un chirurgien-dentiste. En effet, c'est une technique très peu pratique, volumineuse et qui nécessite un opérateur compétent ayant une formation adéquate. (13) Elle sera utilisée dans des centres spécialisés ou dans des laboratoires de recherches. (32)

4.3.1.2. Principe physique de la chromatographie en phase gazeuse

Le principe physique repose sur la séparation des constituants d'un ensemble de gaz durant son parcours dans une colonne. Pour cela, la colonne sera constituée de : (2)(45)

- Une phase stationnaire jouant un rôle de rétention des différents constituants du gaz. Cette rétention est plus ou moins forte en fonction des propriétés du gaz.
- Une phase mobile ou gaz vecteur, gaz en circulation dans la colonne, qui est de l'hélium, de l'azote, l'argon ou l'hydrogène. Le gaz étudié est transporté le long de la colonne, à travers la phase stationnaire via cette phase mobile.

Suivant leurs propriétés physiques propres, telles que la taille ou le poids moléculaire, les gaz seront inégalement stoppés par la phase stationnaire, lors de cette traversée de la colonne. Chaque constituant gazeux à analyser aura sa propre vitesse et sortira à différents moments de cette colonne. Un détecteur sera mis en place à la sortie de la colonne pour envoyer ces informations recueillies à un logiciel. C'est donc une mesure de rétention. On obtiendra un résultat, appelé chromatogramme, sous la forme d'un tracé composé de pics (Figure 10). (2)

Chaque pic représente un gaz et sa concentration. Le chromatogramme sera comparé à une base de données afin de déterminer de quel gaz il s'agit. (2)(26) Les résultats obtenus seront donnés en ppb. (8)

Les seuils d'halitose pour les CSV sont les suivants : (8)

- 112 ppb pour le sulfure d'hydrogène ;
- 26 ppb pour le méthylmercaptan ;
- 8 ppb pour le sulfure de diméthyle.

Certains gaz, tels que la putrescine et la cadavérine, seront de plus difficilement détectables en raison de leur faible volatilité. (41)

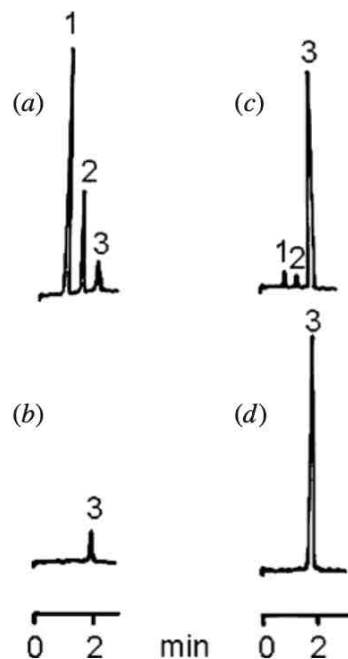


Figure 10 : Chromatogramme représentant en 1 le sulfure d'hydrogène en 2 le méthylmercaptan en 3 le diméthylsulfure. On retrouve 4 chromatogrammes de (a) l'haleine intra-orale et (b) intra-nasale d'un patient souffrant d'halitose intra-orale et de (c) l'haleine intra-orale et (d) intra-nasale d'un patient souffrant d'halitose extra-orale. (45)

4.3.1.3. Matériel utilisé : le chromatographe en phase gazeuse

L'appareil de chromatographie (Figure 11 et 12) est constitué de :

- Système d'injection des échantillons : une quantité faible d'échantillon est nécessaire, entre 2 à 3 microlitres. (2) Des systèmes automatisés ou d'auto-injection ont été développés dans le but de rendre les résultats plus

reproductibles en limitant les différences de techniques d'injection inter-praticiens. (26)

- Colonne : elle contient une phase stationnaire et une phase mobile qui a un faible débit. Les échantillons nécessiteront d'avoir un faible débit (20 ml par minute). La colonne se présente sous la forme d'un tube enroulé sur lui-même de 10 à 100 m et de faibles diamètres, 0,05 à 0,6 mm. (2)(66) Le revêtement interne du tube est en téflon, matériau neutre ne contaminant pas les échantillons. (51)
- Four thermostaté : il contient la colonne et permet d'éliminer les substances solides pour n'avoir qu'un unique échantillon gazeux. (44) Il y aura une variation des températures pendant la prise de mesure, pouvant aller jusqu'à 300 degrés. (70)
- Ventilateur et un moyen de contrôle de la température : ils sont associés au four. (2) La température interne est maintenue à 70 degrés en général. (14)(43)
- Détecteur : Le détecteur est choisi en fonction des phases étudiées (2)
 - o Détecteur à photométrie de flamme (DPF) : il est le plus souvent utilisé. Il permet la détection sensible et sélective des composés sulfurés via une flamme réductrice placée à la sortie de la colonne. Une couleur unique est produite en fonction du composé réduit. Un photomultiplicateur sera associé pour mesurer cette chimiluminescence permettant de définir le composé et sa concentration. Chaque CSV est déterminé par son temps de rétention lui correspondant. (2) (10)(26)(71)
 - o Le spectromètre de masse (MS) : contrairement au DPF, il ne limite pas sa détection aux CSV mais il détecte de très nombreux composés gazeux comme l'indole ou l'acétone. (26)(32)(35)(70) Pour cela, il analyse la masse sortante. Une masse correspond à un élément. (70)
- Système informatisé d'enregistrement : il analyse les chromatogrammes.



Figure 11 :

Photo d'un appareil à chromatographie en phase gazeuse. (9)

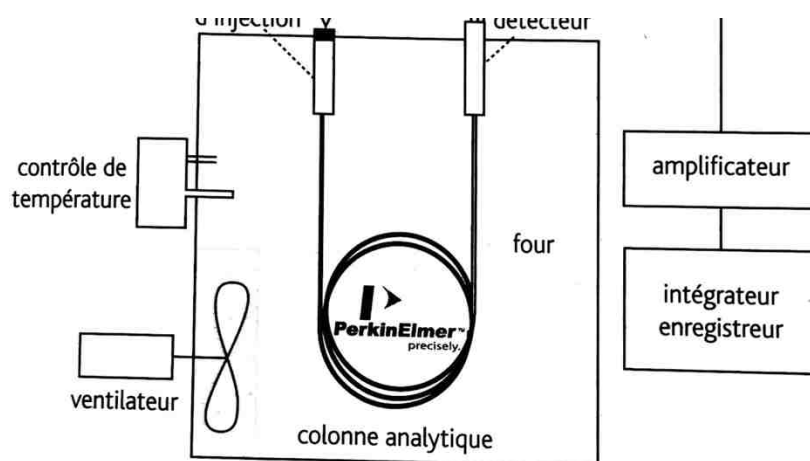


Figure 12 : schéma d'un appareil de chromatographie en phase gazeuse. (2)

4.3.1.4. Protocole clinique de la chromatographie en phase gazeuse

Au préalable, comme décrit précédemment, le patient doit respecter des précautions (éviter les produits parfumés, les prises alimentaires odorantes, ...). (2)

On réalise un prélèvement d'un échantillon de salive, d'enduit lingual ou un prélèvement gazeux. Pour le prélèvement gazeux le patient ferme la bouche et retient l'air pendant 30 secondes puis, soit à l'aide d'une seringue étanche au gaz on prélève l'air contenu dans la bouche (environ 10 ml à 20 ml), soit le patient exhale dans un sac en plastique en téflon. (2) (30) (51)

On peut réaliser ces prélèvements avec des gaz provenant de la bouche, du nez ou des poumons par une expiration forcée et profonde. (2) (30) (51)

Les échantillons seront transférés à l'appareil à chromatographie en phase gazeuse via l'auto injecteur puis analysés et on obtiendra les résultats en quelques heures. (2)

4.3.1.5. Avantages et inconvénients de la chromatographie en phase gazeuse

○ Avantages :

- Technique hautement objective et fiable ; (11)(30)(58)(61)
- Mesure qualitative : de nombreux composants gazeux peuvent être individualisés ; (2)(58)
- Mesure quantitative ; (2)
- Technique reproductible ; (10) (11)
- Différentiation de l'halitose intra et extra-orale ; (45)
- Mesure possible de petites quantités de gaz. (71)

○ Inconvénients :

- Technique très couteuse ; (10)(11)(58)
- Nécessite un opérateur compétent ; (10)(11)(58)
- Le matériel est très encombrant et non portatif, ce qui rend difficile le test de routine au fauteuil ; (11)(34)(60)
- Technique longue : les résultats sont obtenus en quelques heures ; (2)(11)(30)(58)

4.3.2. Chromatographie en phase gazeuse portative : l'OralChroma

4.3.2.1. Description de l'OralChroma

Il s'agit d'un appareil portatif de chromatographie en phase gazeuse couplé à un capteur de gaz semi-conducteur à l'oxyde d'indium. Il permet en quelques minutes, non seulement d'identifier précisément les concentrations des CSV, mais surtout de

les différencier. Il a été développé afin d'être plus pratique, portatif et plus facile d'utilisation que la chromatographie en phase gazeuse traditionnelle permettant ainsi son utilisation en cabinet dentaire. (2)(26) Il a été produit à Kawasaki au Japon. (16) Il permet de quantifier et différencier les trois composés soufrés suivants : sulfure d'hydrogène, méthylmercaptan et sulfure de diméthyle. (32)

4.3.2.2. Principe physique de l'OralChroma

Le principe physique est similaire à la chromatographie en phase gazeuse couplée à un capteur de gaz semi-conducteurs à oxyde métallique qui détectera les gaz sulfurés. L'appareil est constitué : (Figure 13) (72)

- D'une pompe aspirant de l'air ambiant ;
- D'un filtre purificateur de l'air ambiant. Il correspond à un tube de 6 mm de diamètre et 100 mm de longueur en téflon, constitué de gel de silice et charbon permettant de purifier l'air ambiant des impuretés et de l'eau qui pourraient influencer la stabilité et la sensibilité aux CSV ;
- D'un injecteur de l'échantillon dans la colonne ;
- D'une colonne : la colonne est un tube en téflon de 5 mm de diamètre et 300 mm de longueur. Le tout est entouré d'un anneau en cuivre. Le gaz vecteur sera l'air ambiant qui aura été purifié au préalable ;
- D'un four thermostaté : il entoure la colonne et il permet d'en réguler sa température (en général à 35 degrés, et 400 degrés au niveau du capteur) ;
- D'un détecteur : le détecteur consiste en un oxyde d'indium couplé à de l'or qui fixera à sa surface les groupes thiol ayant pour conséquence un transfert d'électron ;
- D'un écran affichant les résultats ;
- D'un ordinateur peut être relié pour analyser les données.

Seulement 0,5 cm³ d'échantillon est nécessaire pour le test. L'écran affiche directement les ppb des CSV mais les résultats sont aussi donnés via un logiciel sous la forme d'un spectre à 3 pics représentant les concentrations des 3 composés détectés. Plus le pic sera important, plus le gaz sera concentré. Les résultats sont donnés en ppb et ils peuvent aller de 0 à 2913 ppb. Le seuil d'halitose est de 112 ppb

pour le sulfure d'hydrogène, 26 ppb pour le méthylmercaptopan et de 8 ppb pour le diméthylsulfure. Le logiciel enregistre les résultats obtenus, ce qui permet de réaliser un suivi du patient au cours du temps. (2)(8)(55)

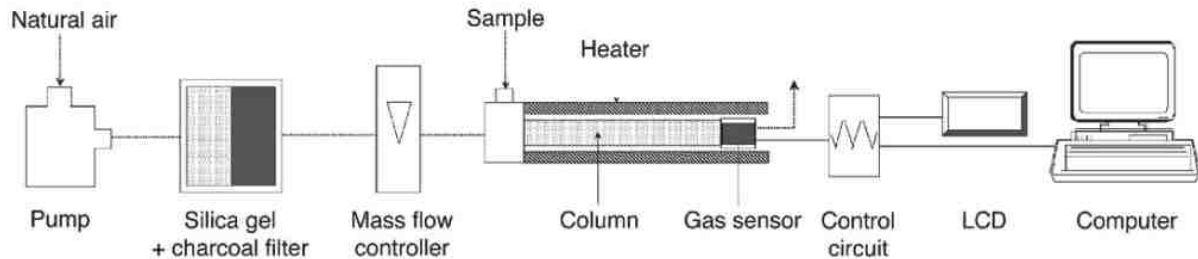


Figure 13 : schéma d'un appareil OralChroma (72)

4.3.2.3. Matériel utilisé : l'OralChroma

L'OralChroma de première génération de 2003 (Figure 14) est constitué d'un tube en téflon de 5 mm de diamètre sur 300 mm de longueur. La colonne est à 35 degrés et l'air ambiant est utilisé comme gaz vecteur. On pourra lire les résultats directement sur l'écran en ppb, mais il est préférable d'y associer un logiciel qui donnera les résultats selon un diagramme ou chromatogramme (Figure 15). Les pics représenteront les concentrations des CSV. L'OralChroma permet une différenciation entre halitose intra-orale et extra-orale hémotogène. En effet, comme expliqué précédemment, dans le premier cas on aura une concentration élevée de méthylmercaptopan et de sulfure d'hydrogène dans l'air oral et non dans l'air nasal alors que dans le second cas on aura une augmentation du diméthylsulfure dans l'air oral et non dans l'air nasal (Figure 15 et 16). L'OralChroma (CHM-1) n'utilise pas un détecteur de sulfure spécifique, il pourra donc aussi détecter l'isoprène l'acétaldéhyde, l'acétone et l'éthanol s'ils sont à des concentrations élevées. (8)(45)



Figure 14 : Photographie d'un OralChroma (CHM-1) (32)

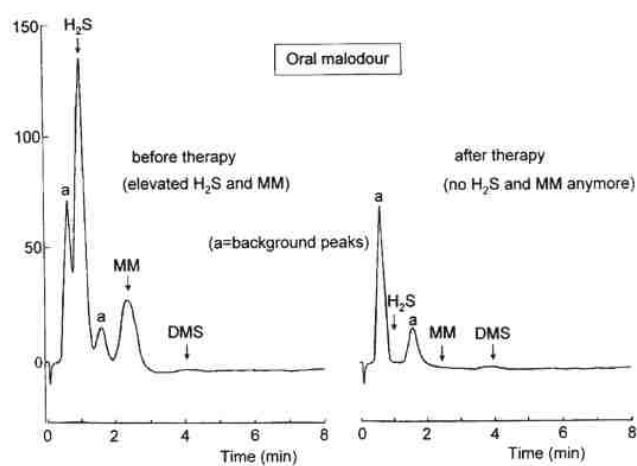


Figure 15 : Chromatogramme d'un patient souffrant d'halitose intra-orale avant (à gauche) et après traitement (à droite).

(MM=méthylmercaptopan, DMS = diméthylsulfure, H₂S=sulfure d'hydrogène, a=pics de fond)(45)

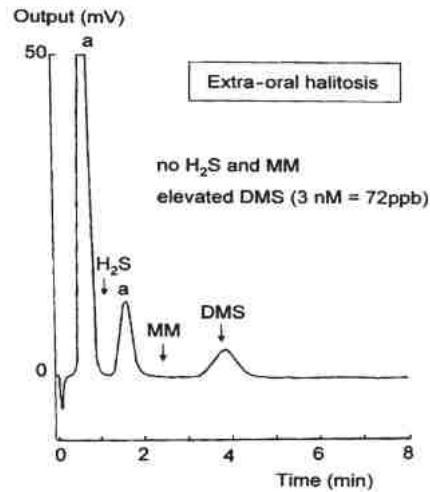


Figure 16 : Chromatogramme d'un patient souffrant d'halitose extra-orale hématogène (MM=méthylmercaptan, DMS = diméthylsulfure, H₂S=sulfure d'hydrogène, a=pics de fond) (45)

L'OralChroma existe sous 2 versions : la première, l'OralChroma (CHM-1) (Figure 14) a été commercialisée pour la première fois en 2000. Le logiciel associé peut donner des résultats erronés en raison de la mauvaise association des pics aux CSV. Il peut ainsi donner des faux négatifs. C'est pourquoi même si l'on peut lire les concentrations directement sur l'OralChroma (CHM-1) il est important de lier les résultats à un ordinateur dans le but d'analyser s'il y a ou non une mauvaise attribution des pics (Figure 18). Ainsi, Szabó et al. ont produit un logiciel permettant d'éviter ces erreurs. Néanmoins, le logiciel en question n'étant pas téléchargeable et prenant beaucoup de temps, une seconde génération a été produite : l'OralChroma (CHM-2) (Figure 17). (67)



Figure 17 : Photographie d'un OralChroma (CHM-2) (67)

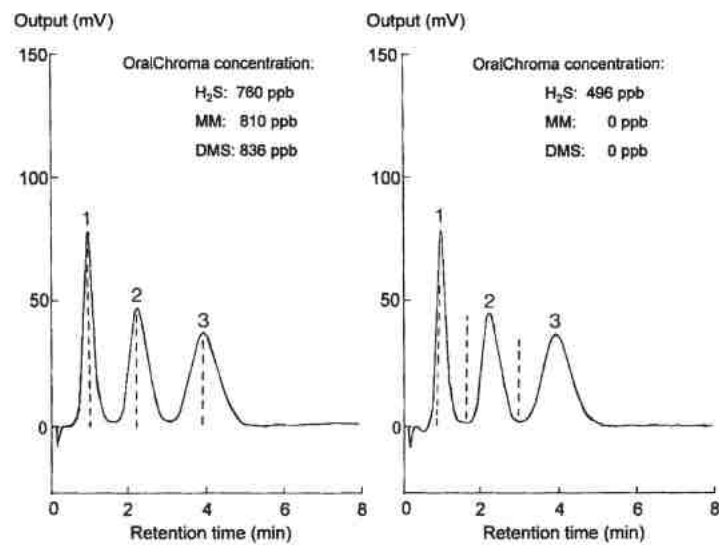


Figure 18 : Chromatogramme erroné à droite en raison d'une mauvaise attribution des pics comparés au chromatogramme correct à gauche. Les pointillés représentent les valeurs vraies de 1=sulfure d'hydrogène 2=méthylmercaptan, 3 = diméthylsulfure (45)

Les différences entre ces deux versions sont : (67)

- Le CHM-2 est plus sensible au diméthylsulfure que le CHM-1 ;
- Le CHM-1 est plus sensible au sulfure d'hydrogène et au méthylmercaptan que le CHM-2 ;

- En ce qui concerne l'utilisation dans le CHM-1, on doit introduire 0,5 ml d'échantillon alors que dans CHM-2, on injecte 1 ml permettant une meilleure sensibilité du CHM-2 ;
- Le CHM-2 ne nécessite plus l'utilisation d'une aiguille sur la seringue pour injecter l'haleine, on peut le faire directement via une entrée ;
- Le temps d'analyse est seulement de 4 minutes avec le CHM-2 ;
- Le CHM-1 ayant un écran, contrairement au CHM-2, peut être utilisé sans ordinateur, néanmoins l'étude de Laleman et al. a montré que bien que le logiciel puisse produire des erreurs, les résultats sont bien plus précis avec l'utilisation d'un logiciel associé ;
- Les mauvaises attributions des pics en raison de problèmes de logiciel de CHM-1 ont été corrigées sur le nouveau logiciel CHM-2. Cela a été possible en rajoutant deux points de base sur chromatogramme aux deux points existants (Figure 19). En effet, les pics sont calculés à partir de la ligne (baseline) formée à partir de ces points ;
- La sensibilité et la spécificité sont statistiquement plus performantes pour le CHM-1 que le CHM-2 selon l'étude de Laleman et al.

