

UNIVERSITÉ DE NANTES
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE EN ODONTOLOGIE

Année : 2010

N° : 7

**AMENAGEMENT TISSULAIRE
PRE-IMPLANTAIRE
PAR EGRESSION ORTHODONTIQUE**

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par :

Clémentine MERER

Née le 23/06/1983

Le 2 Mars 2010 devant le jury ci-dessous :

Président : M. le Professeur Bernard GIUMELLI

Assesseurs : M. le Docteur Stéphane RENAUDIN
M. le Docteur Afchine SAFFARZADEH

Directeur de thèse : M. le Docteur Alain HOORNAERT

Par délibération en date du 6 décembre 1972, le conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation.

L'AMENAGEMENT TISSULAIRE PRE-IMPLANTAIRE PAR EGRESSION ORTHODONTIQUE

<u>REMERCIEMENTS</u>	4
<u>SOMMAIRE</u>	9
<u>INTRODUCTION</u>	11
1 LE PARODONTE	12
1.1 LE PARODONTE SAIN	12
1.1.1 LA GENCIVE.....	13
1.1.1.1 Anatomie.....	13
1.1.1.1.1 La gencive attachée.....	14
1.1.1.1.2 La gencive libre.....	14
1.1.1.1.3 La gencive interdentaire.....	15
1.1.1.1.4 La gencive sulculaire.....	15
1.1.1.1.5 La muqueuse alvéolaire.....	15
1.1.1.2 Histologie.....	16
1.1.1.2.1 La lame basale.....	16
1.1.1.2.2 Les épithéliums gingivaux.....	16
1.1.1.2.2.1 L'épithélium buccal.....	16
1.1.1.2.2.2 L'épithélium sulculaire.....	17
1.1.1.2.2.3 L'épithélium de jonction.....	17
1.1.1.2.2.4 La muqueuse alvéolaire.....	17
1.1.1.2.3 Le tissu conjonctif.....	17
1.1.1.2.3.1 Les fibres.....	17
1.1.1.2.3.2 La substance interstitielle.....	19
1.1.1.2.3.3 Les cellules.....	19
1.1.1.2.3.4 Les vaisseaux.....	19
1.1.1.2.3.5 Les rameaux nerveux.....	19
1.1.2 L'OS ALVEOLAIRE.....	19
1.1.2.1 Anatomie.....	19
1.1.2.1.1 Les corticales.....	20
1.1.2.1.2 La paroi alvéolaire ou os alvéolaire propre.....	20
1.1.2.1.3 Les septas interdentaires et inter-radiculaires.....	20
1.1.2.1.4 La crête alvéolaire.....	20
1.1.2.1.5 Le périoste.....	20
1.1.2.2 Histologie.....	21
1.1.2.2.1 Composition histologique.....	21
1.1.2.2.1.1 La matrice extra-cellulaire.....	21
1.1.2.2.1.2 Les cellules.....	21
1.1.2.2.1.3 Vascularisation et innervation.....	22
1.1.2.2.2 Organisation histologique.....	22
1.1.2.2.2.1 Les corticales.....	22
1.1.2.2.2.2 L'alvéole ou paroi alvéolaire.....	22

1.1.2.2.3	Les septas interdentaires et inter-radiculaires.....	23
1.1.2.2.4	Le périoste.....	23
1.1.3	LE LIGAMENT PARODONTAL.....	23
1.1.3.1	Anatomie	23
1.1.3.2	Histologie	24
1.1.3.2.1	La substance fondamentale	24
1.1.3.2.2	Les cellules.....	24
1.1.3.2.3	Les fibres.....	25
1.1.3.2.4	Vascularisation et innervation.....	26
1.1.4	LE CEMENT.....	26
1.1.4.1	Anatomie	26
1.1.4.2	Histologie	26
1.1.4.2.1	Composition histologique	26
1.1.4.2.1.1	La matrice extra-cellulaire.....	27
1.1.4.2.1.2	Les cellules.....	27
1.1.4.2.2	Organisation histologique	27
1.1.4.2.2.1	Le ciment acellulaire ou fibrillaire	27
1.1.4.2.2.2	Le ciment cellulaire	27
1.1.4.2.2.3	Le ciment afibrillaire.....	28
1.2	L'UNITE DENTOGINGIVALE OU ESPACE BIOLOGIQUE	28
1.3	LE PARODONTE PATHOLOGIQUE	31
1.3.1	LA MALADIE PARODONTALE : DEFINITION.	31
1.3.2	HISTOPATHOLOGIE DE LA MALADIE PARODONTALE	31
1.3.3	LES MALADIES PARODONTALES : CLASSIFICATION	32
1.3.3.1	Les gingivites	33
1.3.3.2	Les parodontites	33
1.3.3.3	Les autres étiologies des défauts parodontaux	33
1.3.4	CONSEQUENCES THERAPEUTIQUES	33
1.3.5	CLASSIFICATIONS DES PERTES TISSULAIRES ENGENDREES PAR LA MALADIE PARODONTALE	34
1.3.5.1	Classification de la récession gingivale.....	34
1.3.5.2	Classification de la perte des tissus interdentaires.....	35
1.3.5.3	Classification de la perte osseuse	35
1.4	LES TISSUS PERI-IMPLANTAIRES.....	36
1.4.1.1	L'épithélium buccal.....	36
1.4.1.2	L'épithélium sulculaire.....	36
1.4.1.3	L'attache épithéliale	37
1.4.1.4	L'attache conjonctive	37
1.4.1.5	L'os alvéolaire.....	37
2	<u>LES ETAPES DU SUCCES IMPLANTAIRE.....</u>	38
2.1	EVOLUTION ET DESCRIPTION DES TECHNIQUES IMPLANTAIRES.....	38
2.1.1	EVOLUTION DE L'IMPLANTOLOGIE.....	38
2.1.1.1	Les débuts de l'implantologie moderne	38
2.1.1.2	L'ostéointégration	40

2.1.2	LES ELEMENTS CONSTITUANT LA RESTAURATION IMPLANTO-PORTEE	42
2.1.2.1	La fixture	42
2.1.2.1.1	Le matériau.....	42
2.1.2.1.2	L'état de surface	42
2.1.2.1.3	La morphologie.....	42
2.1.2.1.4	Le diamètre	43
2.1.2.2	Le pilier prothétique	43
2.1.2.2.1	Les piliers pour prothèse scellée	43
2.1.2.2.2	Les piliers pour prothèse vissée	43
2.1.2.3	La couronne prothétique.....	43
2.1.3	LES DIFFERENTES TECHNIQUES IMPLANTAIRES CONSTITUANT L'ARSENAL THERAPEUTIQUE	44
2.1.3.1	Selon la technique chirurgicale	44
2.1.3.1.1	Technique enfouie, en deux temps chirurgicaux	45
2.1.3.1.2	Technique non enfouie, en un temps chirurgical.....	45
2.1.3.2	Selon le délai entre l'extraction et l'implantation	45
2.1.3.2.1	L'implantation retardée	46
2.1.3.2.1.1	Description de la technique	46
2.1.3.2.1.2	Avantages	46
2.1.3.2.1.3	Inconvénients	46
2.1.3.2.1.4	Classification des sites d'implantation retardée	46
2.1.3.2.2	L'implantation différée.....	48
2.1.3.2.2.1	Description de la technique	48
2.1.3.2.2.2	Avantages	48
2.1.3.2.2.3	Inconvénients	48
2.1.3.2.3	L'implantation immédiate	48
2.1.3.2.3.1	Description de la technique	48
2.1.3.2.3.2	Indications	50
2.1.3.2.3.3	Contre-indications.....	50
2.1.3.2.3.4	Avantages	50
2.1.3.2.3.5	Inconvénients	50
2.1.3.2.3.6	Classification des sites extractionnels d'implantation immédiate.....	50
2.1.3.3	Selon le délai de mise en charge.....	53
2.2	LE PLAN DE TRAITEMENT PROTHETIQUE IMPLANTAIRE	55
2.2.1	INDICATIONS ET CONTRE-INDICATIONS IMPLANTAIRES	55
2.2.1.1	Indications	55
2.2.1.2	Contre-indications	55
2.2.2	CHRONOLOGIE DU PLAN DE TRAITEMENT IMPLANTAIRE	56
2.3	ANALYSE PRE-IMPLANTAIRE ET CHOIX DU CONCEPT IMPLANTO-PROTHETIQUE	57
2.3.1	L'EVALUATION GENERALE DU PATIENT	57
2.3.1.1	L'anamnèse générale ou histoire médicale.....	57
2.3.1.2	L'anamnèse locale.....	57
2.3.1.3	L'examen exobuccal.....	57
2.3.1.4	L'examen dentaire	58