L'OralChroma CHM-2 n'étant sorti que récemment (2019), peu d'études se sont intéressées à la comparaison des deux appareils. Mais, en raison de l'amélioration du logiciel et de sa sensibilité plus importante au diméthylsulfure, principale molécule odorante impliquée dans l'halitose hématogène extra-orale, l'OralChroma CHM-2 semble plus indiqué dans le cas où l'on cherche à diagnostiquer une cause extra-orale de mauvaise odeur buccale. (67)

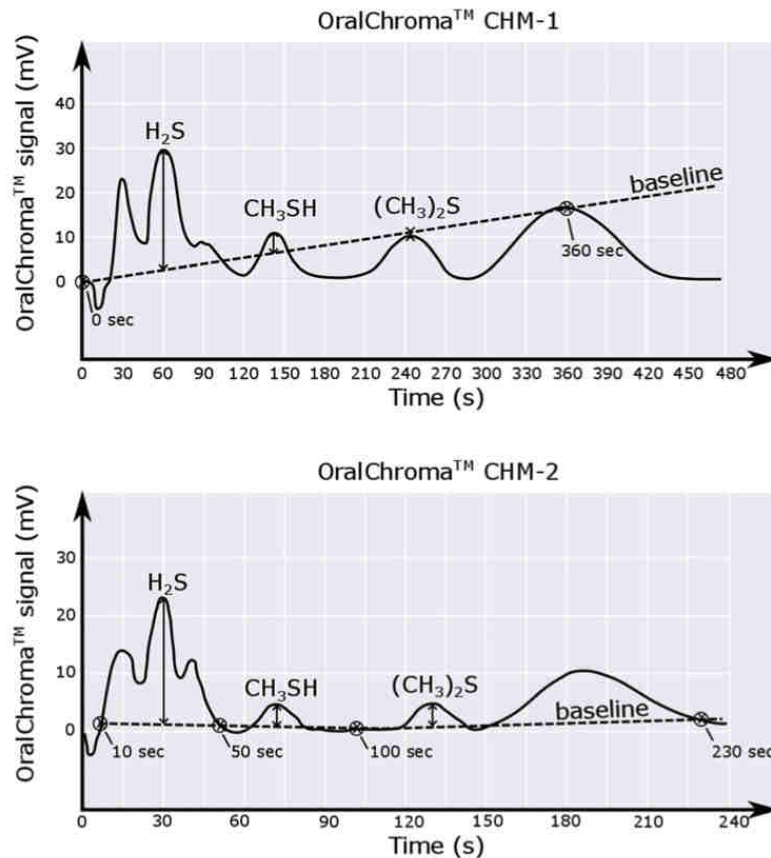


Figure 19 : comparaison de 2 chromatogrammes obtenus par OralChroma CHM-1 et CHM-2 (67)

Ces produits nécessitent de réaliser une maintenance qui consiste à étalonner l'appareil et le capteur et à changer tous les deux ans la colonne. (32)

4.3.2.4. Protocole clinique de l'OralChroma

Le protocole clinique décrit ci-après concerne l'OralChroma CHM-1 permettant la mesure d'un échantillon d'air intra-oral :

- Le patient ferme la bouche pendant 60 secondes afin d'avoir un échantillon bien concentré en molécules odorantes. (45)
- On insère ensuite une seringue jetable de 1 ml aux deux tiers dans la bouche en évitant le contact avec les joues et la langue. La seringue devra être entièrement en plastique et ne pas avoir de joint en caoutchouc ce qui pourrait entraîner des erreurs dans les résultats en laissant passer des gaz externes à l'échantillon. Dans le cas où on utiliserait une seringue à joint en caoutchouc,

les résultats sur le chromatogramme afficheraient de larges pics en raison d'un problème de logiciel n'arrivant pas à attribuer d'autres pics que les CSV (Figure 22). (2)(32)(45)

- Pendant une minute, on tire puis on pousse sur le piston avant de tirer une dernière fois et de sortir la seringue de la bouche. (2)
- On place une aiguille sur l'embout de la seringue. (2)
- On retire 0,5 ml de l'échantillon d'air de la seringue, car seulement 0,5 cm³ sont nécessaires pour la mesure. (2) Néanmoins, il existe une relation linéaire entre le volume injecté et la hauteur de pic mesurée c'est pourquoi on peut injecter jusqu'à 2 ml dans le but d'augmenter la sensibilité des résultats (Figure 21). (45)
- À l'aide de l'aiguille, on vide le contenu de la seringue dans l'appareil. (2)
- Après environ 8 à 10 minutes, on obtient les résultats sur l'ordinateur via un chromatogramme affichant la concentration des 3 gaz en 3 pics (Figure 20). (2)

Le protocole clinique décrit ci-après concerne l'OralChroma CHM-1 permettant la mesure d'un échantillon d'air nasal : (45)

- On bouche une narine et dans l'autre on insère la seringue sans le piston ;
- Le patient respire normalement par le nez pendant 5 à 10 secondes ;
- On remet en place le piston et on prélève 1 ml d'air ;
- On place une aiguille sur l'embout de la seringue ;
- On introduit 0,5 ml d'échantillon dans l'OralChroma.

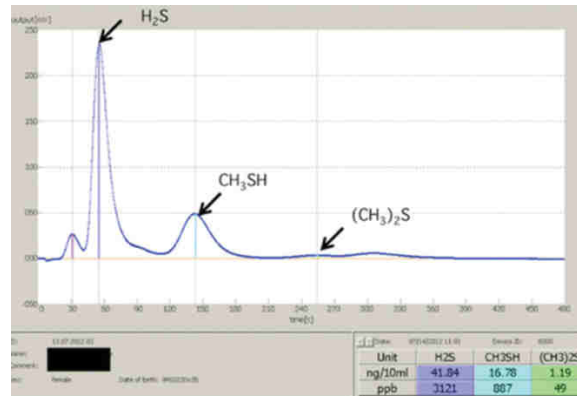


Figure 20 : Chromatogramme d'un OralChroma CHM-1 affichant la concentration des CSV (32)

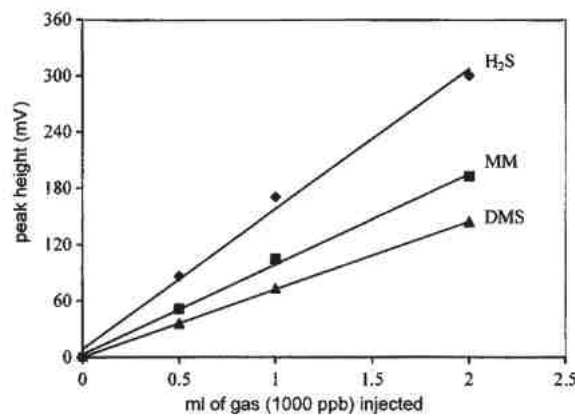


Figure 21 : relation linéaire entre le volume injecté et la hauteur des pics. (45)

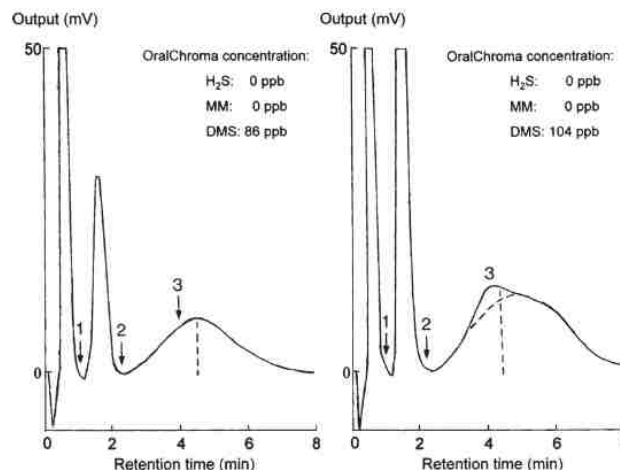


Figure 22 : chromatogrammes erronés en raison d'un problème de logiciel et de l'utilisation de seringue à anneau en caoutchouc : apparition d'un large pic. Sur la gauche : un patient sain sur la droite : patient souffrant d'halitose extra-orale. (1=sulfure d'hydrogène 2=méthylmercaptan, 3 = diméthylsulfure) (45)

4.3.2.5. Comparaison de l'OralChroma avec d'autres méthodes de diagnostic de l'halitose

Une étude réalisée par Laleman et al. s'est intéressée à comparer les résultats des 2 générations de l'OralChroma avec le test organoleptique et l'halimètre. Elle souligne une corrélation entre le score organoleptique et les résultats obtenus par CHM-1 et CHM-2. Néanmoins concernant l'halimètre, les auteurs ont obtenu une meilleure correspondance des résultats avec le CHM-1 qu'avec le CHM-2. (67)

4.3.2.6. Avantages et inconvénients de l'OralChroma

- Avantages :

- Portatif : il a été développé pour être peu encombrant et léger ; (2)
- Résultats qualitatifs et quantitatifs : on obtient ainsi une individualisation des 3 CSV et de leur concentration ; (2)
- Il est facile d'utilisation ; (45)
- Limite de détection très basse à partir de 4 ppb ; (45)
- Permet de différencier une halitose extra hématogène et intra-orale ; (67)
- Mesures objectives ; (32)
- Permet de diagnostiquer l'halitose extra-orale hématogène (d'autant plus si on utilise l'OralChroma CHM-2). (67)

- Inconvénients :

- Il n'identifie que les molécules CSV et ne permet pas l'identification des autres molécules odorantes qui sont principalement produites lors d'halitose extra-orale ; (26)
- L'échantillon n'étant pas purifié de l'air ambiant, il pourra y avoir des erreurs dans les résultats, en raison notamment des impuretés et de l'humidité contenues dans l'air ambiant, d'autant plus importantes lors des journées chaudes ; (26)(32)
- L'OralChroma de première génération a des problèmes d'affectation des pics des CSV en raison de son logiciel ; (67)

4.3.3. Analyse des composés sulfurés

4.3.3.1. Description de l'analyse des composés sulfurés

La mauvaise haleine étant principalement la conséquence de la présence importante des CSV, des méthodes pour les détecter ont été développées. (13)

4.3.3.2. Principe physique de l'analyse des composés sulfurés

Une réaction électrochimique, via une cellule électrochimique, se produit avec les composés sulfurés contenus dans l'haleine. (10)

Cette cellule électrochimique se constitue d' : (2)

- Une solution permettant au courant électrique de se propager ;
- Une anode, siège d'oxydation, qui est un matériau précieux tel que l'or ou le platine. À son contact, le radical soufré s'oxyde ;
- Une cathode, composée de plomb, une réaction complémentaire de réduction a lieu.

Cette réaction d'oxydoréduction crée un courant électrique. La machine est calibrée au préalable par des échantillons de concentration connue. La mesure est donnée en ppm ou ppb avec une précision pour ce genre de cellule de 5 ppb. Le courant obtenu sera proportionnel à la quantité de CSV. (10)(2)

Le seuil de détection des molécules de CSV étant de : (2)

- 0,5 ppb pour le sulfure d'hydrogène ;
- 1,1 ppb pour le méthyl mercaptan ;
- 1 ppb pour le sulfure de diméthyle.

Une pompe, ayant un débit de 1500ml/minute, sera associée à la cellule afin de récolter l'échantillon d'haleine. (66)

L'échantillon d'air, contenant des CSV, sera mis en contact avec cette cellule électrochimique. Afin d'obtenir un résultat final en ppb, la machine réalisera 3 mesures différentes sur un même échantillon. Ces 3 prises seront envoyées à un ordinateur produisant un spectre des concentrations de CSV en fonction du temps et le résultat final : moyenne des 3 mesures. (2) Les mesures sont obtenues rapidement (une à deux minutes). (73)

Différentes échelles décrivant l'halitose en fonction des niveaux de ppb ont été proposées. En effet, le seuil de détection de l'halitose, à l'aide d'une machine analysant l'ensemble des composés sulfurés, s'élève suivant les auteurs à 125 ppb pour Iwanicka-Grzegorek et al., 170 ppb pour Roldan et al., 150 pour Richter et al., 200 ppb pour Kazor et al. (15) On retiendra l'échelle de Baharvand : (7)

- Normal : Entre 80 et 160 ppb ;
- Halitose faible : entre 160 et 250 ppb ;
- Halitose forte : supérieur à 250 ppb.

4.3.3.3. Appareils utilisés pour l'analyse des composés sulfurés

Il existe différents moniteurs :

- L'halimètre ;
- Le Breathtron ;
- Le Breath-Alert ;
- L'HaliSens ;
- Le B/B Checker.

4.3.3.3.1. L'halimètre

Inventé aux USA par Rosenberg en 1991, l'halimètre (Figure 23) est un capteur à gaz non sélectif portatif de 3,6 kg, permettant la mesure des CSV dans un échantillon donné. Il est non seulement facile à utiliser, mais permet également d'obtenir des résultats immédiats et reproductibles. (26)(68)(71)

Le moniteur est constitué :

- D'une extrémité sur laquelle on fixe un tube/paille jetable (10) ;
- D'un boîtier contenant la cellule électrochimique (2) ;
- D'un écran affichant la concentration en ppb (2) ;
- D'un ordinateur lié au moniteur. (2)

Il sera nécessaire d'allumer la machine 30 minutes avant le test, dans le but de stabiliser la cellule électrochimique. (2)

Afin d'avoir un échantillon pur, le patient respectera les instructions préalablement décrites (ne pas fumer, éviter les produits cosmétiques parfumés,...). (2)(11)

3 mesures des composés sulfurés seront réalisées : (2)

- Intra-orale ;
- Intra-nasale ;
- Pulmonaire.

- Mesure intra-orale :

Avant de réaliser cette mesure et dans le but d'agglomérer les molécules odorantes, le patient ne parle pas et conserve la bouche fermée en respirant par le nez pendant 3 à 5 minutes. (10) (11) (30)

On insère un tube/paille jetable dans la bouche (environ 4 cm) pour y recueillir l'air contenu, il ne doit toucher ni la langue ni les joues. Le patient prend ensuite une grande inspiration par le nez en retenant sa respiration 10 à 15 secondes, durant lesquelles la mesure est prise. Comme expliqué au préalable, on répète cela 3 fois, à intervalle de 3 minutes et la mesure finale correspond à la moyenne des 3. (11) (2)

- Mesure intra-nasale :

Le patient respire par la bouche tout en se bouchant les narines durant 2 minutes. On insère ensuite un tube jetable dans une des narines tout en bouchant l'autre. Le patient prend ensuite une grande inspiration par le nez et retient sa respiration pendant 10 à 15 secondes durant lesquelles la mesure est prise. On réalise cette mesure 3 fois, à 3 minutes d'intervalle, et le résultat final correspond à la moyenne des 3 mesures. (2)(11)

○ Mesure pulmonaire :

Le patient respire par la bouche pendant 30 secondes de façon normale. Puis il retient sa respiration avant de réaliser une expiration. On insère une paille jetable en bouche, en évitant de toucher les joues et la langue, puis la mesure est prise pendant que le patient réalise son expiration par la bouche. Tout comme lors de la mesure intra-nasale et intra-orale, on réalise ce processus 3 fois (espacé de 3 minutes) et la mesure finale correspond à la moyenne. (2) (11)

On obtient donc 3 mesures finales de la concentration en CSV : une intra-orale, une intra-nasale et une pulmonaire, qui pourront nous guider sur l'origine de l'halitose. Mais cela ne suffira pas à repousser un diagnostic d'halitose extra-orale, car : (2) (18)

- Les CSV sont principalement responsables d'halitose intra-orale ;
- Les mesures pulmonaires des CSV étant une prise intra-orale, l'air récolté pour la prise est forcément contaminé par l'air intra-oral : la mesure ne sera donc pas précise.

Après l'utilisation de l'halimètre, on obtient immédiatement un haligramme (Figure 24) affichant les résultats selon un diagramme représentant la concentration des CSV en fonction du temps. Chaque pic représente une mesure réalisée. Il sera nécessaire d'étalonner régulièrement l'halimètre et de remplacer, au moins tous les 2 ans, le capteur de l'appareil. (32)

Un défaut de l'halimètre est qu'il n'a pas la sensibilité aux différents CSV. (13) Il détectera 5 fois plus le sulfure d'hydrogène que le méthylmercaptan et il ne détectera quasiment pas le diméthylsulfure, qui sera sous-estimé à 70%. (15)(32)(45) De plus, il n'identifie que les CSV et ne permet pas la détection d'autres molécules responsables de l'halitose. (25) Le sulfure d'hydrogène est principalement produit lors de cas d'halitose chez les patients ayant une mauvaise hygiène dentaire alors que le diméthylsulfure est principalement impliqué dans l'halitose extra-orale hémotogène. C'est pourquoi un halimètre sera plus pertinent à utiliser dans les cas d'halitose d'origine intra-orale chez des patients à mauvaise hygiène dentaire. (32)

Enfin, on a remarqué qu'il n'existe pas une forte corrélation de résultats entre les méthodes organoleptiques et l'halimètre. (26) Néanmoins, il sera un des appareils de diagnostic de l'halitose le plus utilisé. (45)

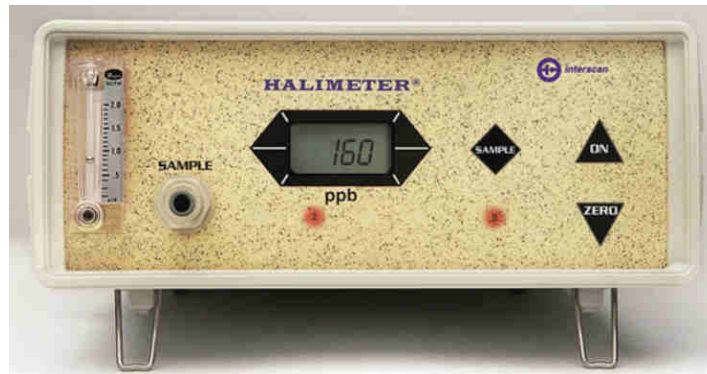


Figure 23 : Photo d'un Halimètre (9)

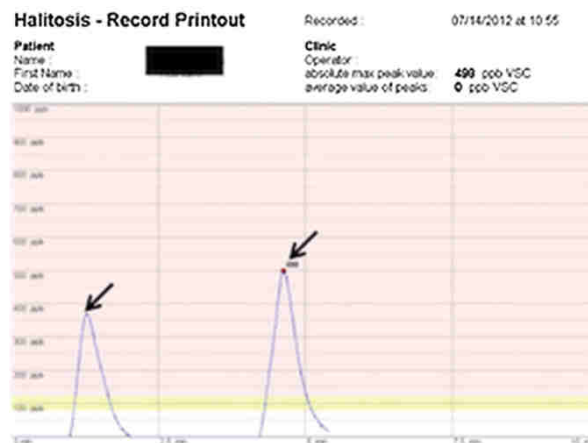


Figure 24 : Haligramme (32)

4.3.3.3.2. HaliSens

L'HaliSens (Figure 25), produit par ScioDent Allemagne, est un moniteur de sulfure portable qui évalue la concentration de l'ensemble de CSV sans les différencier. Il pourra être connecté à un logiciel intelligent permettant de suivre les mauvaises odeurs. (8)(16)



Figure 25 : Photo d'un Halisens TM
(9)

4.3.3.3. Breath-Alert

Le Breath-Alert (Figure 26), inventé au Japon, mesure les CSV, mais aussi les gaz hydrocarbures. Il a pour avantage d'être facile d'utilisation et d'avoir un faible coût. Néanmoins, peu d'études ont encore été réalisées afin de confirmer sa précision dans la pratique clinique. (68)(74)

L'appareil est constitué : (56)

- D'un écran LCD affichant les résultats,
- D'un embout à travers lequel le patient soufflera,
- D'un bouton déclenchant une série de mécanismes annoncées par un bip. Le premier bip préviendra que le Breath-alert est allumé. Le second signalera le début du test et le troisième la fin du test avec affichage du résultat.

Avant d'être utilisé, il faudra éliminer les odeurs résiduelles ou humidités contenues à l'intérieur en secouant l'appareil 4 à 5 fois. Puis il faudra ouvrir le compartiment où le patient soufflera après avoir fermé la bouche pendant 3 minutes. Un résultat sera affiché selon une échelle de 1 à 4 (Figure 27) : (56)

- Score 1 : aucune odeur,
- Score 2 : odeur légère,
- Score 3 : odeur modérée,
- Score 4 : odeur forte.