2.3.2	EVALUATION DU SITE IMPLANTAIRE	58
2.3.2.1	Considérations cliniques et anatomiques.....	58
2.3.2.1.1	La zone esthétique	58
2.3.2.1.2	Le type d'édentement	59
2.3.2.1.3	La distance mésio-distale bordant l'édentement à restaurer.....	59
2.3.2.1.4	La forme des dents adjacentes.....	59
2.3.2.1.5	Les biotypes parodontaux	60
2.3.2.1.6	La gencive marginale.....	60
2.3.2.1.7	La gencive kératinisée	61
2.3.2.1.8	La préservation papillaire.....	61
2.3.2.1.8.1	L'os nécessaire dans le sens vestibulo-lingual	61
2.3.2.1.8.2	L'os nécessaire dans le sens mésio-distal	61
2.3.2.1.8.3	L'os nécessaire dans le sens vertical	62
2.3.2.1.8.4	La distance nécessaire entre le point de contact et la crête alvéolaire.....	63
2.3.2.1.8.5	Autres facteurs influents.....	64
2.3.2.1.9	La forme et le volume de la crête osseuse.....	65
2.3.2.1.9.1	Classification des pertes de substance alvéolaires	65
2.3.2.1.9.2	La forme de la crête	65
2.3.2.1.9.3	Le volume osseux disponible.....	68
2.3.2.1.9.4	La qualité osseuse	68
2.3.2.1.10	Le sommet de la crête osseuse	69
2.3.2.1.11	Recherche des obstacles anatomiques	69
2.3.2.1.12	La hauteur crête osseuse-dent antagoniste.....	69
2.3.2.1.13	La relation intermaxillaire	69
2.3.2.2	Considérations prothétiques	70
2.3.2.2.1	Le profil d'émergence	70
2.3.2.2.2	Le diamètre des implants	70
2.3.2.2.3	La longueur implantaire	71
2.3.2.2.4	La jonction implant-pilier (JIP).....	71
2.3.2.2.5	Le pilier prothétique.....	71
2.3.2.2.6	La jonction pilier-couronne(JPC)	71
2.3.2.2.7	La couronne prothétique	71
2.3.2.3	Considérations chirurgicales : impératifs lors du positionnement.....	71
2.3.2.3.1	L'ouverture buccale.....	71
2.3.2.3.2	Le positionnement de l'implant	72
2.3.2.3.2.1	Dans le sens mésio-distal	72
2.3.2.3.2.2	Dans le sens vestibulo-lingual	73
2.3.2.3.2.3	Dans le sens apico-cronaire	73
2.3.2.3.2.4	L'axe implantaire.....	74

2.3.2.3.3	La reconstruction des tissus durs	75
2.3.2.3.3.1	La préservation alvéolaire	75
2.3.2.3.3.2	La régénération osseuse guidée.....	76
2.3.2.3.3.3	Les greffes osseuses d'apposition	77
2.3.2.3.3.4	La distraction alvéolaire	78
2.3.2.3.3.5	Le comblement de sinus.....	79
2.3.2.3.3.6	L'égression orthodontique forcée.....	79
2.3.2.3.4	La reconstruction des tissus mous	80
2.3.2.3.4.1	Les greffes tissulaires	80
2.3.2.3.4.2	Cas particulier de l'aménagement papillaire : « le défi esthétique »	81
2.3.2.3.4.3	L'égression orthodontique forcée.....	82
2.3.2.3.5	Critères de choix et timing de la technique d'augmentation tissulaire	82
2.4	LES CRITERES DU SUCCES IMPLANTAIRE : UN CONCEPT GLOBAL.....	83
2.4.1	INTEGRATION MORPHOLOGIQUE	83
2.4.2	INTEGRATION BIOLOGIQUE.....	83
2.4.3	INTEGRATION ESTHETIQUE (CONCERNE SURTOUT LES SECTEURS ANTERIEURS)	84
2.4.4	INTEGRATION FONCTIONNELLE.....	86
3	<u>MOUVEMENTS ORTHODONTIQUES ET LEURS CONSEQUENCES SUR LE</u>	
	<u>PARODONTE : INTERET DANS L'AMENAGEMENT TISSULAIRE.....</u>	86
3.1	BIOMECANIQUE ELEMENTAIRE	86
3.1.1	CENTRE DE RESISTANCE	86
3.1.2	CENTRE DE ROTATION	87
3.1.3	LE POINT D'APPLICATION	87
3.1.4	DIRECTION	87
3.1.5	INTENSITE	87
3.1.6	LE MOMENT DE LA FORCE.....	88
3.1.7	LE RYTHME D'APPLICATION ET DUREE DE LA FORCE	88
3.1.8	L'ANCRAGE	89
3.1.8.1	Les ancrages passifs	89
3.1.8.1.1	L'ancrage dentaire.....	89
3.1.8.1.2	L'ancrage osseux	89
3.1.8.1.3	L'ancrage musculaire.....	89
3.1.8.1.4	L'ancrage occlusal.....	89
3.1.8.2	Les ancrages actifs.....	90
3.1.8.2.1	Les dispositifs intra-arcade.....	90
3.1.8.2.2	Les dispositifs inter-arcade.....	90
3.1.8.2.3	Les dispositifs extra-oraux.....	90
3.1.8.2.4	Les mini-implants	90
3.2	LES PRECAUTIONS A PRENDRE	90
3.2.1	ORTHODONTIE DE L'ADULTE.....	90
3.2.2	ORTHODONTIE EN PARODONTE PATHOLOGIQUE	91
3.3	LES DISPOSITIFS MECANIQUES.....	92
3.3.1	DISPOSITIFS AMOVIBLES.....	92

3.3.2	DISPOSITIFS FIXES	92
3.4	LES DIFFERENTS MOUVEMENTS ORTHODONTIQUES ET LEURS CONSEQUENCES	
	TISSULAIRES	93
3.4.1	REMANIEMENT ET REMODELAGE OSSEUX NORMAUX	93
3.4.1.1	Définitions	93
3.4.1.2	Les facteurs influents.....	94
3.4.1.3	Cycle ARIF.....	95
3.4.2	PRINCIPES GENERAUX DE LA REPONSE BIOLOGIQUE AU DEPLACEMENT ORTHODONTIQUE..	96
3.4.2.1	Effets mécaniques immédiats	96
3.4.2.2	Effets biologiques à court terme.....	97
3.4.2.2.1	Face en pression.....	97
3.4.2.2.1.1	Première phase : phase de sidération.....	97
3.4.2.2.1.2	Deuxième phase : phase de remodelage osseux	99
3.4.2.2.2	Face en tension	100
3.4.2.2.3	Notion de seuil de force	102
3.4.2.3	Effets biologiques à long terme.....	103
3.4.2.3.1	Notion de force optimale	103
3.4.2.3.1.1	Entretien de la force.....	103
3.4.2.3.1.2	Intensité optimale des forces.....	103
3.4.2.3.2	Modelage des tissus de soutien	105
3.4.2.3.2.1	Modelage des tissus durs	105
3.4.2.3.2.2	Modelage des tissus mous	106
3.4.3	CONSEQUENCES TISSULAIRES DE L'EGRESSION (TRACTION LENTE OU TRACTION RAPIDE)	106
3.4.3.1	Définition.....	106
3.4.3.2	Parodonte sain : conséquences tissulaires	107
3.4.3.2.1	Traction lente	107
3.4.3.2.1.1	Description de la force	107
3.4.3.2.1.2	Conséquences au niveau du tissu osseux.....	108
3.4.3.2.1.3	Conséquences au niveau de l'attache.....	109
3.4.3.2.1.4	Conséquences au niveau de la gencive	110
3.4.3.2.1.5	Conséquences au niveau de la pulpe	112
3.4.3.2.1.6	Les résorptions radiculaires.....	112
3.4.3.2.1.7	Indications	112
3.4.3.2.2	Traction rapide	113
3.4.3.2.2.1	Description de la force	113
3.4.3.2.2.2	Conséquences tissulaires	113
3.4.3.2.2.3	Indications	114
3.4.3.3	Parodonte pathologique : conséquences tissulaires	115
3.4.3.3.1	Conséquences au niveau osseux : le nivellement des défauts intra-osseux....	115
3.4.3.3.2	Conséquences au niveau de la gencive : le « red patch »	116
3.4.3.3.3	Conséquences au niveau de l'attache.....	117
3.4.3.3.4	Conséquences au niveau du sulcus : diminution de la profondeur de poche ..	118
3.4.3.3.5	Autres conséquences cliniques	118
3.4.3.3.6	Indications	119