On considère que le patient souffre d'halitose s'il a un score de 3 ou 4. Un résultat sans numéro signifie une erreur et qu'il faut renouveler le test. (68)(74)



Figure 26 : photo du Breath-Alert (56)

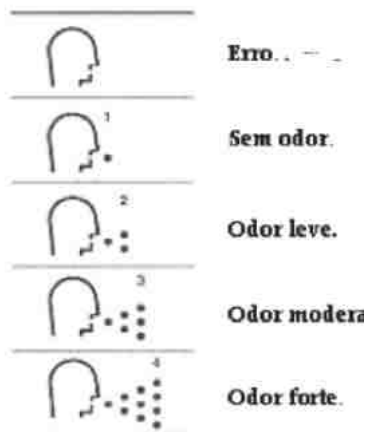


Figure 27 : échelle de score du Breath-Alert (56)

4.3.3.3.4. Breathtron

Le Breathtron, inventé en 1996, permet d'obtenir des résultats plus fiables que l'halimètre et ce pour 2 raisons : (26)(32)

- Il dispose d'un capteur semi-conducteur à membrane en oxyde de zinc sensible aux CSV.
- Les composés non sulfuriques volatils seront éliminés de l'échantillon grâce à un filtre à gel de silice acide situé dans l'embout jetable.

Le Breathron est constitué d'une entrée d'air reliée à l'embout jetable du capteur, d'un affichage numérique et d'une imprimante donnant les résultats en ppb. Il est portable et ne pèse que 2 kg. Avant chaque utilisation, il est nécessaire de laisser la machine chauffer pendant 1 minute 45 secondes. Puis, après avoir laissé le patient avec la bouche fermée, on réalise la mesure en insérant la paille dans la cavité orale. Pendant la prise, durant 45 secondes, le patient respire par le nez. Un débit de 40 à 60 ml/min est alors réalisé par la machine. 3 prises seront nécessaires pour obtenir une mesure complète. (71)

Selon les études, il existe une plus forte corrélation des résultats du Breathron avec ceux des tests organoleptiques qu'entre les résultats de l'halimètre avec ceux des tests organoleptiques. De plus, le Breathron permet d'obtenir un résultat presque immédiat et reproductible. Enfin, il est portable permettant ainsi l'utilisation au fauteuil. (26)(32) Néanmoins, son seuil de diagnostic est aussi soumis à débat : allant de 250 à 400 ppb. Comme l'halimètre, il ne permet pas la différenciation des CSV et ne détecte pas les autres molécules non sulfurées responsables elles aussi d'halitose. (26) À noter qu'il a une sensibilité importante pour le sulfure d'hydrogène, mais une sensibilité faible pour le diméthylsulfure. (71)

4.3.3.3.5. B/B Checker

Le B/B Checker est un appareil permettant de détecter les composés odorants CSV, mais également de détecter l'hydrogène, l'éthanol, l'acétone, le butylate et l'ammoniac de l'air oral et nasal. C'est un capteur de gaz semi-conducteur au dioxyde d'étain sensible au gaz réducteur. Il est constitué : (61)(75)

- D'une sonde constituée d'un capteur recouvert d'un adaptateur jetable ;
- D'un corps principal contenant une imprimante permettant de donner directement les résultats (Figure 28).

On obtiendra le B/B ou l'amplitude d'intensité d'odeur, selon la loi de Weber-Fechner $B/B = k \cdot \log C$, où C est la concentration d'odeur. On obtient un résultat allant de 0 à 100. (61)(75)

La méthode de diagnostic du B/B Checker pourra être réalisée suivant : (75)

- Une prise intra-orale : on insère directement dans la bouche le capteur qui grâce à son couvercle empêche les contacts avec la muqueuse orale. Au préalable, le patient aura fermé la bouche et respiré par le nez pendant 180 secondes. La mesure intra-orale durera 15 secondes (Figure 28 B). (75)
- Une mesure du souffle expiré : le patient expire au préalable l'air buccal puis respire profondément avant de retenir son souffle pendant 15 secondes. Le capteur est alors inséré et la mesure est prise lors de l'expiration complète des poumons pendant 15 secondes. (75)
- Une mesure intra nasale : le capteur est inséré dans une narine pendant que l'autre est bouchée. Le patient souffle par le nez pendant 15 secondes, temps nécessaire de réalisation de la mesure. On pourra réaliser la prise pour les 2 narines (Figure 28 C). (75)

Le B/B Checker permet de réaliser des mesures rapides en 8 minutes. Il est facile d'utilisation et les patients ne ressentent pas de gêne lors de son utilisation. De plus, il est intéressant car il ne détecte pas seulement des gaz CSV. Néanmoins, il n'est pas très efficace comparé aux autres appareils analysants les CSV étant donné que le dioxyde d'étain a une sensibilité faible pour les CSV et que l'on ne connaît pas vraiment son efficacité pour détecter l'hydrogène, l'éthanol, l'acétone, le butylate et l'ammoniac. (61)



Figure 28 : photo d'un B/B Checker. A : corps principal contenant une imprimante. B : mesure intra-orale. C : mesure intra-nasale. (75)

Pour conclure la présentation de ces différents appareils de diagnostic de CSV, on constate qu'il en existe plusieurs mais que l'halimètre est considéré comme étant le plus efficace, en raison notamment du recul important dans la littérature et dans la pratique clinique. (75)

4.3.3.4. Comparaison : analyse des composés sulfurés avec d'autres méthodes de diagnostic

- *L'halimètre :*

Lors des études, on constate une corrélation entre les résultats de l'halimètre et ceux obtenus par la méthode organoleptique. Néanmoins, cette corrélation n'est pas aussi importante que lorsque que l'on compare les résultats de l'halimètre et ceux de l'OralChroma. On explique cela par le fait que ces deux appareils de mesure recherchent essentiellement les CSV alors que les tests organoleptiques détectent l'ensemble des gaz odorants. Les auteurs précisent ainsi que les tests organoleptiques seront plus efficaces dans le cadre du diagnostic de l'halitose. (31)(61) De plus, cette étude souligne qu'il existe une corrélation entre la profondeur des poches, l'enduit lingual et les valeurs de l'halimètre. (31)

- *Le Breathron :*

Lorsque les concentrations en CSV sont comprises entre 550 et 750 ppb, le Breathron a des résultats similaires aux résultats obtenus par la chromatographie en phase gazeuse, méthode diagnostique permettant d'obtenir de manière précise la concentration d'un gaz. (71)

Néanmoins, on peut souligner que plus les concentrations des CSV détectées par la chromatographie en phase gazeuse diminuent, plus les CSV sont sur-estimés par le Breathron. À l'inverse, plus les concentrations des CSV détectées par la chromatographie en phase gazeuse augmentent, plus les CSV sont sous-estimés. Selon l'étude qui établit ces comparaisons, les résultats du Breathron correspondraient en général avec les tests organoleptiques. Mais les résultats de cette étude sont à nuancer car elle exclut les patients souffrant d'halitose extra-orale. (71)

- *Le Breath-Alert :*

Les résultats obtenus par le Breath-Alert sont similaires aux résultats obtenus lors des tests organoleptiques. (74)

- *Le B/B Checker :*

Enfin, les résultats obtenus par le B/B Checker correspondent à ceux obtenus lors des tests organoleptiques intra-oraux et intra-nasaux, mais pas à ceux mesurant l'air pulmonaire. L'étude comparative souligne une corrélation entre les résultats obtenus par le B/B Checker et ceux obtenus par la chromatographie en phase gazeuse. Néanmoins, cette étude a été réalisée sur un échantillon faible de 30 sujets sains. (75) C'est pourquoi une étude sur un plus grand nombre de patients (96 sujets) a été réalisée par la suite. Les correspondances avec les résultats des tests organoleptiques, ceux de l'halimètre et ceux de l'OralChroma n'ont pas été confirmées et la conclusion de cette étude ne favorise pas l'utilisation du B/B Checker dans le diagnostic de l'halitose. (61)

En général, les moniteurs de sulfure ont une corrélation de leurs résultats avec les tests organoleptiques. Néanmoins, ils semblent être moins précis, c'est pourquoi les auteurs conseillent de ne pas remplacer le test organoleptique par ces appareils, mais de les utiliser en complément. (58)

4.3.3.5. Avantages et inconvénients de l'analyse des composés sulfurés

- Avantages :
 - Technique portative : facile à utiliser et facilement réalisable au fauteuil ; (10)(32)(58)(73)
 - Technique objective, évite le biais de l'examineur ; (15)
 - Technique reproductible ; (7)
 - Entretien facile ; (71)
 - Résultats obtenus rapidement ; (58)(73)

- Technique pas trop couteuse ; (7)(58)(73)
- Technique moins gênante pour les patients que le test organoleptique ; (32)
- Technique de choix pour diagnostiquer l'halitose intra-orale. (45)
 - o Inconvénients :
 - Détection sélective des composés sulfurés responsables principalement de l'halitose intra-orale mais pas des autres molécules odorantes responsables principalement de l'halitose extra-orale notamment les acides gras volatils à chaîne courte, les alcools, les cétones, les alcanes, les composés phénylés, les polyamines et les composés azotés. (36)(10)(58) La méthode de détection des CSV ne permet donc pas de différencier l'halitose extra et intra-orale ; (45)
 - La technique de détection des composés sulfurés est moins efficace quantitativement et qualitativement que la chromatographie en phase gazeuse. En effet, la technique de détection des composés sulfurés a une forte sensibilité pour le sulfure d'hydrogène mais moins pour le méthylmercaptan : environ 50% de celle du sulfure d'hydrogène ; (7)(10)(73)
 - Détection indifférenciée des CSV ; (58)
 - Ces appareils sont encore considérés comme moins efficaces que les tests organoleptiques qui restent le « gold standard » des moyens diagnostiques ; (68)
 - Les résultats sont biaisés par l'influence de l'humidité ou des gaz dans l'air ambiant ; (72)
 - En théorie, étant capable de réaliser des mesures intra-orales et intra-nasales, ces appareils recherchant les CSV permettraient de différencier halitose intra-orale et extra-orale. Néanmoins, les CSV étant principalement impliqués dans l'halitose intra-orale, on considère qu'il est compliqué de différencier les origines de l'halitose à l'aide de ces appareils. (2) (18)

4.3.4. Test BANA

4.3.4.1. Description du test BANA

Le test BANA a été élaboré par Loesche et ses collègues en 1990. (58) Cette technique d'analyse est une méthode biochimique de mesure indirecte de l'halitose intra-orale. En effet, on ne cherche pas à quantifier les molécules odorantes, mais à quantifier les bactéries productrices de ces molécules. On réalise cela en détectant l'arginine hydrolase produite pour hydrolyser les peptides. Pour ce faire, on utilisera la chaîne peptidique BANA (benzoyle-DL-arginine- α -naphthylamide), peptide de la trypsine, hydrolysé par les enzymes des bactéries Gram-. Ce test permet d'identifier la présence de cent colonies de bactéries anaérobies notamment *Treponema denticola*, *Porphyromonas gingivalis* *Tannerella Forsythia* et *Bactéroïdes forsythus*, responsables dans 90% des cas de mauvaise haleine. Ces bactéries, en plus de produire des molécules odorantes, sont associées aux maladies parodontales. En les détectant, on détecte aussi un terrain favorable à ces pathologies. (10)(2)(8)(30)(58)

4.3.4.2. Principe physique du test BANA

Le but de ce test est de recréer la réaction biochimique réalisée par les bactéries de dégradation des protéines (et autres substrats) produisant les molécules odorantes.(2) Le BANA, étant un peptide de la trypsine, joue le rôle de substitut de substrat. Le test BANA se présente sous la forme de bandelettes imbibées de BANA et d'un réactif coloré en bleu. On met en culture, sur cette bandelette, un prélèvement buccal qui met en évidence la dégradation du BANA en Béta-naphthylamide par son réactif bleu. Plus la couleur bleue est intense, plus la concentration de ces bactéries est importante. (2)(30)

4.3.4.3. Protocole clinique du test BANA

A l'aide d'un coton, on réalise un prélèvement soit sur la partie postérieure du dos de la langue, soit on prélève la plaque dans les poches parodontales à l'aide d'une

curette. On choisit préférentiellement ces deux zones, car ce sont des lieux de prolifération bactérienne importante. (2)(30)

Ensuite, on applique ce prélèvement buccal sur la bandelette BANA.

On obtient un résultat :

- Dans les cinq minutes en chauffant dans un incubateur la bandelette à 35 degrés (55 degrés selon (30)) ;
- Dans les 24 heures à température ambiante.

Le test est dit BANA-positif si on détecte la couleur bleue sur la bandelette.

4.3.4.4. Comparaison du test BANA avec d'autres méthodes de diagnostic de l'halitose

Une étude compare les résultats du test BANA avec les tests organoleptiques et les tests analysant les composés sulfurés. Les auteurs ont statistiquement corrélé les résultats avec les tests organoleptiques. Néanmoins, il n'y a pas eu de corrélation détectée avec les tests analysant les composés sulfurés. Cette non-corrélation serait expliquée, selon l'étude, par le fait que les bactéries réagissant au test BANA produiraient des molécules odorantes autres que des CSV, telles que la cadavérine. Il est intéressant de noter que cette non-corrélation avec les tests analysant les composés sulfurés est moins importante chez les patients souffrant de maladies parodontales. C'est pourquoi pour éviter un maximum de faux négatifs, cette technique est à préférer dans le cas des patients atteints de parodontite. (10)(30)(58)

4.3.4.5. Avantages et inconvénients du test BANA

○ Avantages :

- C'est une méthode pratique et facile à mettre en œuvre ; (10)(2)
- Elle est utilisable au fauteuil ; (30)
- C'est un test sensible et spécifique. (2)

○ Inconvénients :

- Le test BANA ne permet pas de différencier les rôles spécifiques des espèces bactériennes pour l'halitose ; (10)

- Il ne permet de différencier une halitose d'origine intra-orale d'une extra-orale ; (2)
- Il est plus précis en cas de parodontite, pouvant produire des faux négatifs chez un patient sain ; (10)
- Le test est cher. (76)

4.3.5. Quantification de l'activité bêta-galactosidase

4.3.5.1. Description de la quantification de l'activité bêta-galactosidase

La bêta-galactosidase, produite en général par les bactéries Gram+ (principalement les streptocoques), est une enzyme permettant la déglycosylation des glycoprotéines (mucines et composants des cellules épithéliales) au niveau des couches les plus externes du biofilm. C'est la première étape de création des mauvaises odeurs. En effet, en étant déglycosylées, les glycoprotéines seront dégradées par les protéases produites par les bactéries Gram- au niveau des couches les plus profondes du biofilm et libèreront des molécules odorantes responsables d'halitose. Les glycoprotéines sont considérées comme une des premières sources de substrat des bactéries productrices de mauvaises odeurs. C'est pourquoi en quantifiant l'activité de l'enzyme qui les dégrade, on permet une quantification indirecte de l'halitose. (10)(30)(48)(51)(58)

La production de mauvaises odeurs, par l'intervention de la bêta-galactosidase, intervient principalement lors d'halitose physiologique où on note une forte présence de bactéries Gram+ produisant cette enzyme au niveau des enduits linguaux et sur la plaque dentaire épaisse. Ainsi, en quantifiant l'activité de la bêta-galactosidase, on peut identifier l'halitose physiologique. (51)

4.3.5.2. Principe physique de la quantification de la bêta-galactosidase

Les glycoprotéines sont constituées d'une partie peptidique et d'une partie latérale glucidique. Elles sont notamment contenues dans la salive et subissent une protéolyse

au contact des enzymes. La partie glucidique est éliminée de la chaîne principale au niveau de la liaison O et N par l'enzyme bêta-galactosidase produite par les bactéries. (30)

Pour mettre en évidence cette activité enzymatique responsable de mauvaises odeurs, on utilisera un disque de papier imprégné d'un substrat chromogène qui peut être :

- Le X-Gal (5-bromo-4-chloro-3-indolyl-beta-D-galactopyranoside), (48)(51)
- L'isopropyl- β -D-thiogalactopyranoside. (51)

Des disques de 6mm de diamètre, préparés à l'aide d'un papier de chromatographie, seront imbibés d'un mélange X-Gal et d'eau distillée. Ils seront ensuite séchés à 37 degrés pendant une nuit. Les résultats dépendront de la couleur affichée sur le disque : plus la couleur sera intense, plus la concentration en bêta-galactosidase dans la salive sera importante. On pourra classer les résultats selon l'échelle suivante : (48)(51)

- 0 : aucune couleur,
- 1 : couleur bleu pâle,
- 2 : couleur bleu moyen à bleu foncé.

4.3.5.3. Protocole clinique de la quantification de la bêta-galactosidase

Entre deux à cinq heures avant le test, le patient ne doit ni boire, ni manger, ni fumer, ni réaliser des soins d'hygiène dentaire. Puis, on prélève de la salive, environ 20 microlitres de prélèvement salivaire seront appliqués sur un disque imprégné de X-gal. Après mise en incubateur à température ambiante pendant 10 minutes, on obtiendra un résultat en fonction de la couleur apparaissant sur le papier (Figure 29). (48)(51)



Figure 29 : test de la bêta galactosidase (58)

4.3.5.4. Comparaison : quantification β -galactosidase avec d'autres méthodes de diagnostic

Une étude, de Sterer et al., réalisée sur 64 sujets, s'intéresse à la corrélation des résultats de quantification de la bêta-galactosidase et des résultats obtenus par tests organoleptiques. Ces tests ont été réalisés par 2 praticiens différents. On remarque que les patients ayant des scores de 2 sur le disque obtiennent des scores élevés, voire très élevés, lors du test organoleptique. De plus quand le disque affiche des scores de 1, le résultat des tests organoleptiques est moyen. Les résultats montrent qu'une corrélation existe entre les 2 types de tests (bêta-galactosidase et test organoleptique). Cette corrélation est plus forte que celle entre les tests organoleptiques et les moniteurs à sulfure. Cela pourrait être la conséquence du fait que la bêta-galactosidase n'est pas produite pas des bactéries Gram-. (30)(10)(48)(58) Yoneda et al. ont par la suite voulu approfondir cette étude afin de connaître les liens entre l'activité de la bêta-galactosidase et les pathologies dentaires, mais surtout le lien entre son activité et la présence de bactéries. Tout d'abord, ils remarquent une corrélation entre les résultats du test bêta-galactosidase avec les tests suivants : (51)

- Les tests organoleptiques (3 examinateurs ont jugé l'odeur intra-orale des patients) ;
- Les mesures de l'halimètre ;

- Les résultats obtenus par la chromatographie en phase gazeuse à détecteur à photométrie de flamme : évaluant la concentration en CSV.

Ensuite, ils remarquent qu'un enduit lingual épais s'associe à un test bêta galactosidase positif (score 1 ou 2), mais qu'il n'y a aucune corrélation entre la bêta-galactosidase et les caries dentaires, les maladies parodontales, les traitements débordants et le flux salivaire. (51)

Enfin, l'étude en utilisant les techniques PCR, souligne que l'activité de la Bêta galactosidase n'est pas associée à des bactéries intervenant dans des parodontopathies, telles que *P. gingivalis* ou *T. denticola*, et surtout qu'il y a une affinité négative avec *P. intermedia*. La bêta-galactosidase serait donc produite par des bactéries Gram+. (51)

4.3.5.5. Avantages et inconvénients de la quantification de la bêta-galactosidase

- Avantages :

- Résultats rapides ; (48)
- Résultats facilement lisibles ; (48)
- Test non invasif ; (48)
- Test réalisable au fauteuil ; (48)
- Résultats reproductibles ; (48)
- Test ne nécessitant pas beaucoup de matériel. (48)

- Inconvénients :

- L'activité de la bêta-galactosidase est principalement liée aux bactéries Gram+ et à l'halitose physiologique ; (51)
- Mesure de l'halitose intra-orale seulement. (48)(51)

4.3.6. Détecteurs d'ammoniac

4.3.6.1. Description du détecteur d'ammoniac

L'ammoniac, produit par les bactéries dans la bouche, est un composé volatil odorant responsable d'halitose. On le retrouve notamment dans la plaque dentaire et l'enduit lingual. (10) En mesurant la quantité d'ammoniac produit, on peut donc ainsi mesurer le niveau d'hygiène bucco-dentaire. (47)

4.3.6.2. Principe physique du détecteur d'ammoniac

Les bactéries produisent de l'ammoniac à partir de l'urée. (30)(47) L'appareil portable de surveillance de l'ammoniac, ATAIN (Taiyo, Japon) est cité par les auteurs et son utilisation est décrite, mais aucun article expliquant son fonctionnement n'a été trouvé.

4.3.6.3. Matériel utilisé : détecteur d'ammoniac

Le détecteur portable d'ammoniac est constitué : (10)(30)(47)

- D'une pompe, aspirant 50 ml d'air ;
- D'un tube détecteur à ammoniac ;
- D'un embout buccal jetable ;
- D'un boîtier contenant l'échelle de concentration d'ammoniac.

4.3.6.4. Protocole clinique du détecteur d'ammoniac

2 heures avant le test, le patient ne pourra ni boire ni manger afin de ne pas biaiser le test. (30) Avant de réaliser le test, le patient devra : (10)(47)

- Rincer sa bouche avec une solution d'urée pendant 30 secondes ;
- Garder la bouche fermée durant 5 minutes.

L'embout est inséré dans la bouche du patient. La pompe intégrée dans l'appareil aspire 50 ml d'air, puis affiche sur le boîtier la concentration d'ammoniac indiquée sur l'échelle. (10)(47)

4.3.6.5. Comparaison du détecteur d'ammoniac avec d'autres méthodes de diagnostic

Une étude, sur 25 individus, a quantifié l'ammoniac présent par chromatographie en phase gazeuse puis par un détecteur d'ammoniac. Les résultats étaient significativement les mêmes entre les 2 techniques de mesures. (10) Il n'y a toutefois pas de corrélation entre le score organoleptique et le niveau d'ammoniac mesuré. (30) Une autre étude, réalisée sur 61 individus, arrive aux mêmes conclusions. Cette technique de mesure a été proposée par les auteurs comme alternative à la chromatographie en phase gazeuse pour la quantification de l'ammoniac en raison de sa facilité d'utilisation et de son coût. (47)

4.3.6.6. Avantages et inconvénients du détecteur d'ammoniac

- Avantages :

- Cette technique est pratique, transportable et réalisable au fauteuil ; (47)
- Les résultats sont obtenus rapidement ; (47)
- Cette technique permet de mesurer l'hygiène bucco-dentaire ; (47)
- Les résultats correspondent à ceux trouvés en chromatographie. C'est pourquoi des auteurs proposent d'utiliser la recherche d'ammoniac en alternative. (47)

- Inconvénients :

- Les résultats ne correspondent pas aux résultats obtenus par tests organoleptiques ; (47)
- L'air analysé est intra-oral, ce qui permet uniquement un diagnostic de l'halitose intra-orale. (47)

4.3.7. Détecteurs à amines

4.3.7.1. La méthode à ninhydrine

4.3.7.1.1. Description de la méthode à ninhydrine

L'halitose, dans la méthode à ninhydrine, est mesurée en quantifiant les acides aminés et les amines de bas poids moléculaires, produits de la dégradation des peptides et glycoprotéines contenus dans la salive et responsables de la production de mauvaises odeurs. Des corrélations entre mauvaises odeurs et quantité de diamines salivaires ont été prouvées précédemment. Cette méthode est considérée comme une mesure, indirecte, de l'halitose. (30)(77)

4.3.7.1.2. Principe physique de la méthode à ninhydrine

Cette technique fonctionne selon le principe suivant : chaque composé moléculaire en solution a une absorbance lumineuse qui lui est propre. Ainsi, en analysant la densité lumineuse d'une solution, on peut déterminer sa composition et sa quantité de substance chimique. (30)(77) Nous n'avons pas trouvé d'article expliquant plus précisément le principe physique de cette technique.

4.3.7.1.3. Protocole clinique de la méthode à ninhydrine

Le protocole se déroule de la manière suivante : (77)

- Dans un gobelet propre, le patient crache un échantillon de sa salive ; (77)
- On mélange 100 microlitres d'échantillon à 100 microlitres d'isopropanol ; (77)
- On centrifuge ensuite ce mélange ; (77)
- Puis on récupère le surnageant obtenu qu'on mélange à nouveau avec 400 microlitres d'isopropanol, une solution tampon, et 2 ml de réactif ninhydrine ; (77)
- On met au bain-marie pendant 30 minutes ; (77)

- On refroidit à 21 degrés ; (77)
- On détermine l'absorbance du liquide obtenu à l'aide d'un spectromètre. (30)

4.3.7.1.4. Comparaison de la méthode à ninhydrine avec d'autres méthodes de diagnostic

Une étude a comparé les résultats de la méthode à ninhydrine avec les résultats des méthodes organoleptiques et des mesures d'analyse de composé sulfuré. Cette étude souligne une corrélation significative entre les résultats obtenus par méthode à ninhydrine et ceux par les méthodes organoleptiques. Les résultats obtenus par analyse de composé sulfuré corrélerent aussi avec les résultats de la méthode à ninhydrine. On peut donc supposer que les bactéries produisant les CSV et celles produisant les molécules à amines sont similaires. (10)(30)(77)

4.3.7.1.5. Avantages et inconvénients de la méthode à ninhydrine

- Avantages :
 - Méthode rapide, simple et peu couteuse ; (30)(77)
 - Méthode réalisable au fauteuil ; (32)
 - Méthode utile pour évaluer l'efficacité d'un traitement d'halitose. (77)
- Inconvénients :
 - Technique non encore commercialisée pour le diagnostic de l'halitose; (32)
 - Nécessite l'utilisation d'un spectromètre, (30)
 - Ne diagnostique que l'halitose intra-orale. (63)

4.3.7.2. Test colorimétrique au fauteuil

4.3.7.2.1. Description du test colorimétrique

L'halitose, dans le test colorimétrique au fauteuil, est une mesure quantitative d'amines intra-salivaires, responsables de la production de mauvaises odeurs contenues dans la salive. Ce test permet une mesure indirecte de l'halitose, selon une échelle colorimétrique. (78)

4.3.7.2.2. Principe physique du test colorimétrique

On obtient une réaction colorimétrique entre les amines de la salive et une enzyme active : l'enzyme diamine oxydase. Lors de cette réaction produisant des diamines, une coloration sera obtenue. Plus elle sera intense, plus la production d'amines sera importante, plus l'halitose sera importante. On obtient une couleur en 5 minutes qu'on compare à une échelle en 10 points (Figure 30). (46)(78)

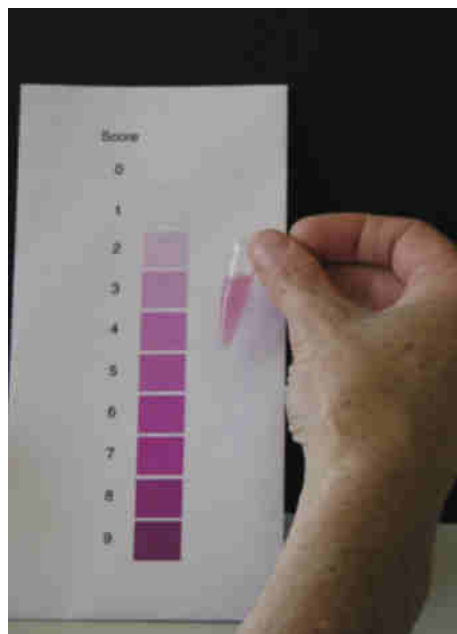


Figure 30 : comparaison d'un échantillon avec l'échelle de couleur (78)

4.3.7.2.3. Protocole clinique du test colorimétrique

Au préalable, le patient devra respecter les règles précédemment décrites (ne pas manger des aliments épicés, des produits parfumés,...) (78)

Dans un gobelet propre, le patient crache un échantillon de sa salive. On prélève un volume de 100 microlitres de salive qu'on mélange à l'enzyme active. On centrifuge ensuite le mélange. On obtient ainsi un échantillon coloré au bout de 5 minutes qu'on peut comparer à l'échelle de mesure. (78)

4.3.7.2.4. Comparaison du test colorimétrique avec d'autres méthodes de diagnostic

Dans un groupe de 100 individus, la quantité d'amines trouvée par le test est corrélée à la quantité de cadavérine et de putrescine détectée par chromatographie en phase gazeuse à détecteur de spectroscopie de masse. Cette même étude trouve des corrélations entre les résultats des tests organoleptiques et ceux d'analyse de composés sulfurés. (78)

4.3.7.2.5. Avantages et inconvénients du test colorimétrique

- Avantages :
 - Méthode rapide, simple et peu coûteuse ; (78)
 - Méthode réalisable au fauteuil. (78)

- Inconvénients :
 - Technique non encore commercialisée pour le diagnostic de l'halitose ; (78)
 - Ne diagnostique que l'halitose intra-orale. (78)

4.3.8. Réaction en chaîne par polymérase PCR en temps réel

4.3.8.1. Description de la PCR en temps réel

La technique PCR, Polymerase Chain Reaction ou réaction en chaîne par polymérase, est une mesure indirecte de l'halitose. Elle identifie et quantifie les bactéries productrices de mauvaises odeurs et plus particulièrement les CSV, présents dans un prélèvement intra-oral. Pour cela, cette technique repose sur l'amplification exponentielle de l'ADN de ces bactéries. Cette méthode s'intéresse principalement à la détection de 6 bactéries parodonto-pathogènes : *Porphyromonas gingivalis*, *Tannerella forsythia*, *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Treponema denticola*, *Prevotella intermedia* et *Prevotella nigrescens*. (79)(80)

4.3.8.2. Matériel utilisé pour la PCR en temps réel

Un mécanisme de réalisation de test PCR contient :

- Un thermocycleur : qui va réguler les différentes températures et le temps d'incubation nécessaires pour réaliser les étapes successives des cycles des différentes polymérisations ; (82)
- Un milieu réactionnel ayant différents composants suivant le marqueur fluorescent choisi et le système choisi; (82)
- Un fluorimètre associé à un logiciel analysant la fluorescence induite. (80)

4.3.8.3. Protocole clinique de la PCR en temps réel

Tout d'abord, on prélève chez le patient, à l'aide de spatules stériles, des échantillons d'enduit lingual que l'on mettra en suspension dans une solution stérile. (79)

Si l'amplification se fait à partir d'un brin ARN, on commencera par placer l'échantillon dans une incubation contenant de la reverse transcriptase à 42-55 °C afin d'obtenir un ADN double brin. (82)

Ensuite, on réalise un cycle d'amplification en 3 étapes :

- Dénaturation : séparation des 2 brins d'ADN à des températures supérieures à 90 °C ; (82)
- Hybridation des amorces oligonucléotides à 50-60 °C ; (82)
- Extension à 70-78 °C. (82)

Pour le système TaqMan et le système Light Cycler on met en place le milieu réactionnel dans le thermocycleur qui réalise les cycles suivants (environ 50) : (79)(80)

- Dénaturation : séparation des 2 brins d'ADN à des températures supérieures à 95 °C pendant 5 secondes ;
- Hybridation des amorces oligonucléotides à 56 °C pour TaqMan et 57°C pour Light Cycler pendant 15 secondes ;
- Extension à 72 °C pendant 8 secondes.

L'ensemble des cycles sera précédé d'une dénaturation initiale : 95°C pendant 1 minute et à la fin des cycles un refroidissement à 40 °C sera réalisé pendant 8 minutes.

4.3.8.4. Comparaison de la méthode PCR avec d'autres méthodes de diagnostic de l'halitose

Une étude de Tanaka et al. compare, sur 39 individus, les résultats des tests organoleptiques, les mesures de la quantité de CSV (par halimètre et chromatographie en phase gazeuse) et le test PCR en temps réel. (79)

L'étude montre qu'il n'y a pas de corrélation entre les résultats obtenus par test organoleptique et les quantités des bactéries parodonto-pathogènes trouvées par test PCR en temps réel. Néanmoins les résultats, obtenus par l'halimètre et par la chromatographie en phase gazeuse, correspondent à ceux de la technique PCR. En effet, plus il y a de bactéries parodonto-pathogènes plus la production de CSV est importante. (79)

4.3.8.5. Avantages et inconvénients de la méthode PCR en temps réel

- Avantages :
 - Détection quantitative des familles bactériennes ; (80)
 - Technique rapide en raison de la possibilité d'identifier au cours des cycles la quantité d'amplicons ; (83)
 - Technique sensible ; (83)
 - Technique spécifique ; (83)
 - Technique reproductible. (81)

- Inconvénients :
 - Détection seulement de l'halitose intra-orale ; (79)
 - Détection seulement des bactéries cibles ; (81)
 - Détection seulement de la production, par les bactéries parodonto-pathogènes, des molécules odorantes CSV et pas des autres responsables de la mauvaise odeur. (79)

4.3.9. Quantification microbienne

4.3.9.1. Description de la quantification microbienne

Cette méthode de diagnostic de l'halitose repose sur l'identification des colonies bactériennes productrices de molécules odorantes contenant du sulfure d'hydrogène. Elle permet un diagnostic indirect de l'halitose. (58)

4.3.9.2. Principe physique de la quantification microbienne

Deux principes différents ont été proposés : (58)

- Quantification de la population bactérienne dans un milieu de culture ;
- Quantification de la population bactérienne sans milieu de culture.

La première technique de quantification consiste à réaliser un milieu de culture de bactéries contenant du plomb ou du fer (gélose différentielle) avec un échantillon salivaire. Cette réaction nécessite un milieu d'incubation anaérobie durant 7 jours. On obtiendra une réaction entre les ions sulfures et les ions métalliques produisant une coloration noire (Figure 31). Ainsi on peut dénombrer dans le milieu de culture les bactéries productrices d'odeur contenant du sulfure. (58)



Figure 31 : Milieu de culture d'un échantillon salivaire avec des ions métalliques. (58)

La seconde technique consiste à prendre un échantillon de salive et à le mélanger à du sel de fer. On conserve le mélange en incubation pendant une nuit à 37 degrés. Une réaction s'effectue entre les bactéries produisant les CSV et le sel de fer sous la forme d'un précipité noir (Figure 32). On analysera au microscope les colonies bactériennes noires. (58)

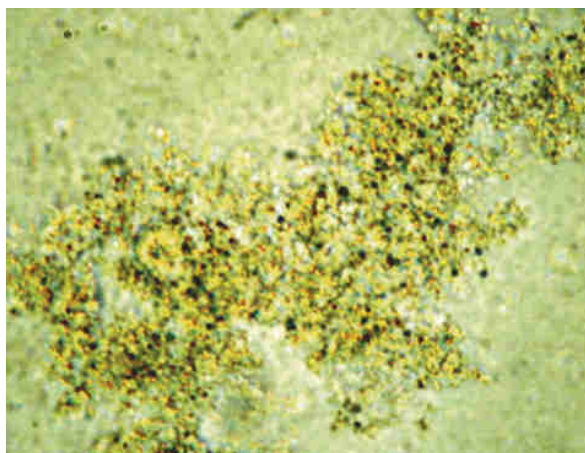


Figure 32 : Colonies de bactéries productrices des CSV individualisés en noir par du sel de fer, vu au microscope. (58)

4.3.9.3. Comparaison de la quantification microbienne avec d'autres méthodes de diagnostic

Une étude réalisée sur 42 sujets par Sterer et al. montre une corrélation entre les résultats de la quantification bactérienne sans incubation et l'halimètre. (58)

4.3.9.4. Avantages et inconvénients de la quantification microbienne

- Avantages :
 - Une corrélation des résultats avec l'halimètre est trouvée pour le test sans incubation. (58)
- Inconvénients :
 - Mesure de l'halitose intra-orale seulement ; (58)
 - La technique avec les ions métalliques est très longue (7 jours pour la technique cultivable et une nuit pour la technique non cultivable) ; (58)
 - La technique est limitée aux bactéries cultivables pour le test à incubation, soit 30% des bactéries totales intra-orales ; (58)
 - Quantification des bactéries productrices seulement des CSV. (57)(58)

4.3.10. La cystéine challenge testing

4.3.10.1. Description de la cystéine challenge testing

C'est un test indirect de l'halitose. Comme expliqué précédemment, les principales molécules odorantes responsables d'halitose sont les CSV. Elles sont produites par les bactéries intra-orales Gram- contenues en général dans l'enduit lingual, à partir d'acide aminé hydrolysé. La cystéine pourra être utilisée comme indicateur d'halitose pour plusieurs raisons : (52)

- Le sulfure d'hydrogène résulte de la dégradation de la cystéine ; (52)

- Le sulfure d'hydrogène, en s'ionisant, permet de baisser le potentiel d'oxydation intra-oral. Cette baisse crée un environnement favorable à la croissance des bactéries Gram- ainsi qu'au processus de putréfaction des substrats produisant d'autant plus de mauvaises odeurs. (52)

Cette technique fonctionne en donnant une solution de cystéine au patient. Ce substrat sera utilisé par les bactéries intra-orales pour produire des CSV. On suit cette production de CSV dans le temps à l'aide d'un halimètre. Néanmoins, cette technique de « cystéine challenge testing » est, en pratique, principalement utilisée pour voir l'efficacité dans le temps d'un produit à inhiber la création de mauvaises odeurs et non dans le diagnostic de l'halitose. (52)(58)

4.3.10.2. Principe physique de la cystéine challenge testing

Lors de la dégradation de la cystéine par les bactéries Gram-, une libération de H^+ + HS^- se produit, se dégradant en HS^2 et/ou $S^- + H^+$ (Figure 33). La production de sulfure d'hydrogène provoquera un abaissement du potentiel d'oxydoréduction par la libération des ions suivants : HS^- et S^- . Le HS^2 est une molécule très volatile et sera éliminée facilement dans l'air expiré. (52)

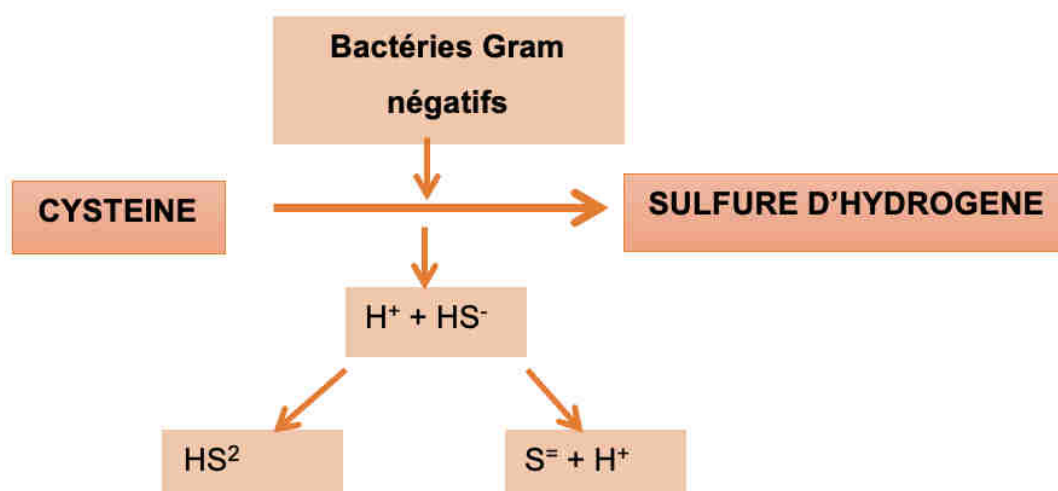


Figure 33 : schéma de la production de sulfure d'hydrogène à partir de cystéine. (52)

Cette diminution de l'oxydo-réduction, en fonction de la production de sulfure d'hydrogène à partir de la cystéine, a été prouvée à la suite d'un test réalisé par Kleinberg. Il a étudié en fonction du temps, la production de CSV et le potentiel d'oxydoréduction d'un patient après avoir rincé sa bouche avec une solution de cystéine (Figure 34). (52)

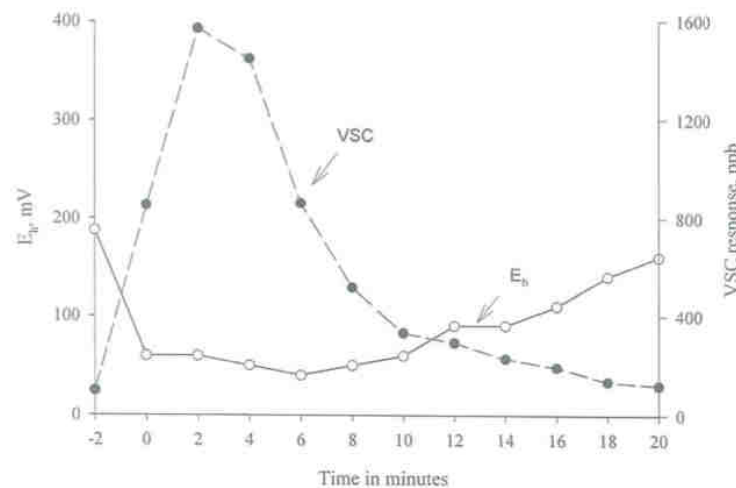


Figure 34 : graphique représentant la courbe de CSV produit et la courbe du potentiel d'oxydoréduction en fonction du temps après rinçage de 5ml de solution de 6mMol de cystéine. (52)

4.3.10.3. Matériel utilisé pour la cystéine challenge testing et protocole clinique

Le test de provocation à la cystéine a pour but d'étudier l'intérêt d'une thérapie anti-halitose dans le temps. Elle sera alors réalisée de la manière suivante : (52)(58)

- Réalisation d'une solution de 5 ml contenant 6 mMol de cystéine ;
- Rinçage de la bouche pendant 30 secondes à l'aide de cette solution ;
- Contrôle de la quantité de CSV contenue dans l'air expiré à l'aide d'un halimètre 10 fois pendant 20 minutes. Les CSV (dont le sulfure d'hydrogène) seront donnés en ppm ;
- Après 20 minutes : réalisation de la méthode qui aurait un effet sur l'halitose (exemple : brossage de dents, administration de bain de bouche ...) ;
- Rinçage à nouveau à l'aide d'une solution de 6 mMol de cystéine ;
- Recontrôle de la quantité de CSV pendant 20 minutes ;

- Cela pendant parfois plusieurs heures permettant l'obtention d'un odorogramme (Figure 35).