3.4.4	LA RECIDIVE	119
3.4.4.1	La fibrotomie.....	119
3.4.4.2	La contention.....	120
4	<u>L'EGRESSION ORTHODONTIQUE PRE-IMPLANTAIRE</u>	121
4.1	HISTORIQUE : VERS LA DECOUVERTE DE L'AMENAGEMENT TISSULAIRE PRE-IMPLANTAIRE PAR EGRESSION ORTHODONTIQUE.	121
4.2	DEFINITION	123
4.3	INDICATIONS	124
4.4	CONTRE-INDICATIONS	125
4.5	AVANTAGES	126
4.5.1	MISE A PROFIT DE DENTS REPUTEES INUTILES	126
4.5.2	OUTIL SIMPLE D'AUGMENTATION TISSULAIRE.....	126
4.5.3	PROCEDURE NON CHIRURGICALE	126
4.5.4	FIABILITE ET PREVISIBILITE DE L'AUGMENTATION TISSULAIRE OBTENUE	126
4.5.5	EXTENSION DES INDICATIONS DE L'IMPLANTATION IMMEDIATE	127
4.5.6	AMELIORATION DES CONDITIONS, DE LA FIABILITE ET DES RESULTATS DE L'IMPLANTATION IMMEDIATE	127
4.5.6.1	Avantages du nivellement ou de l'augmentation osseux obtenus grâce à l'égression	127
4.5.6.1.1	Placement implantaire	128
4.5.6.1.2	Enfouissement implantaire	128
4.5.6.1.3	Longueur implantaire	128
4.5.6.1.4	Stabilisation primaire	129
4.5.6.1.5	Ostéointégration	129
4.5.6.1.6	Biomécanique.....	129
4.5.6.1.7	Profil d'émergence	129
4.5.6.1.8	Esthétique	130
4.5.6.2	Avantages de la préservation ou de l'augmentation gingivale	131
4.5.6.2.1	Avantages esthétiques	131
4.5.6.2.2	Avantages biologiques.....	131
4.5.6.2.3	Avantages techniques	131
4.5.6.3	Compensation du remodelage tissulaire post-extractionnel et post-implantaire	132
4.5.7	AMELIORATION DE LA RESTAURATION PROTHETIQUE IMPLANTO-PORTEE.....	132
4.5.8	AMELIORATION DES RESULTATS DES RECONSTRUCTIONS CHIRURGICALES CLASSIQUES ASSOCIEES.....	133
4.5.9	EXTRACTION ATRAUMATIQUE.....	133
4.5.10	POSSIBILITE DE MISE A PROFIT DU TRAITEMENT ORTHODONTIQUE	133
4.6	INCONVENIENTS	133
4.7	DISPOSITIFS D'EGRESSION DENTAIRE ORTHODONTIQUE UNITAIRE	135
4.7.1	DISPOSITIFS AMOVIBLES.....	135
4.7.1.1	L'attache dentaire	135
4.7.1.2	Le système d'ancrage	136
4.7.1.3	Le système d'activation.....	136
4.7.1.4	Considérations pratiques	136

4.7.2	DISPOSITIFS FIXES	137
4.7.2.1	Le système d'attache	137
4.7.2.1.1	Les dents avec une couronne intacte.....	137
4.7.2.1.2	Les dents à l'état de racines	137
4.7.2.2	Le système d'ancrage	139
4.7.2.2.1	Description des systèmes.....	139
4.7.2.2.2	Nombre de dents nécessaires.....	142
4.7.2.3	Le système d'activation.....	143
4.7.2.3.1	Les forces élastiques.....	143
4.7.2.3.2	Les arcs Ni-Ti.....	144
4.7.2.3.3	Les ressorts super-élastiques	146
4.7.2.3.4	Les forces magnétiques.....	147
4.7.3	TECHNIQUE D'EGRESSION UNITAIRE DE CHOIX.....	148
4.7.4	AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES DIVERS DISPOSITIFS D'EGRESSION UNITAIRE	150
4.8	PROTCOLE.....	152
4.9	RESULTATS.....	154
4.9.1	RESULTATS TISSULAIRES DE L'EGRESSION ORTHODONTIQUE FORCEE (MANTZIKOS ET SHAMUS) :.....	154
4.9.2	RESULTATS CLINIQUES DE L'AMENAGEMENT TISSULAIRE PRE-IMPLANTAIRE PAR EGRESSION ORTHODONTIQUE.....	155
<u>5</u>	<u>CAS CLINIQUES.....</u>	<u>156</u>
5.1	CAS DE LA LITTERATURE.....	156
5.2	CAS DU DR HERVE DROGOU.....	158
	<u>CONCLUSION.....</u>	<u>164</u>
	<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	<u>165</u>
	<u>ANNEXES.....</u>	<u>192</u>

INTRODUCTION

Ces dernières années, les implants dentaires sont devenus une solution de restauration fiable. Leur champ d'indication s'est étendu et les protocoles implantaires se sont développés. Ils représentent désormais une modalité thérapeutique de plus en plus indiquée.

Dans le cadre de ces indications, le remplacement unitaire d'une dent antérieure au maxillaire par un implant constitue, à l'heure actuelle, un des défis majeurs de la dentisterie restauratrice esthétique. En effet, du fait de la fiabilité et du succès des résultats implantaires, l'objectif de l'implantologie moderne ne consiste plus seulement en l'ostéointégration implantaire, ni en la restauration de la fonction, mais aussi en la réalisation d'une restauration esthétique.

A l'origine, les implants dentaires étaient placés selon les structures osseuses disponibles, souvent affectées par le phénomène inévitable de résorption osseuse, la restauration fonctionnelle étant gérée par la suite. Les préoccupations d'ordre esthétique étaient alors secondaires.

Avec l'avènement des techniques d'augmentation tissulaire, les indications implantaires ont été étendues, et certains problèmes esthétiques résolus.

L'égression orthodontique forcée est une technique qui permet aussi de corriger ou de réduire les défauts pré-implantaires, en présentant l'avantage d'induire un développement osseux et muqueux de façon non chirurgicale. Cette alternative à la reconstruction tissulaire chirurgicale conventionnelle, simplifie les protocoles, et favorise le succès implantaire final d'un point de vue morphologique, biologique, fonctionnel et esthétique.

Après quelques rappels sur le parodonte, les étapes du succès implantaire et les conséquences tissulaires des déplacements orthodontiques, cette thèse se propose d'étudier les techniques, les modalités et les résultats de l'aménagement tissulaire pré-implantaire par égression orthodontique, et d'en présenter les indications, contre-indications, avantages et inconvénients.

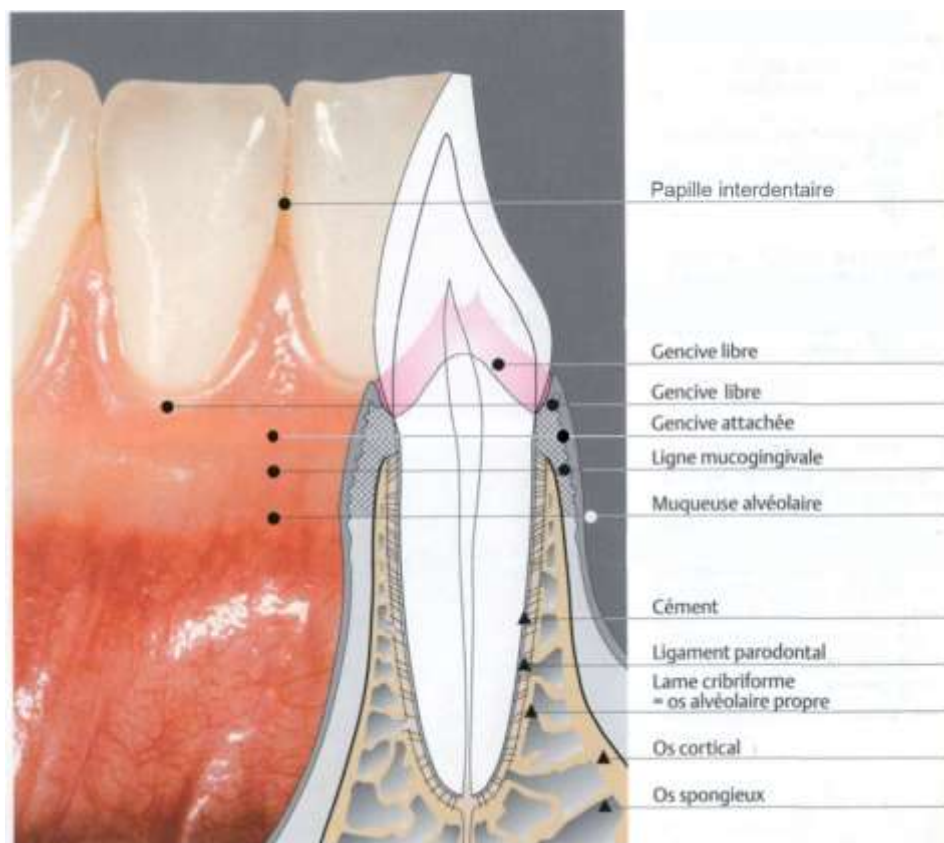
1 LE PARODONTE

- Le parodonte (du grec *para* qui signifie « à côté de », et *odontos* qui signifie « dent ») est constitué par l'ensemble des tissus qui entourent et soutiennent la dent.
- Black, en 1887, a d'abord utilisé ce terme avec un sens différent pour désigner le desmodonte. Puis il a été communément utilisé lorsque l'*American Academy of Periodontology* fut fondée en 1914. Mais le concept moderne de parodonte en tant que système fonctionnel n'apparaît qu'en 1921 avec Weski.

1.1 Le parodonte sain

(25) (29) (54) (60) (79) (91) (119) (148) (189) (245) (249) (268)

- Le parodonte correspond à l'ensemble des tissus de soutien de la dent.
Il se compose de :
 - La gencive
 - L'os alvéolaire
 - Le desmodonte
 - Le ciment
- On peut diviser le parodonte en :
 - Parodonte superficiel : constitué de la gencive, seul tissu visible lors de l'examen clinique
 - Parodonte profond : constitué des autres éléments du parodonte



Structures parodontales

Fig. 1 d'après (268)

1.1.1 La gencive

1.1.1.1 Anatomie

- La gencive est la partie de la muqueuse buccale qui recouvre les procès alvéolaires des maxillaires et entoure les collets des dents.
- La gencive comporte trois régions anatomiques :
 - La gencive attachée
 - La gencive marginale ou gencive libre, qui délimite le sulcus gingivo-dentaire
 - La gencive interdentaire ou papillaire
- D'un point de vue histologique, elle comporte 5 régions :
 - La gencive adhérente ou attachée, elle adhère très fortement à l'os alvéolaire et au ciment sous-jacents, grâce à des trousseaux fibreux multiples
 - La gencive libre ou marginale, elle peut être écartée de la dent et détermine un espace tout autour de la dent : c'est le sillon gingivo-dentaire ou sulcus
 - La gencive sulculaire
 - La gencive interdentaire ou papillaire
 - L'attache épithéliale qui se situe au fond du sillon gingivo-dentaire
 - La muqueuse alvéolaire ne fait pas partie à proprement parler du parodonte
- Ochsenbein et Ross suggérèrent que l'anatomie de la gencive est liée à celle de l'os sous-jacent **(169)**.
- Quatre caractéristiques contribuent à l'obtention d'une forme gingivale idéale **(122)**.
 - D'abord, les limites gingivales des deux incisives centrales doivent se situer un même niveau.
 - Ensuite, les limites gingivales des incisives centrales doivent être situées apicalement par rapport à celles des incisives latérales, mais au même niveau que celles des canines.
 - Aussi, le contour vestibulaire des limites gingivales doit imiter les jonctions émail-cément.
 - Enfin, il doit y avoir une papille entre chaque dent, et l'extrémité de la papille se situe habituellement à mi-chemin entre le bord incisif et la partie la plus convexe de la limite gingivale (au milieu de l'incisive en règle générale).

La présence d'un espace interdentaire vide peut être dû à 3 facteurs :

- La première cause possible est la divergence des racines dentaires.
- La seconde cause possible est une forme dentaire anormale où les incisives centrales sont beaucoup plus larges à leur bord incisif qu'à leur partie cervicale. Dans ces situations, le point de contact entre les incisives est situé dans le millimètre incisal entre les deux incisives centrales. Cette relation est anormale.
- La dernière cause possible est la maladie parodontale avancée où la destruction de l'os alvéolaire crestal entre les incisives conduit à l'absence de la papille interdentaire.

- Cliniquement, l'état de la gencive s'apprécie grâce à :
 - **Son contour.** Le liseré gingival doit suivre de façon harmonieuse le collet de la dent. Ceci est surtout valable pour l'adulte jeune. Il est normal, qu'avec l'âge qu'une certaine récession gingivale se manifeste, elle est liée au phénomène de résorption alvéolaire sénile physiologique mais qui reste limitée (contestée par certains auteurs)
 - **Son volume et sa consistance.** La gencive saine est ferme. La gencive libre doit avoir une tonicité permettant de rendre le sillon gingivo-dentaire virtuel. Lorsqu'avec une sonde on décolle la gencive libre, ouvrant ainsi le sillon gingivo-dentaire, celle-ci doit se réappliquer immédiatement sur la dent dès que l'instrument est retiré. Cette tonicité est indispensable à la protection de l'attache épithéliale. Le bord de la gencive marginale doit être mince, en lame de couteau, afin de créer une architecture déflectrice. Le bombement coronaire de la dent protège le bord marginal de la gencive.
 - **Sa couleur.** La gencive saine est rose, de coloration plus claire que la muqueuse alvéolaire en général. Elle peut, dans certains cas de pigmentation mélanique d'origine ethnique, être plus ou moins parsemée de tâches brunâtres.
 - **Le caractère de surface.** Classiquement, la gencive présente un aspect de surface granité, « en peau d'orange », qui signe la bonne santé gingivale. Mais ce piqueté est inconstant au niveau des gencives saines.

1.1.1.1.1 La gencive attachée

- La gencive attachée est liée fermement à l'os sous-jacent et au cément par les fibres du tissu conjonctif. Elle est donc relativement immobile.
- Elle prolonge la gencive libre en direction apicale.
- Apicalement, la gencive attachée s'étend jusqu'à la ligne de jonction mucogingivale, où elle est en continuité avec la muqueuse alvéolaire laquelle n'est, quant à elle, pas fermement liée à l'os alvéolaire sous-jacent.
- Sa hauteur varie de 0.5 mm à 8 mm selon les dents et les maxillaires, et elle augmente avec l'âge.

1.1.1.1.2 La gencive libre

- Elle est constituée par la partie périphérique du tissu gingival.
- Elle entoure la dent en suivant une ligne sinueuse parallèle à la jonction émail-cément (son extrémité se situe 0.5 à 2 mm au-delà de la jonction émail-cément lorsque la dent a achevé son éruption). Normalement, elle suit aussi l'architecture osseuse sous-jacente (puisque celle-ci suit aussi le dessin de la jonction amélocémentaire), et dans 85% des cas la marge gingivale et la crête osseuse sont espacés de 3 mm.
- Cliniquement, sur un parodonte sain, la gencive libre est en contact rapproché avec la surface amélaire.
- Avec la gencive attachée, elle constitue la dimension physiologique superficielle de l'unité dentogingivale.

1.1.1.1.3 La gencive interdentaire (272)

- En interdentaire, la gencive qui occupe l'espace coronaire à la crête alvéolaire constitue la gencive interdentaire.
- Dans la région antérieure, elle possède une forme pyramidale dont le sommet est situé immédiatement sous le point de contact, elle est très étroite.
- Dans les régions postérieures, elle est plus large et possède un col concave qui relie la face vestibulaire et linguale de la papille prenant la forme de la surface de contact interdentaire.
- Les limites de la papille dentaire sont en haut la base du point de contact, en bas la crête alvéolaire et latéralement la gencive marginale des dents adjacentes mésiales et distales.
- La gencive interdentaire est attachée à la dent par un tissu conjonctif et un épithélium de jonction, et est délimitée coronairement par l'épithélium sulculaire.
- La physiologie de la papille est complexe : elle agit comme barrière biologique en protégeant les structures parodontales, mais elle joue aussi un rôle esthétique critique.
- Dans une étude clinique de la dentition naturelle, Tarnow et coll. ont déterminé que la présence ou l'absence de la papille interdentaire est inversement liée à la distance située entre la base de la zone de contact et la crête osseuse sous-jacente **(242)**.
Pour une distance inférieure ou égale à 5 mm, la papille remplit l'embrasure dans 100% des cas. Lorsque cette distance mesure 6 mm, la papille est présente dans 56% des cas alors que pour une distance de 7 mm ou plus le pourcentage tombe à 27%.

1.1.1.1.4 La gencive sulculaire

- Le sulcus gingival est bordé d'un côté par la dent et de l'autre par l'épithélium sulculaire qui est un tissu non kératinisé. Le fond du sulcus est maintenu par la partie coronaire de l'épithélium de jonction.
- Le sulcus s'étend de la gencive marginale libre jusqu'à l'épithélium de jonction. Normalement sa profondeur peut varier de 0 à 3-4 mm mais en moyenne elle est de 1 à 1.5 mm.
- Il est recouvert d'un épithélium sulculaire (crévulaire) très fin.
- Physiologiquement, ce fin et fragile épithélium est en contact avec la surface dentaire. Lorsqu'une restauration intra-sulculaire est envisagée, 1.5 à 2 mm de profondeur sulculaire sont nécessaires au minimum, en deçà, ses limites doivent être supra-gingivales. La violation quantitative du sulcus consiste en un excès de matériau placé au sein de l'espace sulculaire (ex. : surcontour prothétique). La violation qualitative se définit par une mauvaise adaptation ou une mauvaise finition (mauvais polissage) des limites prothétiques.

1.1.1.1.5 La muqueuse alvéolaire

- Elle n'appartient pas à proprement parler à la gencive, ni au parodonte.
- Vestibulairement, elle prolonge la gencive attachée au niveau de la ligne de jonction mucogingivale.
Puis elle se continue par la muqueuse alvéolaire de la face interne des joues et des lèvres. Lingualement, elle se prolonge par la muqueuse du plancher buccal.

1.1.1.2 Histologie

- La gencive se compose de tissu conjonctif fibreux recouvert d'épithélium pavimenteux stratifié. Ces deux entités tissulaires sont séparées par la membrane basale.
- C'est un tissu conjonctif vascularisé et innervé.
- Le tissu prédominant dans la composition de la gencive est le tissu conjonctif lequel est composé de fibres de collagène (environ 60% du volume du tissu conjonctif), de fibroblastes (environ 5%), et de vaisseaux, nerfs et matrice (environ 35%).