L'odorogramme ainsi obtenu analyse la quantité de CSV contenue dans la bouche au cours du temps. Il correspond à une série de pics qui sont les moments d'administration de la cystéine. Plus les pics sont bas et longs, plus le moyen technique du traitement de l'halitose est efficace. La figure 36 compare 3 moyens de brossage de la langue : moitié antérieure, moitié postérieure et toute la langue (Figure 36). Grâce à l'odorogramme. On peut conclure qu'un brossage antérieur est quasi inutile pour réduire la production de CSV et que c'est principalement la partie postérieure qui est à cibler pour le traitement de l'halitose intra-orale. (52)

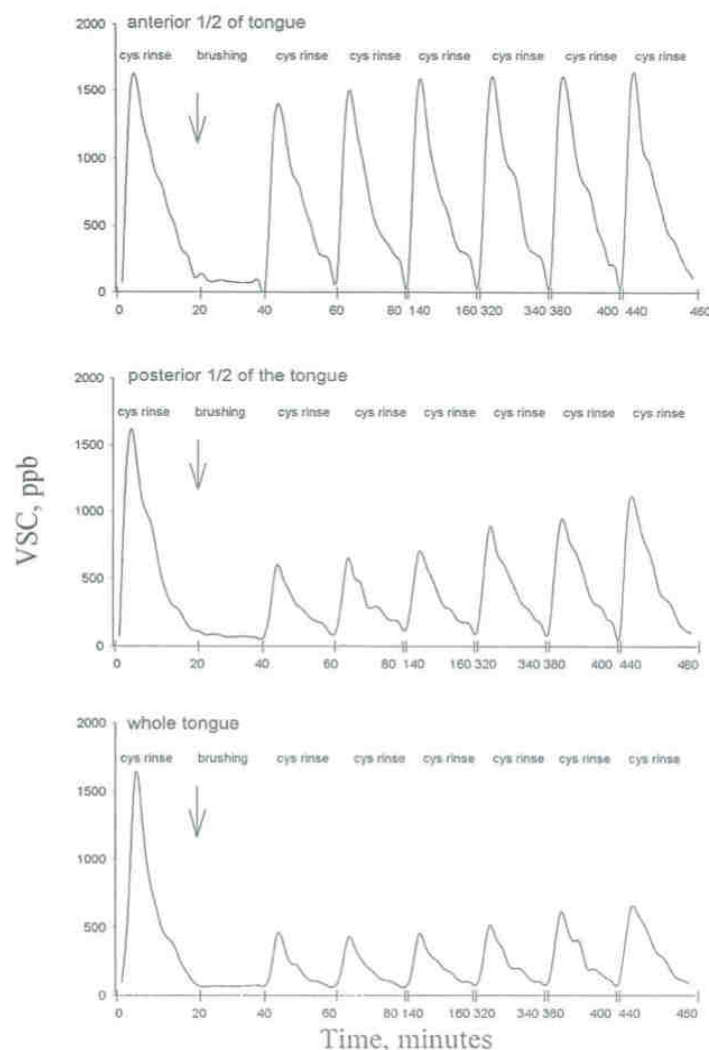


Figure 35 : odorogramme comparant l'efficacité au cours du temps des brossages : de la moitié antérieure de la langue, de la moitié postérieure de la langue, de toute la langue (52)

4.3.10.4. Avantages et inconvénients de la cystéine challenge testing

- Avantages :
 - Moyen efficace de comparaison de traitement de l'halitose. (58)
- Inconvénients :
 - Ne détecte que l'halitose intra-orale ; (52)
 - Ne s'intéresse qu'au sulfure d'hydrogène ; (52)
 - Nécessite un halimètre ; (52)
 - Technique non réalisable en cabinet ; (52)
 - Cette technique est pour l'instant plutôt utilisée pour évaluer et comparer les différents dispositifs anti-mauvaise haleine que pour évaluer l'halitose d'un patient. (52)

4.3.11. Détecteurs enzymatiques : bio-sniffer et bio détecteur

4.3.11.1. Description des détecteurs enzymatiques

Cette technique de diagnostic permet de mesurer indirectement l'halitose en détectant des molécules malodorantes. Pour cela, l'échantillon d'haleine subit une oxydation catalysée par une enzyme. Suivant l'enzyme utilisée, on détecte différentes molécules malodorantes. Le méthylmercaptan, la triméthylamine, l'ammoniac, le sulfure de diméthyle, l'éthanol, l'acétaldéhyde, l'acétone et l'hexane sont les molécules détectables par cette technique. Le méthylmercaptan, étant considéré comme une des principales substances de l'halitose, fera l'objet des principales recherches. (84)(85)

Deux enzymes sont utilisées dans le cadre du bio-sniffer et du bio détecteur. Tout d'abord l'enzyme monoamine oxydase de type A (MAO-A) est utilisée pour détecter le méthylmercaptan, la triméthylamine, l'ammoniac, le sulfure de diméthyle, l'éthanol, l'acétaldéhyde, l'acétone et l'hexane. Puis, l'enzyme flavine mono-oxygénase est utilisée pour détecter la triméthylamine et le méthylmercaptan. (84)(85)(86)

4.3.11.2. Principe physique des détecteurs enzymatiques

Pour identifier ces composés odorants, on met en contact un échantillon d'haleine avec ces enzymes dans les détecteurs enzymatiques. Une réaction d'oxydation se produit entre les composés odorants et les enzymes consommant de l'oxygène. On mesure dans ces détecteurs enzymatiques la consommation d'oxygène associée à cette réaction d'oxydation. Plus cette consommation est importante, plus il y aura de méthylmercaptopan dans l'échantillon. (84)(85)

Les enzymes choisis pour catalyser cette réaction sont des enzymes métabolisant les xénobiotiques, c'est-à-dire les substances présentes dans un organisme, mais non produites par cet organisme. On choisit ces types d'enzymes, car elles sont très sélectives notamment : (84) (85)

- la monoamine oxydase de type A (MAO-A) qui catalyse l'oxydation des composés azotés et soufrés (dont le méthylmercaptopan, la triméthylamine, l'ammoniac, le sulfure de diméthyles, l'éthanol, l'acétaldéhyde, l'acétone et l'hexane) ; (84) (85)
- la flavine mono-oxygénase (FMO) catalysant l'oxydation de la triméthylamine et le méthylmercaptopan. (84)(86)

Le bio détecteur utilise une électrode à oxygène et le bio sniffer une fibre optique sensible à l'oxygène pour détecter cette consommation d'oxygène. Le bio-sniffer a une meilleure détection du méthylmercaptopan. (84)(85)

4.3.11.3. Matériel utilisé : les détecteurs enzymatiques

Le bio-détecteur et le bio sniffer sont constitués (Figure 37 dans le cas du bio détecteur) : (84)(85)

- d'un détecteur à oxygène : Le bio détecteur sera composé d'une électrode à oxygène (84) et le bio sniffer d'une fibre optique sensible à l'oxygène. (85)
- dans les deux cas, ils sont constitués une membrane contenant l'enzyme synthétisée : la monoamine oxydase de type A (MAO-A) ou la flavine mono-oxygénase (FMO). Cette membrane est en contact avec l'électrode à oxygène

recouverte de silicone dans le cas du bio-détecteur et avec la fibre optique dans le cas du bio sniffer. (84)(86)

- d'une unité de réaction :
 - Un compartiment liquide : contenant une solution tampon de phosphate. Cette solution élimine les produits enzymatiques et achemine l'oxygène nécessaire à la réaction. L'ajout d'acide L-ascorbique dans la solution liquide permet d'amplifier les résultats. En effet le méthylmercaptopan sera catalysé par l'enzyme en diméthyle sulfide. Ce dernier au contact de l'acide L-ascorbique reproduira du méthylmercaptopan. Ainsi on aura une amplification du résultat (Figure 36) (84)(85). On ajoutera aussi de l'acide ascorbique dans le cas du bio-détecteur à FMO. Une réaction d'amplification similaire aura lieu. (86)
 - Un compartiment gazeux contenant l'échantillon à analyser. (84)
 - ⇒ Le compartiment liquide et le compartiment gazeux seront séparés par une membrane poreuse hydrophobe en polytétrafluoroéthylène (PTFE).
 - L'électrode à oxygène dans le cas du bio détecteur ou de la fibre optique dans le cas du bio-sniffer ; (84)
 - La membrane contenant l'enzyme dans les deux cas. Cette membrane d'enzyme sera traversée par le gaz à analyser et l'électrode d'oxygène pourra ainsi mesurer la réaction d'oxydation obtenue. (84)
- d'un ordinateur surveillant la quantité d'oxygène consommé. Cet ordinateur est équipé d'un logiciel donnant les résultats de la présence des molécules odorantes. Ce logiciel produit un diagramme de la présence de ces molécules en fonction du temps (Figure 39). (84)

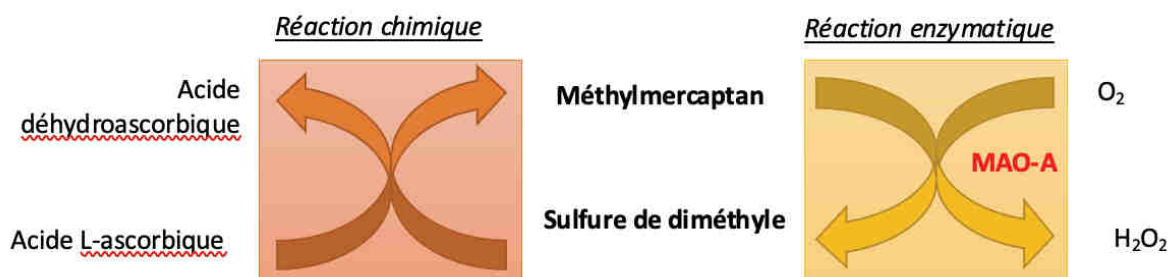


Figure 36 : schéma de l'amplification du méthylmercaptopan après catalyse par l'enzyme MAO-A. (85)

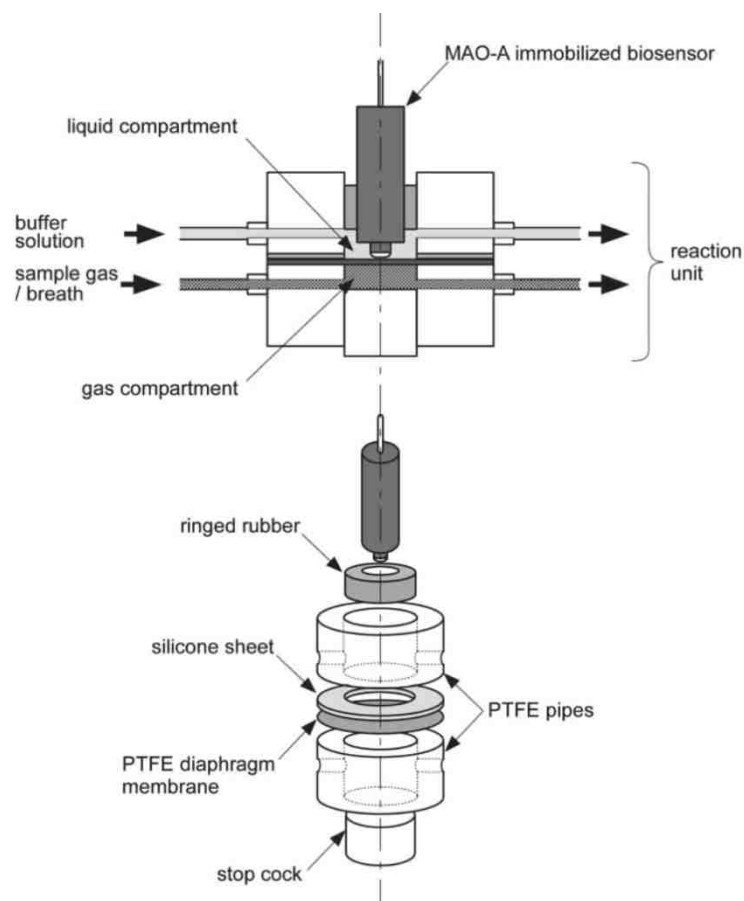


Figure 37 : schéma d'un bio-détecteur à monoamine oxydase de type A. (84)

4.3.11.4. Protocole clinique des détecteurs enzymatiques

Au préalable, le patient devra bien respecter les consignes expliquées précédemment telles que ne pas fumer, éviter les chewing-gums, ... (84)

On réalise le prélèvement de l'échantillon en faisant expirer le patient dans un sac en polyéthylène fermé contenant un embout intra-oral (Figure 38). (84) Les auteurs proposent, à l'aide du bio-sniffer, de réaliser une analyse directe intra-orale. (85)

Puis on connecte le sac contenant l'échantillon gazeux, à l'aide de l'embout, au niveau d'une entrée reliée au compartiment gazeux du bio détecteur. Après 4-5 minutes, on obtient la mesure d'oxygène consommé qui nous indique la présence de molécules odorantes. Les résultats apparaissent sous la forme d'un diagramme (Figure 39). (84)(85)

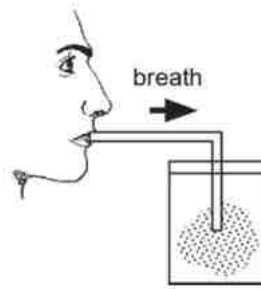


Figure 38 : sac pour réaliser le prélèvement intra-oral (84)

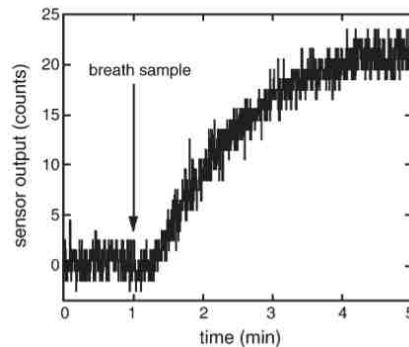


Figure 39 : Diagramme obtenu après utilisation d'un bio-sniffer (85)

4.3.11.5. Avantages et inconvénients des détecteurs enzymatiques

○ Avantages :

- Mesure rapide en quelques minutes ; (84)
- Mesure spécifique d'une famille de molécules ; (84)
- Mesure reproductible ; (84)
- Mesure de différents composés odorants dont le méthylmercaptopan, la triméthylamine, l'ammoniac, le sulfure de diméthyle, l'éthanol, l'acétaldéhyde, l'acétone et l'hexane. (84)

-

○ Inconvénients :

- Ne mesure pas les composés odorants suivants : le sulfure de diméthyle, l'acétaldéhyde, l'acétone, l'éthanol et l'hexane que le sulfure de diméthyle, l'acétaldéhyde, l'acétone, l'éthanol et l'hexane ; (84)
- Les mesures sont reproductibles durant seulement quelques heures d'utilisation, après quoi la sensibilité, en raison de la désactivation de l'enzyme, diminuera ; (84)(85)
- Ces appareils ne sont qu'en phase expérimentale, donc pas utilisables au fauteuil. (84)(85)

4.3.12. La turbidité de l'eau de rinçage de bouche

4.3.12.1. Description de l'analyse de la turbidité de l'eau de rinçage de bouche

La turbidité d'un échantillon est le niveau de son état trouble caractérisant un échantillon aqueux. Dans la salive, elle est essentiellement la conséquence de l'accumulation de bactéries et de débris alimentaires. L'analyse de cette turbidité est un moyen indirect de l'analyse de l'halitose intra-orale. En effet, la turbidité d'un échantillon salivaire reflète l'hygiène du patient et son flux salivaire, ainsi plus l'échantillon salivaire sera trouble, plus la turbidité importante, et plus le phénomène d'halitose sera présent. (43)

4.3.12.2. Principe physique de la turbidité de l'eau

La turbidité est une propriété optique d'un échantillon aqueux absorbant et dispersant une quantité de la lumière qui le traverse au lieu de la transmettre en ligne droite : plus la turbidité est importante, plus l'échantillon est trouble en raison de cette dispersion de la lumière. (43)(76)

Cette turbidité peut être mesurée : (43)(76)(87)(88)

- Visuellement : on évalue la transparence et la couleur de l'échantillon ;
- A l'aide d'un turbidimètre :
 - o Absorptiomètre, il mesure l'absorption ou l'atténuation lumineuse traversant l'échantillon. Ainsi on appliquera à un échantillon (placé dans la cellule) un faisceau lumineux d'intensité lumineuse connue (en général longueur d'onde de 660 nm) et on étudiera l'atténuation lumineuse à la sortie ;
 - o Néphélomètre, il évalue à l'aide d'un photodétecteur l'intensité lumineuse diffusée sous un angle de 90° par rapport à la lumière incidente.

4.3.12.3. Matériel utilisé pour l'analyse de la turbidité de l'eau

Pour un résultat objectif, il est nécessaire d'utiliser un turbidimètre (Figure 40). On mesure l'absorption d'un faisceau initial de longueur d'onde de 660 nm sur un trajet lumineux de 20 mm à travers la cellule contenant l'échantillon à étudier. (43)(76) L'échantillon est placé dans une cellule nettoyée à l'eau distillée avant chaque mesure. Avant cela, on réalise un calibrage à l'aide d'un échantillon de turbidité connue. Le résultat sera obtenu en quelques secondes et affiché sur le moniteur puis imprimé à partir du turbidimètre. (76)



Figure 40 : photo d'un turbidimètre (43)

4.3.12.4. Protocole clinique de l'analyse de la turbidité de l'eau

On réalise un prélèvement intra-oral : le patient rince sa bouche avec 20 ml d'eau distillée. On récupère un échantillon que l'on place dans le turbidimètre. (43)

4.3.12.5. Comparaison de la turbidité avec d'autres méthodes de diagnostic de l'halitose

Une étude, réalisée par Ueno et al., a comparé la turbidité de l'eau de rinçage de bouche avec les résultats des tests organoleptiques, sur 165 patients. Les auteurs ont

constaté un lien significatif entre la turbidité de l'eau de rinçage et les résultats de l'examen organoleptique. Néanmoins, l'étude étant réalisée sur des patients venant dans une clinique spécialisée, les auteurs signalent qu'il n'est pas possible encore d'appliquer ces résultats à la population générale. (43)

Une autre étude de Pham et al., réalisée sur 379 individus, indique une corrélation entre les résultats obtenus par analyse de la turbidité de l'eau de rinçage et les résultats des tests BANA. Tout comme l'étude précédente, l'auteur signale que ces résultats ne peuvent pas être transposés sur la population générale, car les sujets étudiés ne sont pas représentatifs. (89)

4.3.12.6. Avantages et inconvénients de l'analyse de la turbidité de l'eau

- Avantages :
 - Technique simple rapide et objective de la mesure de la mauvaise odeur buccale. (43)

- Inconvénients :
 - Analyse uniquement de l'halitose intra-orale ; (43)
 - Technique peu étudiée et les résultats des études ne prouvent pas sa pertinence dans la quantification de l'halitose sur la population générale. (43)

4.3.13. Le nez électronique

4.3.13.1. Description du nez électronique

Le but du « nez électronique » est de détecter différentes familles de molécules odorantes à l'aide de différents capteurs en utilisant un échantillon d'air buccal, notamment : les CSV, d'autres substances odorantes des composés organiques, des composés aromatiques, des composés contenant des amines et des dérivés de l'ammoniac. (10) (90)

À la base, c'est un appareil utilisé dans d'autres domaines, notamment dans l'industrie agroalimentaire, mais des études ont été réalisées pour étudier son efficacité et sa pertinence dans le diagnostic de l'halitose. (90)

4.3.13.2. Principe du nez électronique

Il est constitué d'un ensemble de capteurs chimiques semi-conducteurs à oxyde métallique. Chaque capteur est sélectionné pour ses différentes sensibilités et sélectivités aux substances odorantes. Le but est de créer une tension électrochimique via une sonde au contact d'ions sulfure. Cette tension est proportionnelle à la concentration en molécules à analyser. Les données collectées sont ensuite envoyées à un logiciel de reconnaissance de forme : on obtient un spectre olfactif. L'intensité finale de mauvaises odeurs est la somme de l'intensité de chaque gaz. (10)(30)(90)

4.3.13.3. Matériel utilisé pour le nez électronique

Le nez électronique FF-1 est constitué : (30)(90)(91)

- D'un pré-concentrateur ;
- D'un réseau de 6 capteurs chimiques semi-conducteurs à oxyde métallique (dont un capteur à ions sulfure) ;
- D'un tube piège contenant l'échantillon ainsi qu'un tube contenant de l'azote pur ;
- D'un logiciel associé de reconnaissance de forme ;
- D'un écran affichant le résultat.