1.1.1.2.1 La lame basale

- La lame basale sépare l'épithélium du tissu conjonctif. Elle assure la cohésion tissulaire et conditionne les échanges moléculaires entre les deux tissus.
- Son épaisseur est de 1 à 2 μm .
- Elle est constituée de protéines fibrillaires (collagène de type IV, laminine, fibronectine,...)
- Elle comporte la lamina lucida du côté épithélial et la lamina densa du côté conjonctif.
- Le trajet de la lame basale est sinueux et on distingue les interdigitations entre l'épithélium et le tissu conjonctif qui sont les papilles conjonctives et les crêtes épithéliales.
- Puisque la jonction entre l'épithélium gingival kératinisé et le tissu conjonctif sous-jacent est généralement sinueuse, l'alternance de papilles de tissu conjonctif et de digitations épithéliales qui donne l'aspect granuleux de surface de la gencive attachée.

1.1.1.2.2 Les épithéliums gingivaux

- La gencive est un tissu conjonctif fibreux recouvert par un épithélium. Celui-ci est pavimenteux, stratifié, plus ou moins épais selon les zones anatomiques.
- L'épithélium buccal qui recouvre la gencive attachée et la gencive marginale libre est soit kératinisé, soit para-kératinisé, tandis que l'épithélium sulculaire et l'épithélium de jonction ne sont pas kératinisés.
- L'épithélium est séparé du tissu conjonctif par une membrane basale.
- Il n'est ni innervé ni vascularisé.
- Les cellules épithéliales sont attachées par des desmosomes. Des cellules inflammatoires provenant du tissu conjonctif adjacent migrent entre les cellules épithéliales vers la surface de l'épithélium.

1.1.1.2.2.1 L'épithélium buccal

- L'épithélium buccal se situe sur les surfaces vestibulaires et linguales (ou palatines) de la gencive marginale libre, de la gencive attachée et de la gencive papillaire.
- Il est épais, ortho-kératinisé ou para-kératinisé et comporte des crêtes épithéliales.
- L'épithélium buccal comporte 4 couches de cellules. Les cellules les plus profondes, de forme cubique, sont appelées cellules basales. La deuxième couche de cellules est constituée de cellules polygonales et forme la couche épineuse. Parfois il existe une troisième couche de cellules aplaties appelée couche granuleuse. Enfin la couche superficielle peut être kératinisée ou parakératinisée.
- L'épaisseur de l'épithélium gingival est maintenue par l'équilibre entre la néoformation de cellules basales et la desquamation de surface de cellules plus vieilles.
Le rythme de renouvellement de l'épithélium lors d'expérimentations animales est de 10 à 12 jours environ.

1.1.1.2.2.2 *L'épithélium sulculaire*

- L'épithélium oral sulculaire prolonge l'épithélium buccal et tapisse le sulcus gingivo-dentaire. Il est mince, non kératinisé, sans crêtes épithéliales. Il est donc très perméable, ce qui favorise la pénétration des produits bactériens de la plaque dentaire dans le tissu conjonctif et par conséquent l'inflammation et la destruction tissulaires.

1.1.1.2.2.3 *L'épithélium de jonction*

- Il constitue l'attache épithéliale appartenant à la dimension physiologique sub-crêviculaire de l'unité dentogingivale.
- L'épithélium de jonction est mince, sans digitations épithéliales et non kératinisé.
- Il est bordé d'une lame basale interne s'interposant entre ses cellules et la dent (comprenant des hémidesmosomes), et d'une lame basale externe qui le sépare du chorion gingival.
- Il fournit une attache épithéliale (grâce aux hémidesmosomes de la lame basale interne) à la surface calcifiée de la dent (émail et cément cervical) qui forme un « manchon » autour de la région cervicale de la dent.
- Sa surface libre forme le fond du sulcus gingivo-dentaire.
- Le renouvellement cellulaire de cet épithélium est de 1 à 6 jours.
- Cet épithélium représente une barrière contre les substances bactériennes et chimiques.

1.1.1.2.2.4 *La muqueuse alvéolaire*

- L'épithélium de recouvrement de la muqueuse alvéolaire est fin et non kératinisé.

1.1.1.2.3 *Le tissu conjonctif*

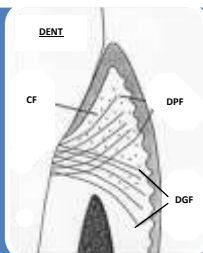
- On appelle le tissu conjonctif de la gencive, lamina propria.
- On y trouve 2 couches :
 - Une couche sous-jacente à l'épithélium, appelée couche papillaire
 - Une couche contiguë au périoste de l'os alvéolaire, appelée couche réticulaire
- C'est un tissu conjonctif vascularisé et innervé.
- Il est constitué principalement de :
 - Fibres de collagènes
 - Substance interstitielle
 - Cellules
 - Vaisseaux
 - Rameaux nerveux

1.1.1.2.3.1 *Les fibres*

- **LES FIBRES DE COLLAGÈNE** (représentent 60% du volume du tissu conjonctif)
- Les fibres de collagène maintiennent la gencive marginale contre la dent et fournissent une liaison serrée entre la gencive attachée à la racine dentaire et à l'os alvéolaire sous-jacents.
- Bien que beaucoup de fibres de collagène soient arrangées de façon irrégulière et aléatoire, la plupart d'entre elles ont tendance à s'organiser en groupes de fibres qui ont des orientations distinctes. Ces groupes de fibres procurent la résilience et la tonicité nécessaires au maintien de la forme architecturale et de l'intégrité de l'attache dentogingivale.

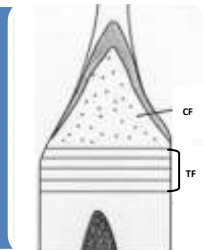
- Ils sont généralement classés selon les catégories suivantes :
 - Les fibres circulaires (CF) qui encerclent la dent au niveau de la gencive libre
 - Les fibres dento-gingivales (DGF) sont comprises dans le cément de la partie supra-alvéolaire de la racine et se projettent dans la gencive libre
 - Les fibres dento-périostées (DPF) sont elles aussi comprises dans la même portion mais se projettent dans la gencive attachée
 - Les fibres trans-septales (TF) sont situées interproximalement, et forment des faisceaux qui s'étendent entre le cément de dents adjacentes, au niveau d'une partie comprise entre l'épithélium de base du sulcus et le septum interdentaire.

Représentation schématique des principaux faisceaux de fibres gingivales



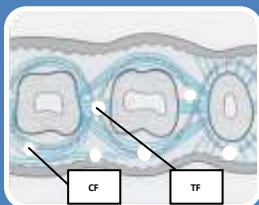
Vue Sagittale

- CF: Fibres circulaires
- DPF: Fibres dento-périostées
- DGF: Fibres dento-gingivales



Vue frontale

- CF: Fibres circulaires
- TF: Fibres trans-septales



Vue occlusale

- CF: Fibres circulaires
- TF: Fibres trans-septales

Fig. 2, d'après (245) et (268)

- **NB.** : Contrairement à la masse dense des fibres de collagène solidement reliées entre elles que l'on trouve au niveau de la gencive, le conjonctif de la muqueuse alvéolaire est composé de fibres de collagène plus lâches et parsemé de fibres élastiques et musculaires. Ces fibres n'étant pas fortement liées à l'os sous-jacent, ce tissu peut donc se déplacer facilement et s'adapter aux changements de forme et de taille induits par le fonctionnement musculaire.
- **LES FIBRES D'ELASTINE**
- De par leur structure et leur assemblage, elles possèdent des propriétés élastiques importantes.

1.1.1.2.3.2 *La substance interstitielle*

- Encore appelée substance fondamentale
- Elle est constituée essentiellement d'eau, mais aussi de protéines non collagéniques, de glycoprotéines et de glycosaminoglycanes.

1.1.1.2.3.3 *Les cellules*

- **Les fibroblastes** (représentent 5% du volume du tissu conjonctif).
Ils sont très nombreux, répartis le long des faisceaux de fibres.
Ils sont responsables du renouvellement du collagène et de la synthèse de la matrice conjonctive extracellulaire.
La plus petite unité de la fibre de collagène est la molécule de tropocollagène. La synthèse du tropocollagène se déroule au sein du fibroblaste qui le sécrète ensuite dans l'espace extracellulaire. Puis ces molécules sont agrégées longitudinalement pour former des profibrilles, les fibres de collagène étant des faisceaux de fibrilles de collagène.
- **Les fibrocytes**.
Ils ont une morphologie analogue à celle des fibroblastes, mais leur métabolisme est plus réduit, par conséquent les organites y sont moins nombreux et moins développés.
- **Les infiltrats inflammatoires**.
Ils comprennent des lymphocytes, des leucocytes mono et polynucléaires, des macrophages, des mastocytes et des plasmocytes. Ils existent en dehors de tout processus pathologique et créent un état sub-inflammatoire permanent.

1.1.1.2.3.4 *Les vaisseaux*

- Ils prolongent les structures vasculaires du desmodonte qui traversent les corticales.

1.1.1.2.3.5 *Les rameaux nerveux*

- Ils prolongent les structures nerveuses du desmodonte qui traversent les corticales.