4.3.13.4. Protocole clinique du nez électronique

Le protocole se déroule de la manière suivante : (91)

- On réalise un prélèvement d'air expiré ;
- On place cet échantillon d'air expiré dans le tube piège pendant 30 secondes ;
- L'échantillon est ensuite mélangé à l'azote pur ;
- L'analyse est réalisée par les capteurs chimiques ;
- Le logiciel associé produit un spectre olfactif.

4.3.13.5. Comparaison du nez électronique avec d'autres méthodes de diagnostic de l'halitose

Une étude, réalisée sur 46 individus, s'est intéressée à la corrélation des résultats avec les tests standards de diagnostic de l'halitose. Les résultats de ce capteur corrélaient non seulement avec les tests organoleptiques, mais aussi avec la chromatographie en phase gazeuse. (91)

4.3.13.6. Avantages et inconvénients du nez électronique

- Avantages :

- Le nez électronique, en plus de détecter les CSV, permettrait la détection d'autres substances odorantes : les composés organiques, les composés aromatiques, les composés contenant des amines et les dérivés de l'ammoniac. (90)

- Inconvénients :

- Le nez électronique n'est pas commercialisé pour le diagnostic de l'halitose ; (90)
- Il y a peu de recul et d'études sur l'utilisation du nez électronique dans le diagnostic de l'halitose. (90)

4.3.14. Olfaction artificiellement intelligente

4.3.14.1. Description de l'olfaction artificiellement intelligente

Il s'agit d'un système encore en plein développement qui nécessite des améliorations. Le principe de ce futur capteur est de créer un odorat électronique couplé à une intelligence artificielle. Ainsi, il sera capable non seulement d'identifier des CSV et les autres composés odorants, mais aussi d'apprendre grâce à l'intelligence artificielle à reconnaître un ensemble de molécules odorantes précise comme un modèle

considéré comme une odeur spécifique. Par exemple, un ensemble de molécules odorantes se retrouvant généralement dans le cadre d'échantillons d'haleine de patients souffrant d'halitose sera retenu comme étant un « modèle de mauvaise odeur ». Plus il y aura d'analyses d'haleine par l'olfaction artificielle intelligente, plus l'intelligence artificielle se perfectionnera et donnera des résultats précis. (26)

4.3.14.2. Principe physique de l'olfaction artificiellement intelligente

Elle fonctionne à l'aide de capteurs à gaz, issus de la nanotechnologie, non spécifiques qui évaluent l'ensemble des composés volatils exhalés. Un ensemble de 20 capteurs forme un réseau dont chaque sous-ensemble se perfectionne par l'intelligence artificielle à la détection de composés organiques. Certains de ces sous-ensembles seront sensibles aux composés organiques volatils (COV) alors que d'autres seront sensibles aux CSV. (26)

L'ensemble des informations données par les sous-ensembles seront analysées par un logiciel de reconnaissance de formes. Ces informations seront comparées à l'aide d'un algorithme à arbre décisionnel à la base de données des anciennes analyses obtenues dans la phase d'entraînement. Ainsi, on obtiendra les réponses suivantes : (26)

- Halitose orale
- Halitose extra-orale : dans ce cas, le logiciel informera des éventuelles maladies systémiques associées à cette halitose et ce grâce à la quantification des molécules odorantes trouvées dans l'haleine.

La figure suivante décrit schématiquement le principe de fonctionnement de l'olfaction artificiellement intelligente. (Figure 41) (26)

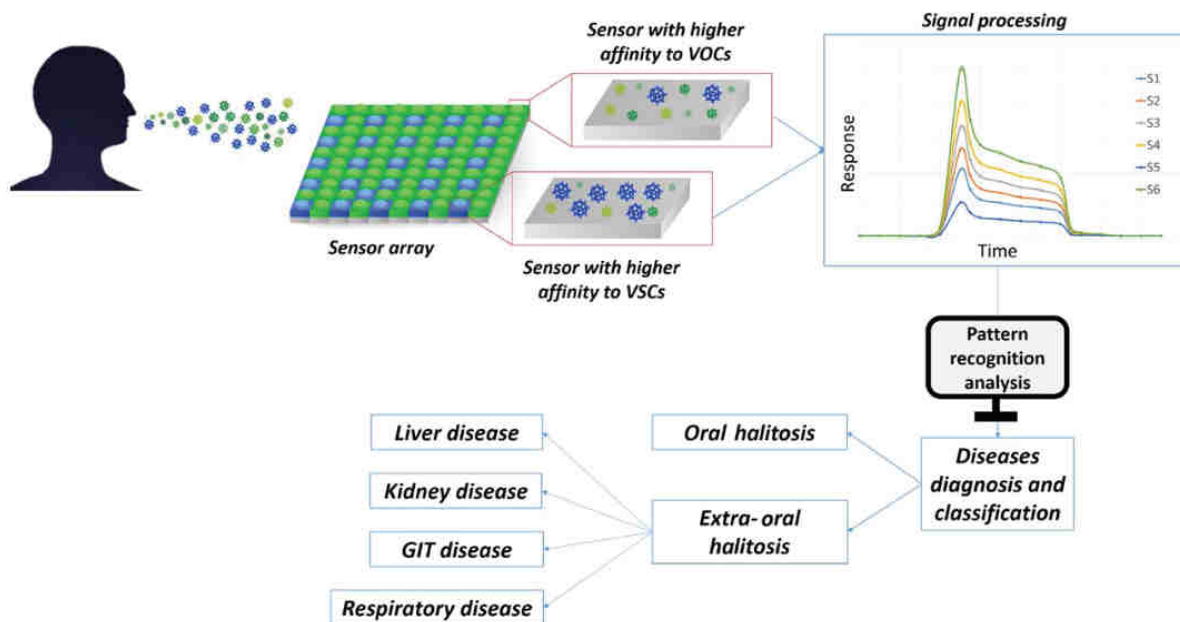


Figure 41 : Schéma du principe de fonctionnement de l'olfaction artificiellement intelligente. (26)

4.3.14.3. Avantages et inconvénients de l'olfaction artificiellement intelligente

- Avantages :
 - L'intelligence artificielle, en apprenant les odeurs, permet de s'ajuster aux altérations légères telles que les variations interindividuelles ; (26)
 - Elle serait peu coûteuse. (26)
- Inconvénients :
 - Technique non présente sur le marché ; (26)
 - Elle nécessite des améliorations afin de pouvoir quantifier et identifier l'ensemble des COV et des CSV ; (26)
 - Peu d'études réalisées prouvant son efficacité et sa pertinence.

4.4. Questionnaire d'évaluation de l'état psychologique

4.4.1. Description du questionnaire d'évaluation de l'état psychologique

Dans le cas de la pseudo-halitose et de l'halitophobie, le rôle du chirurgien-dentiste n'est pas à minimiser. En effet, il est important de réussir à bien les diagnostiquer. Ce type de diagnostic peut être délicat à réaliser. Après avoir écarté les autres types d'halitose, on pourra faire passer un questionnaire simple afin d'évaluer l'état psychologique du patient, et ce non pas dans le but de remplacer nos confrères psychologues et psychiatres, mais bien dans le but d'identifier avec certitude la pseudo-halitose et l'halitophobie. Rappelons rapidement que leurs traitements sont bien différents. En effet dans le cas d'une pseudo-halitose, un simple rappel des conseils d'hygiène est suffisant alors que dans le cas d'une halitophobie, un traitement psychologique est nécessaire. Notre rôle peut être délicat, étant donné que les patients, étant persuadés de souffrir d'halitose, peuvent être mécontents qu'on les adresse chez un psychologue ou un psychiatre. Ainsi, il est essentiel de bien leur montrer les résultats des différents examens afin de les convaincre et d'essayer au maximum de conserver leur confiance. (13)

Dans l'optique d'identifier un patient souffrant d'halitose psychologique tout en évitant toute problématique de jugement, un questionnaire a été proposé par Yaegaki et al. (8) Les auteurs ont préféré réaliser un questionnaire ne contenant pas que des questions psychologiques mais aussi des questions d'ordre plus générale. Enfin, il est important de rappeler qu'au vu des nombreuses étiologies possibles de l'halitose, un patient peut tout à fait être diagnostiqué comme ayant une halitose vraie ainsi qu'une halitose psychologique. (92)

4.4.2. Questionnaire d'évaluation de l'état psychologique

Ce questionnaire (Figure 42) concernant l'état psychologique proposé par Yaegaki et al., se veut être comme étant un premier pas vers l'identification de causes psychologiques tout en intégrant des questions d'ordre plus général concernant l'état de santé, l'état dentaire et les précédents examens d'halitose. En créant un

questionnaire global, le patient acceptera plus volontiers de répondre à des questions d'ordre psychologique et ne se sentira pas jugé. En plus, il sera utile pour récolter des informations sur l'état du patient. C'est pourquoi, les auteurs conseillent même de le réaliser au début de l'examen clinique de la recherche d'halitose. Il sera important par la suite, lorsqu'on analysera le questionnaire avec le patient, de faire preuve d'empathie et de ne montrer aucun jugement qui pourrait aggraver son état psychologique. (92)

Le questionnaire se compose de 34 questions et se réalise en 10 à 25 minutes. (92)

Les questions 1 à 6, 15, 17 à 19, 24, 27, 29, 30 sont des questions sur l'halitose et les problèmes sociaux qu'elle peut entraîner : (92)

- Les antécédents d'examens ;
- L'apparition de l'halitose et si une tierce personne a évalué l'halitose ;
- Les traitements réalisés.

Les questions 7 à 9 et 16 évaluent l'hygiène buccodentaire. (92)

Les questions 10 à 14 s'intéressent aux causes orales de l'halitose : (92)

- Parodontales ;
- Salivaires.

Les questions 20 à 23, 26 s'intéressent aux causes extra-orale de l'halitose : (92)

- Traitements ;
- Régimes alimentaires ;
- Tabac.

Les autres questions s'intéressent à l'interaction sociale et les conséquences de l'halitose sur le patient : (92)

- Le patient se confie à quelqu'un d'autre ;
- Le patient a l'impression d'être mis à l'écart.

Questionnaire

Name _____ Age _____ Date _____

1. When did you first become aware that you had bad breath? _____ years/months/weeks ago

2. How did you find out you had bad breath? _____

a. By yourself. If so, how? _____

b. Someone pointed it out to you. Who? _____

c. Other _____

g. What measures do you employ to reduce the condition? Describe precisely, eg, name of mouthwash/ gum product. _____

4-1. Have you ever had an examination for bad breath by your dentist? Yes/No

a. If yes, when? _____

b. Name and address of your dentist. _____

c. What kind of examination did you receive? Describe below.

(eg, instrumental assessment of intensity of bad breath, gingival examination, etc)

4-2. Have you ever had an examination by your physician for conditions associated with bad breath?

Yes/No

a. If so, when? _____

b. Name and address of your physician. _____

c. Describe the examination that you received (eg, X ray, endoscope). _____

5. Have you had any treatments for bad breath by either a physician or a dentist? Yes/No If yes, describe below (eg, medication, mouthwash, tooth extraction, etc). _____

6. Have you had any treatments for bad breath from an alternative or holistic practitioner (chiropractor, homeopath, etc)? Yes/No If yes, please describe. _____

7. Do you brush your teeth every day? Yes/No

How many times a day? _____ times/day

8. Do you floss your teeth every day? Yes/No

How many times a day? _____ times/day

p. Do you use mouthwash every day? Yes/No

a. How many times a day? _____ times/day

b. Name of the product _____

c. Why did you choose the product you use (eg, TV commercial, other people's recommendation, etc)? _____

10. Do your gums bleed during toothbrushing? Yes/No

11. Do you have a loose tooth or loose teeth? Yes/No

12. Do you have a dry mouth? Yes/No

13. Do you have dry eyes? Yes/No

14. Do you have canker sores? Yes/No If yes, how frequently (eg, once a week)?
15. Do you notice a bad taste in your mouth? Yes/No
- a. If yes, how frequently (eg, once a day)? _____
- b. When you wake up in the morning, do you notice a bad taste in your mouth? Yes/No
16. Is your tongue frequently coated with white or yellowish deposits?
17. What time during the day do you find your breath to be the worst? Please circle all that apply.
after waking up when hungry when tired when thirsty during working when talking with other people morning
afternoon whole day other (
18. In the past month, did your breath interfere with your ability to function at your work place or with your social life?
Yes/No
19. Did your bad breath interfere with your family life in the past month? Yes/No
20. Have you had any of the dysfunctions listed below in your medical history? Please circle all those that apply.
sinusitis or other nasal condition, lung and bronchial diseases, stomach dysfunction, diabetes, liver dysfunction,
anemia, autoimmune disease, cancer, HIV-positive/AIDS, emotional, other (
21. Are you on a special diet? Yes/No If yes, please describe. _____
22. Do you take any of the following? (list them) Vitamins: _____
Laxatives: _____
Antacids: _____
Health medicines: _____
23. Do you have any other health concerns? Yes/No If yes, please describe. _____
24. Do you have any of the problems listed below because of your bad breath? Please circle all those that apply.
- a. None.
- b. I hesitate to talk to other people.
- c. I am uneasy whenever someone is nearby.
- d. I do not like to meet other people.
- e. I cannot be close to people socially.
- f. Other people avoid me.
- g. Other
25. Do you lead what might be considered an ordinary life? Yes/No
26. Are you a smoker? Yes/No
27. Have you asked other persons other than health care professionals to judge your bad breath? Yes/No If yes, what response did you receive? _____
28. How many times during the day do you drink beverages, including water?
_____ times a day
29. If you are concerned about other people's behaviors toward you on account of your breath:
- a. Describe the behavior that concerns you. _____
- b. Are you certain that the behavior was caused by the offensiveness of your breath?
Yes/No
30. What do you think causes your bad breath?

31. How did you hear about our Breath Testing Clinic?
32. Can people smell you across the room? Across a table? Only when up close?
33. Have you confided recently in a family member or a close friend about this problem?
34. Do you suffer from postnasal drip, hay fever, or other allergy-related symptoms?

Figure 42 : Questionnaire d'évaluation générale, dentaire, halitose et psychologique de Yaegaki et al. (92)

4.4.3. Interprétation des questions

Certaines réponses aux questions pourront guider vers une étiologie psychologique. Dans ce cas, si toute autre halitose a été écartée, il sera indispensable d'adresser nos patients à un professionnel de santé adapté. Les réponses aux questions où il faudra être attentif sont : (92)

- Questions 1, 4 à 6 : si le patient a une atteinte chronique d'halitose de très longue durée malgré des examens et traitements donnés, on peut orienter le diagnostic vers une halitophobie voire suivant les cas une pseudo-halitose.
- Questions 7 à 9 : un patient utilisant à outrance des techniques d'hygiène peut révéler une halitose non vraie.
- Question 15 : l'halitose vraie n'étant pas associée à un mauvais goût, on peut soupçonner une comorbidité psychologique chez le patient.
- Question 17 : suivant la réponse à cette question on pourra se pencher vers une halitose psychologique : c'est le cas si le patient a l'impression d'avoir mauvaise haleine toute la journée ou quand il parle à une autre personne.
- Questions 18, 19 et 24 : si le patient déclare se mettre à l'écart ou être gêné par sa mauvaise odeur, il y a probablement une étiologie psychologique selon les auteurs.
- Question 25 : les auteurs considèrent que les personnes répondant non à cette question seront plus difficiles à traiter, car elles seraient dans le déni de leur situation.
- Question 27 : Dans le cas de réponses négatives et chez les patients ne montrant aucun signe d'halitose vraie, il peut être demandé au patient de tester son haleine auprès d'un proche pour l'aider à lui faire comprendre qu'il n'y a pas de mauvaises odeurs.
- Question 29 : Une personne qui pense que le comportement de son entourage, comme se couvrir le nez ou adopter un comportement d'évitement, témoigne d'une halitose psychologique, selon les auteurs.

4.4.4. Avantages et inconvénients du questionnaire évaluant l'état psychologique

- Avantages :
 - Il est rapide à effectuer ; (92)
 - Il se réalise facilement en cabinet ; (92)
 - Il offre la possibilité de discuter avec le patient par la suite pour approfondir ; (92)
 - Il est conçu de telle sorte que les questions sur l'état psychologique sont dispersées dans le but de les dissimuler ; (92)
 - Il permet de créer une relation de confiance avec le patient. (92)

- Inconvénients :
 - Le questionnaire n'est pas assez précis concernant les antécédents médicaux et dentaires. Il est nécessaire de le compléter ; (92)
 - Il ne doit pas être pris comme un test psychologique, mais bien comme une aide pour adresser le patient auprès de professionnels adaptés qui pourront réaliser le traitement adéquat. (92)

4.5. Prise en charge générale du premier rendez-vous d'halitose dans le but du diagnostic

Lors du premier rendez-vous, avec un patient pensant souffrir d'halitoses (vraie ou non) on réalise en général, comme expliqué précédemment, les étapes suivantes :

- Anamnèse (générale ou relative au domaine dentaire et à l'halitose) ;
- Examen exobuccal ;
- Examen endobuccal ;
- Examen radiographique ;
- Examen complémentaire :
 - Test organoleptique : malgré ses nombreux défauts, il est pour l'instant le gold standard et il sera essentiel de le réaliser dans le cadre du diagnostic de l'halitose ;

- Pour compléter cela, on réalise une analyse des composés sulfurés (par halimètre, Breathtron, Breath-Alert, halisens) ou Oral Chroma ; ces tests ne remplacent pas le test organoleptique, mais sont un complément ;
- Les autres tests complémentaires décrits sont rarement utilisés en raison de leurs nombreux défauts :
 - Mesure principalement de l'odeur intra-orale ;
 - Coût élevé ;
 - Nécessité d'un opérateur compétent ;
 - Encore en phase d'étude et non commercialisés ;
 - Réalisation impossible au fauteuil et dans la pratique quotidienne du chirurgien-dentiste.