1.1.2 **L'os alvéolaire** (23)

1.1.2.1 *Anatomie*

- L'os alvéolaire est une extension de l'os basal du maxillaire et de la mandibule, qui entoure les racines dentaires.
- L'os alvéolaire entoure la dent à une distance d'environ 1 mm apicalement à la limite émail-cément.
- Il présente la même structure (os cortical et os spongieux) et la même composition (trame organique et trame minérale) que l'os basal.
- Sa présence est dépendante de celle des dents : l'os alvéolaire naît, vit et meurt avec les dents.
- Il possède des capacités d'adaptation importantes. En effet il possède un *turn over* plus rapide que l'os basal.

- Il comprend 5 régions anatomiques :
 - Les corticales
 - La paroi alvéolaire *ou* os alvéolaire propre
 - Les septas interdentaires et inter-radiculaires
 - La crête alvéolaire
 - Le périoste

1.1.2.1.1 Les corticales

- Ce sont les parois externes de l'os alvéolaire.
- Elles sont en continuité avec les corticales des portions basales des maxillaires.
- C'est un os d'épaisseur variable selon la localisation et la position de la dent sur l'arcade.
- Les corticales alvéolaires vestibulaire et linguale/palatine délimitent avec la paroi alvéolaire, l'os spongieux des septas interdentaires et inter-radiculaires.

1.1.2.1.2 La paroi alvéolaire ou os alvéolaire propre

- Elle est moulée aux racines.
- Elle supporte les insertions ligamentaires du desmodonte.
- On distingue :
 - **La paroi cribriorme ou lame criblée** : elle permet le passage des axes vasculaires et nerveux.
 - **La lamina dura** : elle ne correspond pas à une entité anatomique, mais constitue seulement une observation radiographique correspondant au passage des rayons X tangentiellement à l'alvéole.

1.1.2.1.3 Les septas interdentaires et inter-radiculaires

- Ils correspondent à l'os qui se situe entre les corticales et la paroi alvéolaire entre deux dents adjacentes, ou entre les racines.
- Ils sont constitués de tissu osseux spongieux trabéculaire.
- Cet os spongieux est organisé en trabécules selon les forces masticatoires.
- Sa vascularisation est en communication avec celle du ligament parodontal adjacent.

1.1.2.1.4 La crête alvéolaire

- C'est la partie de l'os alvéolaire qui constitue le bord du processus alvéolaire.
- Ritchey et Orban décrivent une relation constante entre la crête alvéolaire et la jonction émail cément (JEC) **(200)**.
- La forme de la crête alvéolaire dépend non seulement de la forme de la JEC, mais aussi de la forme et de la largeur de la couronne dentaire, et de la position de la dent adjacente.
- La crête alvéolaire est située au dessus de la JEC au début de l'éruption dentaire, puis avec l'éruption passive, elle se situe apicalement.
- Kois classe les patients selon le niveau de leur crête alvéolaire : basse, normale, ou haute **(121)**.

1.1.2.1.5 Le périoste

- Le périoste est une membrane adhérent à la surface de l'os cortical.
- Il possède un fort pouvoir ostéogénétique.

1.1.2.2 Histologie

1.1.2.2.1 Composition histologique

- Le procès alvéolaire est un tissu conjonctif minéralisé, vascularisé et innervé.
- Comme tout tissu osseux, il est composé d'une fraction organique, d'une fraction minérale et de cellules.

1.1.2.2.1.1 La matrice extra-cellulaire

- La trame organique (21%) comprend du collagène type I, des ostéocalcines, ostéonectines, protéoglycanes, phosphoprotéines, phospholipoprotéines.
- La trame minérale (70%) comprend :
 - Des phosphates de calcium : hydroxyapatite, phosphate de calcium amorphe, ...
 - Des phosphates de Mg ou Na, des carbonates de Ca, ...

1.1.2.2.1.2 Les cellules

- L'os alvéolaire est constamment renouvelé en réponse aux demandes fonctionnelles. Les ostéoblastes et les ostéoclastes sont les cellules responsables de ce remodelage. Ces cellules sont présentes sur la paroi alvéolaire contre le ligament parodontal, du côté interne de la corticale alvéolaire dans les espaces médullaires, et enfin à la surface des trabécules osseux de l'os spongieux.
Les ostéoblastes produisent un tissu ostéoïde constitué de fibres de collagène et d'une matrice extracellulaire contenant des protéoglycanes et des glycoprotéines. On le retrouve partout où de l'os nouveau est apposé. Contrairement à l'os calcifié, le tissu ostéoïde n'est pas encore colonisé par les ostéoclastes. Cette matrice osseuse se minéralise grâce à des dépôts de minéraux tels que du calcium ou du phosphate qui sont transformés en hydroxyapatite. Des cellules et des faisceaux de fibres sont emprisonnés dans cet os fasciculé. Lorsqu'il a atteint une certaine épaisseur et une certaine maturité, certaines parties de l'os fasciculé sont réorganisées en os lamellaire comprenant des fibrilles plus fines dans sa matrice.
- **Les ostéoblastes**
Ce sont des cellules dont l'activité essentielle est la formation osseuse, qu'il s'agisse de l'édification osseuse ou du remaniement osseux.
Au niveau du périoste, ils constituent la couche ostéogénique.
Au niveau de l'os spongieux, ils recouvrent la surface des trabécules en développement appelée endoste.
Au cours du remodelage, on les retrouve dans les lacunes précédemment résorbées.
- **Les ostéocytes**
Ils résultent de la différenciation des ostéoblastes.
Lors de la formation osseuse, ils sont d'abord inclus dans la matrice ostéoïde, puis, au fur et à mesure de la minéralisation, dans le tissu osseux proprement dit, au sein de cavités appelées ostéoplastes. Ils sont répartis le long des lignes d'apposition osseuse.

- **Les ostéoclastes**

Ils se différencient par leur important volume cellulaire, et se caractérisent par la présence d'une bordure en brosse et de plusieurs noyaux.

Ils sont responsables de la résorption du tissu osseux.

Ils sont retrouvés au contact de l'os dans les lacunes de Howship résultant de leur activité, mais aussi à distance de la surface osseuse à des stades fonctionnels différents.

1.1.2.2.1.3 *Vascularisation et innervation*

- La vascularisation et l'innervation de l'os alvéolaire sont en communication avec celle du ligament parodontal adjacent.

1.1.2.2.2 *Organisation histologique*

1.1.2.2.2.1 *Les corticales*

- La surface des corticales est recouverte de périoste, c'est à cet endroit que s'effectue la croissance osseuse par apposition ostéoblastique.
- Elles sont formées d'os compact, constitué de lamelles de 5 à 7 µm d'épaisseur juxtaposées et séparées par des lignes de croissance qui témoignent de l'apposition des couches osseuses successives.
- Dans les zones externes de la corticale, les lamelles sont parallèles entre elles et suivent le contour osseux.
Dans les zones plus profondes, et là où les corticales sont plus épaisses, l'os compact remodelé se caractérise par la présence de systèmes de Havers encore appelés ostéomes. Les ostéomes sont reliés entre eux par les canaux de Volkman.
- L'épaisseur de la lame corticale varie selon la localisation. Dans les régions incisivo-canines, la corticale osseuse vestibulaire est plus fine que celle se trouvant du côté lingual. Cela est aussi vrai pour les prémolaires et les 1^{ères} molaires maxillaires, contrairement aux régions molaires mandibulaires où la corticale osseuse vestibulaire est plus épaisse que la corticale linguale.

1.1.2.2.2.2 *L'alvéole ou paroi alvéolaire*

- D'un point de vue structurel, cet os alvéolaire est assez proche du ciment radiculaire.
- La paroi alvéolaire est constituée d'un tissu osseux à la fois lamellaire et fibreux, et a été décrite comme la plus petite quantité d'os lamellaire du corps contenant un système Haversien.
- Elle est en effet constituée par un os dense lamellaire de 100 à 200 µm d'épaisseur, dont la partie externe est constituée par des systèmes Haversiens alors que la partie interne est constituée par de l'os fibrillaire puisqu'il contient les fibres de Sharpey.
- Les fibres de Sharpey relient l'alvéole au ciment radiculaire et transmettent à l'os alvéolaire les forces intermittentes de l'occlusion.
- Elle est perforée de nombreux orifices qui mènent les nerfs et les vaisseaux inter-alvéolaires au ligament parodontal. En effet, le ligament parodontal communique avec les espaces médullaires de l'os alvéolaire spongieux via des tunnels vasculaires que sont les canaux de Volkmann qui se situent au niveau de la lame criblée.

- La paroi alvéolaire est tapissée par les cellules du remaniement osseux (cellules bordantes, ostéoblastes et ostéoclastes). Sa surface est le site de remaniements osseux importants en relation avec le métabolisme osseux et la migration physiologique des dents en direction mésio-occlusale.

1.1.2.2.3 *Les septas interdentaires et inter-radiculaires*

- A ce niveau, l'os alvéolaire se présente sous forme d'os spongieux encore appelé os trabéculé.
L'os spongieux est constitué de travées minéralisées qui forment un réseau osseux qui entoure des espaces conjonctivo-vasculaires.

1.1.2.2.4 *Le périoste*

- Le périoste est un tissu conjonctif spécialisé, très fibrillaire qui est composé de 2 couches :
 - La couche interne, ostéogène qui contient des cellules (ostéoblastes et préostéoblastes) qui créent de l'os à une cadence rythmique, donnant de l'os lamellaire en lignes parallèles.
 - La couche externe, fibreuse et vascularisée, où s'insèrent les tissus sus-jacents.
- A partir du périoste, les fibres de Sharpey se dirigent vers le tissu osseux, et arrivent le périoste à l'os.
- C'est aussi un tissu très vascularisé qui possède un rôle de réserve.
- La production d'une matrice et la prolifération cellulaire y est influencée par des facteurs mécaniques. Lorsque la pression dépasse un certain seuil, elle réduit l'apport sanguin aux cellules, et l'ostéogénèse cesse. A l'inverse, lorsqu'une tension s'exerce sur le périoste, il se produit une apposition. Le périoste fonctionne donc comme une zone d'ostéogénèse tout au long de la vie, bien que ses capacités régénératives soient maximales chez le jeune enfant.

1.1.3 **Le ligament parodontal**

1.1.3.1 *Anatomie*

- Le ligament parodontal, est le tissu conjonctif richement vascularisé et cellulaire qui entoure les racines dentaires et qui relie le cément à la lamina dura ou lame criblée de l'os alvéolaire. En direction coronaire, le ligament parodontal est en continuité avec la lamina propria de la gencive (tissu conjonctif), et est séparé de la gencive par les fibres crestales qui relient le sommet de la crête alvéolaire avec la racine.
- Son épaisseur physiologique varie entre 0.15 et 0.35 mm, avec en moyenne une épaisseur de 0.25 mm.
- Il comprend un réservoir de cellules conjonctives indifférenciées avec un potentiel ostéogène et cémentogène.

- Sa fonction principale est de réaliser un ancrage de la dent dans son alvéole. Il est responsable de la résistance de l'organe dentaire aux forces de l'occlusion tout en permettant la mobilité physiologique de la dent dans son alvéole osseuse.
Il permet aussi de distribuer et d'amortir les forces masticatoires transmises à l'os alvéolaire via la lame criblée.
Une autre fonction est de participer à la sensibilité de l'appareil manducateur : sensibilité proprioceptive, épicritique et nociceptive.
Il joue un rôle fondamental dans le remodelage de la paroi alvéolaire et la cémentogénèse.
Il joue aussi un rôle important lors du déplacement orthodontique.

1.1.3.2 Histologie

- Le ligament est un tissu conjonctif à composante fibrillaire.
- Il est inséré dans le cément et la paroi alvéolaire.
- Il est vascularisé et innervé.
- Il comporte de nombreuses cellules : fibroblastes, cémentoblastes, ostéoblastes, ostéoclastes.
- Le tissu conjonctif comme la matrice extracellulaire du LAD varie selon l'ethnie et aussi avec l'âge. Par exemple, la réponse tissulaire comprenant la mobilisation cellulaire et la transformation des fibres de collagène, est considérablement plus lente chez les individus âgés que chez les enfants et les adolescents.
- Comme tout tissu conjonctif, le desmodonte comprend :
 - Une substance fondamentale
 - Des fibres
 - Des cellules
 - Des vaisseaux et des nerfs

1.1.3.2.1 La substance fondamentale

- La substance fondamentale est une structure amorphe qui reste lorsque l'on retire les cellules, les capillaires et les fibres.
- Elle comprend essentiellement de l'eau. En raison de l'importance de sa phase aqueuse, elle a la consistance d'un gel.
- C'est un gel polysaccharidique hautement hydraté, constitué de macromolécules d'acide hyaluronique, de protéoglycanes et de glycoprotéines.
- C'est un lieu de transit des apports métaboliques et des produits de dégradation catabolique.

1.1.3.2.2 Les cellules

- Il s'agit essentiellement de cellules mésenchymateuses indifférenciées, c'est-à-dire des cellules immatures à l'état embryonnaire pouvant se différencier en fibroblastes, ostéoblastes, cémentoblastes.
- **Les cellules fibroblastiques** (fibroblastes et fibrocytes). Elles sont réparties dans la zone centrale du desmodonte. Leur nombre et leur densité diminue avec l'âge et l'hypofonction.
- **Les cellules osseuses et cémentaires**. Elles dérivent des cellules progénitrices, analogues à des fibroblastes, dont les conditions de différenciation en ostéoblastes ou cémentoblastes sont soumises aux sollicitations subies par la dent et le parodonte. Par ailleurs, la différenciation en ostéoclaste ou cémentoclaste correspond à un état inflammatoire qui se produit dans les zones soumises à de fortes pressions.

- **Les cellules inflammatoires et/ou anti-infectieuses.** Il s'agit des leucocytes, polynucléaires, plasmocytes, mastocytes, macrophages et lymphocytes. Il est fréquent d'observer des infiltrats inflammatoires qui résultent d'un état sub-inflammatoire provoqué par les microtraumatismes qui se produisent au sein du système dentaire.
- **Les débris épithéliaux de Malassez.** Ce sont des reliquats de la gaine épithéliale de Hertwing. Ils ont un métabolisme ralenti, voire nul, mais peuvent conduire à des formations tumorales (ex. : kystes péri-apicaux).

1.1.3.2.3 Les fibres

- Elles constituent la majeure partie de la composante extra-cellulaire du ligament alvéolo-dentaire.
- Il s'agit essentiellement de fibres de collagène, mais aussi de fibres d'élastine et oxytalanés.
- **Les fibres principales**
- Ce sont essentiellement des fibres collagéniques (collagène de type I et III) disposées en faisceaux.
- Les portions terminales des fibres principales qui s'insèrent dans le ciment et l'os sont appelées fibres de Sharpey.
- Chaque faisceau de fibres étant légèrement ondulé, cela permet à la dent de se déplacer dans son alvéole et d'avoir une mobilité physiologique malgré la nature inélastique des fibres de collagène.
- On distingue :
 - **Le groupe horizontal** : les fibres sont étendues du ciment à l'os alvéolaire perpendiculairement à l'axe longitudinal de la dent.
 - **Le groupe cristaux** : les fibres sont étendues de la crête alvéolaire au ciment jusque sous l'épithélium de jonction.
 - **Le groupe oblique** : les fibres sont étendues du ciment à l'os, selon une direction coronaire et oblique.
 - **Le groupe apical** : les fibres rayonnent du ciment à l'os, au fond de l'alvéole.

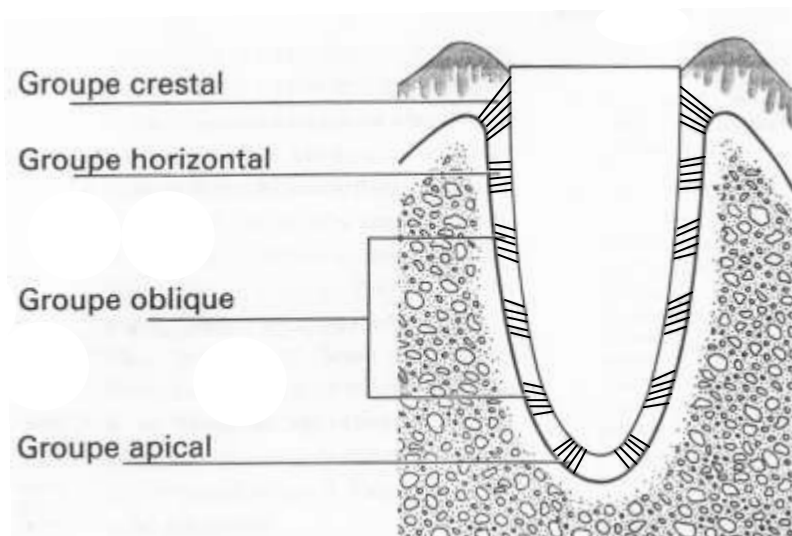


Schéma représentant les principaux groupes de fibres desmodontales

Fig. 3, d'après (183)

- **Les autres fibres**
- On trouve des fibres de collagène entrecroisées ou étendues autour des fibres principales, mais aussi des fibres élastiques et des fibres oxytalanes.

1.1.3.2.4 Vascularisation et innervation

- Le LAD est innervé et richement vascularisé.

1.1.4 Le ciment

1.1.4.1 Anatomie

- C'est son origine embryologique qui l'inclut dans les tissus parodontaux.
- Le ciment radiculaire est un tissu minéralisé spécialisé qui recouvre la surface radiculaire. A sa face externe, se trouvent les insertions des fibres du LAD et également de certaines fibres gingivales.
- Il présente de nombreuses similitudes avec le tissu osseux, mais le ciment ne contient pas de vaisseaux, n'est pas innervé, ne présente pas de résorption ni de remodelage physiologique, et se caractérise par une apposition continue au cours de la vie.
- Son épaisseur est variable, mais il est plus épais au niveau du tiers apical de la racine qu'au niveau coronaire (de 150 μm à 200 μm à l'apex, jusqu'à 20 à 50 μm au collet). De par l'apposition cimentaire permanente, l'épaisseur s'accroît avec l'âge.
- Lors de l'édification radiculaire, un ciment primaire est formé. Après l'éruption dentaire, et en réponse aux contraintes fonctionnelles, un ciment secondaire est formé qui, contrairement au ciment primaire, contient des cellules.
- Le ciment contribue au processus de réparation lorsque la racine est endommagée (par exemple lors du traitement orthodontique).