Il est important dans le cas de suspicion de pseudo-halitose de réaliser 2 à 3 fois les examens complémentaires à des moments différents de la journée pour bien confirmer l'absence de mauvaise odeur et ne pas réaliser un faux négatif. (35) Si le diagnostic se rapproche d'une cause extra-orale, on peut adresser le patient vers un médecin généraliste, un ORL ou autres spécialistes pour confirmer l'halitose extra-orale. Ces spécialistes réalisent d'autres examens tels que la nasendoscopie, l'imagerie thoracique, l'endoscopie, un test d'uréase, un test urinaire (recherche triméthylamine) voire une biopsie de test de fonction rénale et hépatique. (31)(35)

Enfin, le manque de méthodes de diagnostic de l'halitose pose un réel problème dans le traitement et le suivi des patients. La limite de ces méthodes se situe déjà par le manque d'objectivité de la technique diagnostic « gold standard ». C'est pourquoi Sterer et Rosenberg ont imaginé qu'à l'avenir, des puces olfactives sensibles seront disponibles et intégrées dans nos téléphones afin que le patient puisse vérifier à tous moments l'état de son haleine. (93)

5. CONCLUSION

L'halitose est une pathologie courante, touchant 31,8% de la population générale. Dans 90% des cas, elle est considérée comme intra-orale. Elle est la conséquence de la putréfaction bactérienne des substances organiques produisant des composés organiques volatils dont notamment les composés sulfurés volatils. L'halitose peut être d'origine extra orale et sera la conséquence d'une production bactérienne de molécules malodorantes ou la conséquence de pathologies systémiques créant des mauvaises odeurs libérées par la respiration. Plus rarement, lorsque l'halitose n'est ni quantifiable ni mesurable, on estime que le patient souffre de pseudo-halitose ou d'halitophobie. L'halitose est donc une pathologie multifactorielle, courante et répandue. Elle est l'un des principaux motifs de consultation des patients. (28)

L'approche de cette pathologie est pluridisciplinaire. En effet, bien que l'étiologie puisse être d'ordre extra-orale et psychologique, le chirurgien-dentiste joue un rôle central dans l'accompagnement des patients vers les autres spécialistes : médecins généralistes, gastro-entérologues et psychiatres notamment. Un bon diagnostic est essentiel pour le pronostic car en fonction de l'origine de l'halitose, un traitement différent sera prodigué. Dans le cas d'un mauvais diagnostic, en plus de l'impact sur la qualité de vie du patient, ce dernier risque d'abuser en technique de camouflage non utile, voire en procédure médicale non nécessaire. (12)(31)

Il est intéressant de noter qu'hormis le diagnostic de l'halitose, l'analyse des composants de l'haleine permet de diagnostiquer des pathologies systémiques, telles que le diabète et l'asthme. L'analyse des molécules contenues dans l'haleine se développe pour le diagnostic précoce des cancers, notamment celui du poumon. Cela pourrait être une avancée importante afin d'éviter un test invasif et stressant au patient. Mais pour le moment, ces techniques, coûteuses, ne sont pas encore normalisées et présentent un risque de biais trop important. (38)(40)(70)

Dans le cadre du diagnostic de l'halitose, il est recommandé de réaliser deux méthodes distinctes. Tout d'abord, on réalise un test organoleptique qui est encore considéré comme le « gold standard ». Puis pour confirmer, on utilise un appareil de mesure

des CSV comme l'halimètre ou l'OralChroma, étant donné que ces composés sont considérés comme étant les principales molécules malodorantes ayant pour conséquence la mauvaise haleine. (18) Ces techniques de diagnostic permettent par la suite de réaliser un suivi des traitements et de juger de leur efficacité. (61)

Enfin, on rappelle que l'examen de référence dans le cadre du diagnostic de l'halitose reste l'analyse organoleptique, malgré son manque de fiabilité, de reproductibilité et d'objectivité. D'autres moyens permettent de diagnostiquer la mauvaise haleine, cependant, aucun d'entre eux n'arrive à combiner le fait d'être réalisable par un chirurgien-dentiste et capable de rechercher l'ensemble des mauvaises odeurs. C'est pourquoi, il serait intéressant de réussir à développer une nouvelle technique d'analyse complète, fiable, portable et objective. Pour conclure, notre nez demeure toujours à l'heure actuelle, le moyen diagnostique le plus efficace en notre possession en tant que chirurgien-dentiste.

6. Annexe

Questionnaire sur l'halitose proposé par l'université de Bale : (18)

Halitosis Consultation Hour

School of Dental Medicine, University of Basle, Switzerland

Chair: Prof. Dr. med. dent. A. Filippi

Hebelstrasse 3, CH-4056 Basel, Switzerland, Phone: +49 61 267 2610

Halitosis Questionnaire

How do you know you have halitosis?	<input type="radio"/> nonverbal communication of other people <input type="radio"/> someone told me <input type="radio"/> I just know
When did you first notice you have bad breath?	<input type="radio"/>years ago <input type="radio"/>months ago <input type="radio"/>weeks ago
How intense do you think is your halitosis?	<input type="radio"/> very intense <input type="radio"/> average <input type="radio"/> weak
Name a situation in which you became conscious of having halitosis.	
Do you suffer from stress	<input type="radio"/> yes, very much so. <input type="radio"/> yes <input type="radio"/> average <input type="radio"/> little
When do you experience your halitosis most often?	<input type="radio"/> after awakening <input type="radio"/> when I am hungry or thirsty <input type="radio"/> when I am tired <input type="radio"/> constantly over the whole day <input type="radio"/> at work <input type="radio"/> when I talk with other people <input type="radio"/> other.....

How often do you have halitosis?	<input type="radio"/> once a month <input type="radio"/> once a week <input type="radio"/> every day <input type="radio"/> always
Do you smoke?	<input type="radio"/> no <input type="radio"/> yes If you ticked yes, please state how many cigarettes you smoke in one day:
What is your profession?	Re you stressed by your job? <input type="radio"/> yes <input type="radio"/> no
Do you recognize a relationship between your work and your halitosis?	<input type="radio"/> yes <input type="radio"/> no
Describe your bad breath as precisely as possible: (e.g. bitter, burning, foul, flowery, fruity, garlic, faecal, rancid, stinky, sweet):	
Does your halitosis affect your social life? If yes, in what way?	
At what distance do you think is your bad breath perceivable?	<input type="radio"/> 30 centimetres <input type="radio"/> one meter <input type="radio"/> further than one meter
Are there any coatings on your tongue	<input type="radio"/> yes <input type="radio"/> no
How often do you brush your teeth?times a day
Do your gums bleed?	<input type="radio"/> yes <input type="radio"/> no
Do you use dental floss?	<input type="radio"/> yes <input type="radio"/> no
Do you use a mouthwash?	<input type="radio"/> no <input type="radio"/> yes If yes, how often?times per.....

	Brand of mouthwash:.....
Are you allergic to anything?	<input type="radio"/> no <input type="radio"/> yes If yes, to what?.....
Do you frequently suffer from cold? Do you frequently have to clean your nose?	<input type="radio"/> no <input type="radio"/> yes
Do you suffer from xerostomia (dry mouth)?	<input type="radio"/> no <input type="radio"/> yes If yes, how often?.....times per.....
Do you think you have bad breath at the moment?	<input type="radio"/> no <input type="radio"/> yes
Do you currently take medication of the following types?	<input type="radio"/> antibiotics <input type="radio"/> asthma spray <input type="radio"/> antacids <input type="radio"/> antidepressants <input type="radio"/> other medication.....
What do you think is the origin of your halitosis?	<input type="radio"/> mouth <input type="radio"/> nose <input type="radio"/> both
What did you do about your bad breath so far?	<input type="radio"/> nothing <input type="radio"/> mouthwash <input type="radio"/> chewing gum <input type="radio"/> "sweets" <input type="radio"/> avoid certain foodstuffs, namely..... <input type="radio"/> other.....

Did you consult any other doctors because of your halitosis (e.g. dentist, general practitioner, ETN)	<input type="radio"/> no <input type="radio"/> yes If yes, when?..... If yes, what kind of doctor(s)? <input type="radio"/> dentist <input type="radio"/> general practitioner <input type="radio"/> ENT doctor <input type="radio"/> doctor for internal medicine <input type="radio"/> other.....
What did this doctor/these doctors do about your halitosis?	<input type="radio"/> examination of mouth <input type="radio"/> examination of throat <input type="radio"/> examination of sinuses <input type="radio"/> examination of stomach <input type="radio"/> blood test <input type="radio"/> X-ray <input type="radio"/> gastroscopy <input type="radio"/> dental treatment <input type="radio"/> other.....
Did these doctors prescribe or recommend any medication?	<input type="radio"/> no <input type="radio"/> yes If yes, which? <input type="radio"/> antibiotics <input type="radio"/> antacids <input type="radio"/> mouthwash <input type="radio"/> lozenges <input type="radio"/> others:.....
Were you ever treated for halitosis by an alternative/holistic doctor (chiropractitioner, homeopath)	<input type="radio"/> no <input type="radio"/> yes If yes, which kind of treatment?

Did you ever suffer from one or more of the following diseases or conditions?	<input type="radio"/> sinusitis <input type="radio"/> diseases of the nose <input type="radio"/> stomach problems <input type="radio"/> diseases of the lung or the bronchial tubes? <input type="radio"/> diseases of the liver <input type="radio"/> xerostomia <input type="radio"/> psychic conditions <input type="radio"/> other:
Do you keep a particular diet?	<input type="radio"/> no <input type="radio"/> yes If yes, what?.....
Did you ever encounter one of the following problems because of your bad breath:	<input type="radio"/> I avoid talking with other people <input type="radio"/> I am shy whenever someone approaches me <input type="radio"/> I don't like meeting other people <input type="radio"/> I cannot start a relationship <input type="radio"/> other people avoid me <input type="radio"/> others:..... <input type="radio"/> no, none of these problems.
Are you shocked by other people's reaction to your bad breath	<input type="radio"/> no <input type="radio"/> yes If yes, what reaction did your breath evoke?
Are you sure this reaction was evoked by your breath?	<input type="radio"/> no <input type="radio"/> yes

Tableau comparatif des méthodes de diagnostic de l'halitose :

	Objectif/ Subjectif	Espèce étudié par la méthode de mesure	Méthode qualitative (permettant d'identifier) ou quantitative (donné chiffré)	Méthode sélective : différenciation des espèces étudié	Différenciation Halitose Intra et Extra orale	Technique réalisable au fauteuil	Temps de réalisation	Méthode expérimentale pour la mesure de l'halitose	Matériel nécessaire
Test Organoleptique	Subjectif	Un ensemble de 10000 odeurs différentes	Qualitative	Non	Oui	Oui	5 à 10 minutes	Non	Non
Autodiagnostic	Subjectif	Un ensemble de 10000 odeurs différentes	Qualitative	Non	Non : seulement intra oral	Oui et chez le patient	1 à 2 minutes	Non	Non
Méthode Kim	Subjectif	Un ensemble de 10000 odeurs différentes	Qualitative	Non	Oui	Oui	Un peu plus long que le test organoleptique	Non	Oui
Test incubation salivaire	Subjectif	Un ensemble de 10000 odeurs différentes	Qualitative	Non	Non : seulement intra oral	Oui	3 à 6 heures	Non	Oui
Halimètre	Objectif	Les molécules odorantes CSV indifférenciées et pas avec la même intensité : 5 fois plus le sulfure d'hydrogène que le méthylmercaptan et il ne déteçtera quasiment pas le diméthylsulfure,	Quantitative	Non	Non : car même si les mesures intra orale et intra nasale sont possible, les CSV sont principalement impliqué dans l'intra oral sauf le diméthylsulfure. Mais comme il est sous évalué dans cette technique, elle ne permet pas une différenciation	Oui	30 minutes pour que la machines chauffe puis quelques minutes de prise de mesures	Non	Oui
HaliSens	Objectif	Les molécules odorantes CSV indifférenciées	Quantitative	Non	Non : car même si les mesures intra orale et intra nasale sont possible, les CSV sont principalement impliqué dans l'intra oral	Oui	Non renseigné	Non	Oui
Breath-Alert	Objectif	Les molécules odorantes CSV et les gaz hydrocarbures indifférenciées	Quantitative	Non	Non : car même si les mesures intra orale et intra nasale sont possible, les CSV sont principalement impliqué dans l'intra oral	Oui	Il n'y a pas besoin de minutes de chauffe. Seulement quelques minutes sont nécessaire pour réaliser la prise	Non	Oui

	Objectif/ Subjectif	Espèce étudié par la méthode de mesure	Méthode qualitative (permettant d'identifié) ou quantitative (donné chiffré)	Méthode sélective : différenciation des espèces étudié	Différenciation Halitose Intra et Extra orale	Technique réalisable au fautueil	Temps de réalisation	Méthode expérimentale pour la mesure de l'halitose	Matériel nécessaire
Breathron	Objectif	Les molécules odorantes CSV indifférenciées	Quantitative	Non	Non : car même si les mesures intra orale et intra nasale sont possible, les CSV sont principalement impliqué dans l'intra oral	Oui	1 minutes 45 secondes de chauffes puis quelques minutes de prise de mesures	Non	Oui
B/B Checker	Objectif	Les molécules odorantes CSV l'hydrogène, l'éthanol, l'acétone, le butylate et l'ammoniac indifférenciées	Quantitative	Non	Non : car même si les mesures intra orale et intra nasale sont possible, les CSV sont principalement impliqué dans l'intra oral	Oui	30 minutes pour que la machines chauffe puis quelques minutes de prise de mesures	Non	Oui
Chromatographie en phase gazeuse	Objectif	° Détecteur à photométrie de flamme (DPF) : CSV différenciés ° Détecteur spectromètre de masse (MS) : tous les composés gazeux présents	Quantitative et qualitative	Oui	Oui : la différenciation sera plus précise dans le cas du détecteur MS car les DPF ne mesurant que les CSV ne quantifiera que le diméthylsulfure comme molécule extra orale.	Non	Quelques heures sont nécessaire	Non	Oui
OralChroma	Objectif	Les molécules odorantes CSV différenciés	Quantitative et qualitative	Oui	Oui : la différenciation sera moins précise que pour une CG-MS, car ne mesurant que les CSV, il ne quantifiera que le diméthylsulfure comme molécule extra orale.	Oui	8 minutes pour la première génération. 4 minutes pour la seconde	Non	Oui
Test BANA	Objectif	Les bactéries : Treponema denticola, Porphyromanas gingivalis Tannerella Forsythia et Bactéroïdes forsythus	Quantitative	Non	Non : prélèvement d'un échantillon intra oral	Oui	5 minutes en réalisant en chauffant dans un incubateur 24 heures sans incubateur	Non	Oui
Quantification de l'activité Beta- galactosidase	Objectif	Mesure de la Beta- galactosidase	Quantitative	Non	Non : prélèvement d'un échantillon intra oral	Oui	10 à 15 minutes	Non	Oui
Détecteur à ammoniac	Objectif	Mesure de l'ammoniac	Quantitative	Non	Non : mesure intra orale	Oui	5 à 6 minutes	Non communiqué	Oui

	Objectif/ Subjectif	Espèce étudié par la méthode de mesure	Méthode qualitative (permettant d'identifié) ou quantitative (donné chiffré)	Méthode sélective : différenciation des espèces étudié	Différenciation Halitose Intra et Extra orale	Technique réalisable au fauteuil	Temps de réalisation	Méthode expérimentale pour la mesure de l'halitose	Matériel nécessaire
Méthode à ninhydrine	Objectif	Mesure des acides aminés et des amines de bas poids moléculaires	Qualitative et quantitative	Oui	Non : prélèvement d'un échantillon intra orale	Oui	Maximum 1 heure (préparation + 30 minutes de bain marie + analyse)	Oui : elle n'est pas encore utilisé cliniquement pour la mesure de l'halitose	Oui
Test colorimétrique au fauteuil	Objectif	Mesure des amines	Quantitative	Non	Non : prélèvement d'un échantillon intra orale	Oui	Environ 10 minutes	Peu d'article explicatif	Oui
PCR en temps réel	Objectif	Mesure des bactéries, particulièrement : Porphyromonas gingivalis, Tannerella forsythia, Actinobacillus actinomycetemcomitans, Treponema denticola, Prevotella intermedia et Prevotella nigrescens	Qualitative et quantitative	Oui	Non : prélèvement d'un échantillon intra orale	Non	Environ 30 minutes	Oui : elle n'est pas encore utilisée cliniquement pour la mesure de l'halitose	Oui
Quantification microbienne : technique cultivable	Objectif	Mesure des bactéries cultivable : 30 % de la flore intra oral	Quantitative	Non	Non : prélèvement d'un échantillon intra orale	Non	Environ 7 jours	Oui : elle n'est pas encore utilisée cliniquement pour la mesure de l'halitose	Oui
Quantification microbienne : technique non cultivable	Objectif	Mesure des bactéries intra-orale produisant des CSV	Quantitative	Non	Non : prélèvement d'un échantillon intra orale	Non	Environ une nuit	Oui : elle n'est pas encore utilisée cliniquement pour la mesure de l'halitose	Oui
Le cystéine challenge testing	Objectif	Mesure la quantité de CSV produit après rinçage de la bouche à la cystéine	Quantitative	Non	Non : prélèvement d'un échantillon intra orale	Non	Plusieurs heures	Oui : elle n'est pas utilisée cliniquement pour la mesure de l'halitose mais est utile pour étudié l'efficacité d'un traitement	Oui

	Objectif/ Subjectif	Espèce étudié par la méthode de mesure	Méthode qualitative (permettant d'identifié) ou quantitative (donné chiffré)	Méthode sélective : différenciation des espèces étudié	Différenciation Halitose Intra et Extra orale	Technique réalisable au fauteuil	Temps de réalisation	Méthode expérimentale pour la mesure de l'halitose	Matériel nécessaire
Détecteurs enzymatique : bio sniffer et bio détecteur	Objectif	Mesure indirect du méthylmercaptan, la triméthylamine, l'ammoniac, le sulfure de diméthyle, l'éthanol, l'acétaldéhyde, l'acétone et l'hexane par mesure de la quantité d'oxygène après oxydation d'un échantillon de	Quantitative	Non	Non expliqué, mais théoriquement possible, on pourrait prélever des échantillons autre que l'air oral	Non	Environ 5 minutes	Oui	Oui
La turbidité de l'eau de rinçage de bouche	Objectif	Mesure de la turbidité de l'eau de rinçage	Quantitative	Non	Non : prélèvement d'un échantillon intra oral	Non renseigné	Non renseigné	Oui	Oui
Le nez électronique	Objectif	Mesure des CSV, d'autres substances odorantes des composés organiques, des composés aromatiques, des composés contenant des amines et des dérivés de l'ammoniac	Qualitative et quantitative	Oui	Oui	Non renseigné	Non renseigné	Oui	Oui
Olfaction artificiellement intelligente	Objectif	Pourrait mesurer l'ensemble des odeurs dégagées	Qualitative et quantitative	Oui	Oui	Non renseigné	Non renseigné	Oui	Oui



SIGNATURE DES CONCLUSIONS

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

Nom - prénom de l'impétrant : PERRIN Marie

Titre de la thèse : Les méthodes diagnostiques de l'halitose

Directeur de thèse : Professeur Olivier HUCK

VU

Strasbourg, le : **09 FEV. 2022**

Le Président du Jury,

Professeur C. TADDEI-GROSS

VU

Strasbourg, le : **09 FEV. 2022**

Le Doyen de la Faculté
de Chirurgie Dentaire de Strasbourg,

Professeur C. TADDEI-GROSS

7. BIBLIOGRAPHIE

1. Social distance towards halitosis sufferers - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 3 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31814382>
2. Davarpanah M. L'halitose : une approche pluridisciplinaire. 2006.
3. Cantique des cantiques - chapitre 4 - verset 11 - Traduction Segond 21 :: Bible :: EMCI TV [Internet]. [cité 26 oct 2020]. Disponible sur: https://emciv.com/bible/cantique-des-cantiques-4-11-segond_21.html
4. Talmud de Babylone, Traité Ketoubot, p 77 a. New York. Masorah Publication; 1998.
5. ISBOR - International Society for Breath Odor Research [Internet]. [cité 26 oct 2020]. Disponible sur: <http://www.isbor.info/>
6. Tangerman A, Winkel EG. Intra- and extra-oral halitosis: finding of a new form of extra-oral blood-borne halitosis caused by dimethyl sulphide. *Journal of clinical periodontology*; 2007.
7. Kumbargere Nagraj S, Eachempati P, Uma E, Singh VP, Ismail NM, Varghese E. Interventions for managing halitosis. *Cochrane Database Syst Rev*. 11 2019;12:CD012213.
8. Thoppay JR, Filippi A, Ciarrocca K, Greenman J, De Rossi SS. Halitosis. In: Farah CS, Balasubramaniam R, McCullough MJ, éditeurs. *Contemporary Oral Medicine: A Comprehensive Approach to Clinical Practice* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2019 [cité 8 oct 2021]. p. 1719-47. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-319-72303-7_27
9. Mithridade D. L'Halitose, fléau de santé publique, la diagnostiquer et la traiter. :8.
10. A review of the current literature on aetiology and measurement methods of halitosis - ScienceDirect [Internet]. [cité 15 sept 2021]. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300571207000905>
11. Nalcaci R, Baran I. Oral malodor and removable complete dentures in the elderly. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1 juin 2008;105(6):e5-9.
12. Renvert S, Noack MJ, Lequart C, Roldán S, Laine ML. The Underestimated Problem of Intra-Oral Halitosis in Dental Practice: An Expert Consensus Review. *Clin*

Cosmet Investig Dent. 3 juill 2020;12:251-62.

13. Yaegaki K, Coil JM. Examination, classification, and treatment of halitosis; clinical perspectives. *Journal-canadian dental association*. 2000;66(5):257-61.
14. Tanaka M, Anguri H, Nishida N, Ojima M, Nagata H, Shizukuishi S. Reliability of Clinical Parameters for Predicting the Outcome of Oral Malodor Treatment. *J Dent Res*. 1 juill 2003;82(7):518-22.
15. Donaldson AC, Riggio MP, Rolph HJ, Bagg J, Hodge PJ. Clinical examination of subjects with halitosis. *Oral Dis*. janv 2007;13(1):63-70.
16. Ortiz V, Filippi A. Halitosis. *Oral Biofilms*. 2021;29:195-200.
17. Filippi A. Evaluation of a halitosis clinic over a period of eleven years. 2017;
18. Seemann R, Conceicao MD, Filippi A, Greenman J, Lenton P, Nachnani S, et al. Halitosis management by the general dental practitioner—results of an international consensus workshop. *J Breath Res*. févr 2014;8(1):017101.
19. Aydin M, Harvey-Woodworth CN. Halitosis: a new definition and classification. *British Dental Journal*. juill 2014;217(1):E1-E1.
20. Guenane Y, Adel A, Lazili H, Saari B. L'Halitose : Origine , Classification et Traitement. *International Arab Journal of Dentistry*. août 2014;392(3560):1-5.
21. Abulwefa A, Abushoufa N. Bad Breath (Halitosis): Narrative Overview. *Khalij-Libya J Dent Med Res*. 2020; 4 (1): 8–29.
22. Tangerman A, Winkel EG. Extra-oral halitosis: an overview. *JOURNAL OF BREATH RESEARCH*. 2 mars 2010;
23. Nagel D, Lutz C, Filippi A, Filippi P-DDA. Halitophobie-das unterschätzte Krankheitsbild. *SCHWEIZER MONATSSCHRIFT FUR ZAHNMEDIZIN*. 2006;116(1):57.
24. Bollen CML, Beikler T. Halitosis: the multidisciplinary approach. *Int J Oral Sci*. juin 2012;4(2):55-63.
25. Scully C, Greenman J. Halitosis (breath odor). *Periodontol* 2000. 2008;48:66-75.
26. Nakhleh MK, Quatredeniens M, Haick H. Detection of halitosis in breath: Between the past, present, and future. *Oral Diseases*. 2018;24(5):685-95.
27. Boigny AC d'Ivoire. LE POINT SUR LA DEMARCHE DIAGNOSTIQUE DANS LA PRISE EN CHARGE DE L'HALITOSE BUCCALE.
28. Silva MF, Leite FRM, Ferreira LB, Pola NM, Scannapieco FA, Demarco FF, et

- al. Estimated prevalence of halitosis: a systematic review and meta-regression analysis. *Clin Oral Investig.* janv 2018;22(1):47-55.
29. Dental health, halitosis and mouth breathing in 10-to-15 year old children: A potential connection. - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 3 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31850768>
30. Aylıkçı BU, Çolak H. Halitosis: From diagnosis to management. *J Nat Sci Biol Med.* 2013;4(1):14-23.
31. Quirynen M, Dadamio J, Van den Velde S, De Smit M, Dekeyser C, Van Tornout M, et al. Characteristics of 2000 patients who visited a halitosis clinic. *Journal of Clinical Periodontology.* 2009;36(11):970-5.
32. Laleman I, Dadamio J, Geest SD, Dekeyser C, Quirynen M. Instrumental assessment of halitosis for the general dental practitioner. *J Breath Res.* févr 2014;8(1):017103.
33. Bornstein MM, Kislig K, Hoti BB, Seemann R, Lussi A. Prevalence of halitosis in the population of the city of Bern, Switzerland: *European Journal of Oral Sciences.* 2009;117(3):261-7.
34. Lu HX, Tang C, Chen X, Wong MCM, Ye W. Characteristics of patients complaining of halitosis and factors associated with halitosis. *Oral Dis.* nov 2014;20(8):787-95.
35. Scully C, Greenman J. Halitology (breath odour: aetiopathogenesis and management). *Oral Diseases.* 2012;18(4):333-45.
36. van den Velde S, Quirynen M, van Hee P, van Steenberghe D. Halitosis associated volatiles in breath of healthy subjects. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci.* 15 juin 2007;853(1-2):54-61.
37. Campanella A, De Summa S, Tommasi S. Exhaled breath condensate biomarkers for lung cancer. *J Breath Res.* 20 août 2019;13(4):044002.
38. Banik GD, Mizaikoff B. Exhaled breath analysis using cavity-enhanced optical techniques: a review. *J Breath Res.* 24 sept 2020;14(4):043001.
39. Amann A, Costello B de L, Miekisch W, Schubert J, Buszewski B, Pleil J, et al. The human volatilome: volatile organic compounds (VOCs) in exhaled breath, skin emanations, urine, feces and saliva. *J Breath Res.* juin 2014;8(3):034001.
40. Kim K-H, Jahan SA, Kabir E. A review of breath analysis for diagnosis of human health. *TrAC Trends in Analytical Chemistry.* 1 mars 2012;33:1-8.

41. Van den Velde S, van Steenberghe D, Van hee P, Quirynen M. Detection of Odorous Compounds in Breath. *J Dent Res.* 1 mars 2009;88(3):285-9.
42. Greenman J, Lenton P, Seemann R, Nachnani S. Organoleptic assessment of halitosis for dental professionals—general recommendations. *J Breath Res.* févr 2014;8(1):017102.
43. Ueno M, Takeuchi S, Samnieng P, Morishima S, Shinada K, Kawaguchi Y. Turbidity of mouthrinsed water as a screening index for oral malodor. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology.* 1 août 2013;116(2):203-9.
44. Relationship between total salivary protein content and volatile sulfur compounds levels in malodor patients - ScienceDirect [Internet]. [cité 24 sept 2021]. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1079210406006962>
45. Tangerman A, Winkel EG. The portable gas chromatograph OralChroma™: a method of choice to detect oral and extra-oral halitosis. *J Breath Res.* mars 2008;2(1):017010.
46. Piermarini S, Volpe G, Federico R, Moscone D, Palleschi G. Detection of Biogenic Amines in Human Saliva Using a Screen-Printed Biosensor. *Analytical Letters.* 4 mai 2010;43(7-8):1310-6.
47. Amano A, Yoshida Y, Oho T, Koga T. Monitoring ammonia to assess halitosis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology.* 1 déc 2002;94(6):692-6.
48. β -Galactosidase Activity in Saliva is Associated with Oral Malodor - N. Sterer, R. Bar-Ness Greenstein, M. Rosenberg, 2002 [Internet]. [cité 27 sept 2021]. Disponible sur: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0810182>
49. Porter SR, Scully C. Oral malodour (halitosis). *BMJ.* 21 sept 2006;333(7569):632-5.
50. Lee PP, Mak WY, Newsome P. The aetiology and treatment of oral halitosis: an update. *Hong Kong Med J.* 2004;10(6):414-8.
51. Yoneda M, Masuo Y, Suzuki N, Iwamoto T, Hirofuji T. Relationship between the β -galactosidase activity in saliva and parameters associated with oral malodor. *J Breath Res.* mars 2010;4(1):017108.
52. Kleinberg I, Codipilly D m. Cysteine challenge testing: a powerful tool for examining oral malodour processes and treatments in vivo. *International Dental*

Journal. 2002;52(S5P1):221-8.

53. Gov Y, Sterer N, Rosenberg M. In vitro effect of coffee on oral malodor-related parameters. *J Breath Res.* juin 2010;4(2):026004.
54. Koshimune S, Awano S, Gohara K, Kurihara E, Ansai T, Takehara T. Low salivary flow and volatile sulfur compounds in mouth air. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology.* 1 juill 2003;96(1):38-41.
55. Campisi G, Musciotto A, Di Fede O, Di Marco V, Craxì A. Halitosis: could it be more than mere bad breath? *Intern Emerg Med.* 1 août 2011;6(4):315-9.
56. Motta LJ, Bachiega JC, Guedes CC, Laranja LT, Bussadori SK. Association between halitosis and mouth breathing in children. *Clinics.* 2011;66:939-42.
57. Sterer N, Rosenberg M. Breath Odor Diagnosis. In: Sterer N, Rosenberg M, éditeurs. *Breath Odors: Origin, Diagnosis, and Management* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2020 [cité 7 déc 2021]. p. 63-6. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-030-44731-1_9
58. Sterer N, Rosenberg M. Measurements of Breath Odors and Related Parameters. In: Sterer N, Rosenberg M, éditeurs. *Breath Odors: Origin, Diagnosis, and Management* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2020 [cité 7 déc 2021]. p. 51-61. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-030-44731-1_8
59. Sterer N, Rosenberg M. Self-Assessment of Breath Odors. In: *Breath Odors.* Springer. 2020. p. 67-9.
60. Miyazaki H, Sakao S, Katoh Y, Takehara T. Correlation Between Volatile Sulphur Compounds and Certain Oral Health Measurements in the General Population. *Journal of Periodontology.* 1995;66(8):679-84.
61. Dadamio J, Laleman I, Geest SD, Vancauwenberghe F, Dekeyser C, Coucke W, et al. Usefulness of a new malodour-compound detection portable device in oral malodour diagnosis. *J Breath Res.* nov 2013;7(4):046005.
62. Benigeri M, Brodeur J-M, Payette M, Charbonneau A, Ismaïl AI. Community periodontal index of treatment needs and prevalence of periodontal conditions. *Journal of Clinical Periodontology.* 2000;27(5):308-12.
63. Aydin M, Bollen CML, Özen ME. Diagnostic Value of Halitosis Examination Methods. *Compend Contin Educ Dent.* 1 mars 2016;37(3):174-178;quiz180.
64. Nachnani S, Majerus G, Lenton P, Hodges J, Magallanes E. Effects of training on odor judges scoring intensity. *Oral Diseases.* 2005;11(s1):40-4.

65. Laleman I, De Geest S, Dekeyser C, Teughels W, Quirynen M. A new method of choice for organoleptic scoring: The negative-pressure technique. *Journal of Clinical Periodontology*. 2018;45(11):1319-25.
66. Kim D-J, Lee J-Y, Kho H-S, Chung J-W, Park H-K, Kim Y-K. A New Organoleptic Testing Method for Evaluating Halitosis. *Journal of Periodontology*. 2009;80(1):93-7.
67. The OralChroma™ CHM-2: a comparison with the OralChroma™ CHM-1 | SpringerLink [Internet]. [cité 21 oct 2021]. Disponible sur: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00784-019-03148-9>
68. Falcão DP, Miranda PC, Almeida TFG, Scalco MG da S, Fregni F, Amorim RFB de. Assessment of the accuracy of portable monitors for halitosis evaluation in subjects without malodor complaint. Are they reliable for clinical practice? *J Appl Oral Sci*. oct 2017;25:559-65.
69. Quirynen M, Zhao H, Avontrodt P, Soers C, Pauwels M, Coucke W, et al. A Salivary Incubation Test for Evaluation of Oral Malodor: A Pilot Study. *Journal of Periodontology*. 2003;74(7):937-44.
70. Deng C, Zhang J, Yu X, Zhang W, Zhang X. Determination of acetone in human breath by gas chromatography–mass spectrometry and solid-phase microextraction with on-fiber derivatization. *Journal of Chromatography B*. 25 oct 2004;810(2):269-75.
71. Ueno M, Shinada K, Yanagisawa T, Mori C, Yokoyama S, Furukawa S, et al. Clinical oral malodor measurement with a portable sulfide monitor. *Oral Diseases*. 2008;14(3):264-9.
72. Hanada M, Koda H, Onaga K, Tanaka K, Okabayashi T, Itoh T, et al. Portable oral malodor analyzer using highly sensitive In₂O₃ gas sensor combined with a simple gas chromatography system. *Analytica Chimica Acta*. 3 janv 2003;475(1):27-35.
73. Rosenberg M, Kulkarni GV, Bosy A, McCulloch CAG. Reproducibility and Sensitivity of Oral Malodor Measurements with a Portable Sulphide Monitor. *J Dent Res*. 1 nov 1991;70(11):1436-40.
74. Guedes CC, Bussadori SK, Garcia ACM, Motta LJ, Gomes AO, Weber R, et al. Accuracy of a portable breath meter test for the detection of halitosis in children and adolescents. *Clinics (Sao Paulo)*. 2020;75:e1764.
75. Tamaki N, Kasuyama K, Esaki M, Toshikawa T, Honda S-I, Ekuni D, et al. A new portable monitor for measuring odorous compounds in oral, exhaled and nasal air. *BMC oral health*. 20 avr 2011;11:15.

76. Takeuchi S, Ueno M, Takehara S, Pham TAV, Hakuta C, Morishima S, et al. The relationship between turbidity of mouth-rinsed water and oral health status. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1 janv 2013;71(1):183-8.
77. Iwanicka-Grzegorek K, Lipkowska E, Kepa J, Michalik J, Wierzbicka M. Comparison of ninhydrin method of detecting amine compounds with other methods of halitosis detection. *Oral Diseases*. 2005;11(s1):37-9.
78. Dadamio J, Van Tornout M, Vancauwenberghe F, Federico R, Dekeyser C, Quirynen M. Clinical utility of a novel colorimetric chair side test for oral malodour. *Journal of Clinical Periodontology*. 2012;39(7):645-50.
79. Tanaka M, Yamamoto Y, Kuboniwa M, Nonaka A, Nishida N, Maeda K, et al. Contribution of periodontal pathogens on tongue dorsa analyzed with real-time PCR to oral malodor. *Microbes and Infection*. 1 oct 2004;6(12):1078-83.
80. Kuboniwa M, Amano A, Kimura KR, Sekine S, Kato S, Yamamoto Y, et al. Quantitative detection of periodontal pathogens using real-time polymerase chain reaction with TaqMan probes. *Oral Microbiology and Immunology*. 2004;19(3):168-76.
81. Jatou K, Greub G. PCR en microbiologie. *Rev Med Suisse*. 2007;3:931-8.
82. Mackay IM. Real-time PCR in the microbiology laboratory. *Clinical Microbiology and Infection*. 1 mars 2004;10(3):190-212.
83. Kamaraj R. D, Bhushan KS, K.L. V. An Evaluation of Microbial Profile in Halitosis with Tongue Coating Using PCR (Polymerase Chain Reaction)- A Clinical and Microbiological Study. *J Clin Diagn Res*. janv 2014;8(1):263-7.
84. Minamide T, Mitsubayashi K, Jaffrezic-Renault N, Hibi K, Endo H, Saito H. Bioelectronic detector with monoamine oxidase for halitosis monitoring. *Analyst*. 12 oct 2005;130(11):1490-4.
85. Mitsubayashi K, Minamide T, Otsuka K, Kudo H, Saito H. Optical bio-sniffer for methyl mercaptan in halitosis. *Analytica Chimica Acta*. 28 juill 2006;573-574:75-80.
86. Saito H, Shirai T, Kudo H, Mitsubayashi K. Electrochemical sensor with flavin-containing monooxygenase for triethylamine solution. *Anal Bioanal Chem*. 1 juin 2008;391(4):1263-8.
87. Bin Omar AF, Bin MatJafri MZ. Turbidimeter Design and Analysis: A Review on Optical Fiber Sensors for the Measurement of Water Turbidity. *Sensors*. oct 2009;9(10):8311-35.
88. Mohd Khairi MT, Ibrahim S, Md Yunus MA, Faramarzi M. A review on the design

and development of turbidimeter. *Sensor Review*. 1 janv 2015;35(1):98-105.

89. Pham TAV. Relationship of a turbidity of an oral rinse with oral health and malodor in Vietnamese patients. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*. 2014;5(2):131-7.

90. Tanaka M, Anguri H, Nonaka A, Kataoka K, Nagata H, Kita J, et al. Clinical assessment of oral malodor by the electronic nose system. *J Dent Res*. avr 2004;83(4):317-21.

91. Nonaka A, Tanaka M, Anguri H, Nagata H, Kita J, Shizukuishi S. Clinical assessment of oral malodor intensity expressed as absolute value using an electronic nose. *Oral Dis*. 2005;11 Suppl 1:35-6.

92. Yaegaki K, Coil JM. Clinical application of a questionnaire for diagnosis and treatment of halitosis. *QUINTESSENCE INTERNATIONAL-ENGLISH EDITION*-. 1999;30:302-6.

93. Sterer N, Rosenberg M. Future Prospects. In: Sterer N, Rosenberg M, éditeurs. *Breath Odors: Origin, Diagnosis, and Management* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2020 [cité 7 déc 2021]. p. 103-4. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-030-44731-1_15

PERRIN (Marie) - Les méthodes diagnostiques de l'halitose
(Thèse : 3^{ème} cycle Sci. odontol. : Strasbourg : 2022 ; N°15)

N°43.22.22.15

Résumé :

L'halitose est le terme scientifique désignant la mauvaise odeur émanant de la cavité buccale ou nasale. Elle est la conséquence de la fermentation par la flore bactérienne du substrat, tels que les acides aminés, les protéines et les glycoprotéines, contenus dans les débris alimentaires, les cellules mortes ou les muqueuses produisant des composés organiques volatils, notamment les composés sulfurés volatils. Son origine peut être intra-orale ou extra-orale. Elle toucherait 31,8% de la population et se trouve être la 3^{ème} demande de prise en charge après les soins carieux et ceux de la maladie parodontale. Constituant parfois une barrière sociale, la recherche d'une solution thérapeutique est plus qu'importante pour les patients souffrant d'halitose.

Elle peut être multifactorielle et s'associe généralement à des pathologies telles que la carie dentaire, la sinusite ou l'ulcère gastro-œsophagien. L'halitose trouve généralement sa cause dans des pathologies sous-jacentes. Ainsi, son diagnostic devra non seulement bien déceler son origine mais aussi les pathologies qui peuvent y être associées. En effet le pronostic en dépendra, car un traitement spécifique sera proposé en fonction des conclusions.

Le diagnostic repose tout d'abord sur une analyse détaillée de l'état général et dentaire du patient. Puis des examens complémentaires subjectifs (test organoleptique) et objectifs (OralChroma et halimètre) devront être réalisés afin de confirmer et d'approfondir l'analyse.

Cette thèse a pour but d'y voir plus clair quant au diagnostic de l'halitose. Dans une première partie nous décrirons l'halitose et son mécanisme de production de mauvaise odeur. Dans une seconde partie, nous nous intéresserons aux différentes étiologies de l'halitose. Pour finir, au travers d'une troisième partie, nous présenterons les différents moyens diagnostics de cette pathologie. Pour conclure, nous proposerons en annexe un tableau comparatif de ces méthodes.

Rubrique de classement : Parodontologie

Mots clés : halitose, composés organiques volatils, composés sulfurés volatils, diagnostic, test organoleptique, chromatographie en phase gazeuse, OralChroma, halimètre.

Me SH : halitosis, volatile organic compounds, volatile sulfur compounds, diagnostic, organoleptic testing, gas chromatography, OralChroma, halimetre.

Jury :

Président : Professeur Corinne TADDEI-GROSS

Assesseurs : Professeur Olivier HUCK
Docteur Damien OFFNER
Docteur Catherine PETIT

Membre invité : Docteur Yves REINGEWIRTZ

Coordonnées de l'auteur :

Adresse postale :

M. PERRIN

71, avenue des Ternes

75017 PARIS

Adresse de messagerie : mpmarieperrin@gmail.com