1.1.4.2 Histologie

1.1.4.2.1 Composition histologique

- Le ciment est un tissu conjonctif minéralisé, avasculaire et sans innervation.
- Il peut être acellulaire (principalement au niveau cervical) ou cellulaire (principalement au niveau apical).
- Le ciment est le site d'insertion des fibres ligamentaires parodontales qui constituent la majeure partie du ciment acellulaire cervical.
- Sa surface est généralement tapissée par des cimentoblastes qui proviennent du ligament parodontal : la cimentogénèse est continue mais très lente.

1.1.4.2.1.1 *La matrice extra-cellulaire*

- **La trame organique**

Elle est composée de collagène de type I associé à des complexes glycoprotéiques et mucopolysaccharidiques.

On distingue les fibres de collagène intrinsèque qui sont synthétisées par les cémentoblastes, de celles de collagène extrinsèque provenant du sac folliculaire et qui se trouvent en continuité avec les fibres ligamentaires.

- **La phase minérale**

On y retrouve essentiellement des sels de phosphate de calcium (hydroxyapatite), de fluor, de Mg.

Elle augmente avec l'âge.

1.1.4.2.1.2 *Les cellules*

- **Les cémentoblastes**

Ils sont responsables de la cémentogénèse. Ils ont un aspect analogue à celui des ostéoclastes, c'est-à-dire qu'ils présentent les caractéristiques d'une cellule sécrétrice.

- **Les cémentocytes**

Ce sont des cémentoblastes inclus dans le matériel extra-cellulaire, puis dans le ciment proprement dit au sein des cémentoplastes.

Ils se nourrissent à partir du LAD, mais certains cémentocytes, situés à distance, dégèrent au sein de lacunes alors vides.

1.1.4.2.2 *Organisation histologique*

1.1.4.2.2.1 *Le ciment acellulaire ou fibrillaire*

- C'est le premier ciment à apparaître.
- Son épaisseur augmente avec l'âge.
- Il recouvre normalement toute la dentine radulaire.
- Il est constitué par la juxtaposition de lamelles parallèles entre elles dont le trajet suit le contour radulaire. Ces lamelles sont séparées par des lignes de croissance traduisant le rythme séquentiel de la cémentogénèse.
- Il est composé de rares fibres intrinsèques puisque les fibres extrinsèques constituent 90 à 100% de la masse globale du ciment acellulaire. En effet, une grande partie de sa matrice organique calcifiée est constituée par des fibres de Sharpey qui ancrent la dent dans l'alvéole.

1.1.4.2.2.2 *Le ciment cellulaire*

- Il recouvre le ciment acellulaire qui tapisse la surface dentinaire, mais il est parfois possible d'observer l'interposition de ciment acellulaire entre deux zones de ciment cellulaire.
- Il prédomine dans les régions apicales (tiers apical) et inter-radulaires.
- Il est sécrété par les cémentoblastes.

- Il présente un aspect lamellaire et les fibres de Sharpey y sont moins nombreuses que dans le ciment acellulaire. L'aspect lamellaire est dû à l'apposition de couches successives séparées par des lignes cémentaires qui différencient les couches d'âge différent. Au fur et à mesure de l'élaboration du ciment, les cémentoblastes se trouvent enfermés au sein de logettes appelées cémentoplastes. Il se caractérise alors par l'inclusion de cémentocytes dans le tissu.
- Les fibres de collagène issues de l'insertion progressive des fibres ligamentaires déjà présentes dans le ciment acellulaire se continuent dans le ciment cellulaire mais ne sont que partiellement minéralisées, contrairement au collagène intrinsèque qui est minéralisé.
- L'activité métabolique varie selon la profondeur. La structure de la surface dépend de l'activité métabolique, et on distingue :
 - Les zones en voie de cémentogénèse
 - Les zones de repos
 - Les zones en voie de résorption
- Ce ciment continue à se former après l'éruption de la dent et sa longueur s'accroît en direction de l'apex.

1.1.4.2.2.3 *Le ciment afibrillaire*

- Il est dépourvu de fibres de collagène et généralement acellulaire.
- Il se trouve habituellement à la jonction émail-cément.

1.2 L'unité dentogingivale ou espace biologique

(148)

- Les dimensions parodontales physiologiques nécessaires au maintien d'un parodonte sain sont classées comme suit :
 - La dimension physiologique superficielle (appartient à la gencive)
 - La dimension physiologique crévulaire (concerne le sulcus)
 - La dimension physiologique sub crévulaire (qui appartient au ligament parodontal et à la gencive) : elle correspond à **l'unité dentogingivale**
- **La dimension physiologique superficielle :**
Elle s'étend de la marge gingivale à la jonction mucogingivale. Elle est composée de gencive attachée et de gencive libre. L'épithélium kératinisé recouvrant la gencive kératinisée ainsi que ses fibres composant un tissu conjonctif dense, dissipent les tensions créées par le frein et les faisceaux de fibres musculaires protégeant ainsi la gencive marginale libre de ces tensions. Par ailleurs, cette bande de tissu kératinisé est fondamentale au succès des restaurations prothétiques lorsque leurs limites s'étendent sous la gencive marginale libre. En effet lorsqu'une restauration intra-sulculaire est envisagée, 5 mm de tissu kératinisé sont nécessaires dont 3 mm de gencive attachée et 2 mm de gencive libre. Une autre dimension du tissu kératinisé doit être considérée, c'est son épaisseur. Lorsqu'on peut observer une sonde parodontale à travers la gencive libre, ce tissu kératinisé est considéré comme trop fin pour supporter une restauration intra-sulculaire.

- **La dimension physiologique crévulaire :**
Le sulcus s'étend de la gencive marginale libre jusqu'à l'épithélium de jonction. Normalement sa profondeur mesure entre 0 à 3-4 mm, et il est recouvert d'un épithélium sulculaire (crévulaire) très fin. Physiologiquement, cet épithélium fin et fragile est en contact avec la surface dentaire. Lorsqu'une restauration intra-sulculaire est envisagée, 1.5 à 2 mm de profondeur sulculaire sont nécessaires au minimum. En deçà, ses limites doivent être supra-gingivales. La violation quantitative du sulcus consiste en un excès de matériau placé au sein de l'espace sulculaire (surcontour prothétique, excès de ciment,...). La violation qualitative se définit par une mauvaise adaptation ou un mauvais polissage des limites prothétiques.
- **La dimension physiologique sub-crévulaire :**
Cette dimension est définie comme étant la distance entre la base du sulcus et la crête alvéolaire, elle correspond à **l'unité dentogingivale**.
- En 1959, Sicher reconsidère le système d'attache dentaire. Il en conclut que l'on peut distinguer différents tissus de soutien formant la jonction dentogingivale si l'on adopte un point de vue physiologique **(227)**. En effet, **la jonction dentogingivale** est constituée de deux unités fonctionnelles distinctes qui sont : **l'attache fibreuse conjonctive** de la gencive, et **l'attache épithéliale**.
- Ces deux composants ont une fonction différente :
 - La protection biologique de la jonction dentogingivale est assurée par l'attache épithéliale. En effet, l'attache épithéliale s'établit sur toute la circonférence de la dent et sert de barrière. L'attache épithéliale n'est pas très fermement liée à la dent même si sa force de cohésion avec la dent est supérieure à la force de cohésion développée par chaque cellule épithéliale.
 - La solidité de l'attache gingivale provient en fait du tissu conjonctif fibreux (attache fibreuse conjonctive) qui est intimement lié au ciment, à l'os alvéolaire ainsi qu'à la gencive.
- En 1961, Gargiulo, Wentz et Orban ont décrit les dimensions et la composition de la jonction dentogingivale chez l'homme **(88)**. Leurs mesures ont été réalisées sous microscope sur 287 dents saines cliniquement et leur appareil d'attache respectif. Un total de 325 mesures a été effectué. Il en est ressorti que la profondeur moyenne du sulcus est de 0.69 mm. La mesure moyenne de l'attache épithéliale est de 0.97 mm (avec des mesures allant de 0.71 à 1.35 mm) et que celle de l'attache conjonctive est de 1.07 mm (avec des mesures allant de 1.06 à 1.07 mm). Ces deux derniers éléments constituent l'appareil d'attache supra-crestal qui a été renommé « **espace biologique** », et mesure en moyenne 2.04 mm.
- **L'espace biologique est donc un terme clinique alors que la jonction dentogingivale est un terme histologique.**
- Newcomb a recherché s'il existait une relation entre le degré d'inflammation gingivale et la localisation dans le sulcus de la limite prothétique périphérique **(162)**. Il a étudié 59 patients avec 66 couronnes antérieures dont les limites prothétiques vestibulaires étaient intra-sulculaires. Le niveau d'inflammation gingivale et de plaque dentaire a été relevé grâce à l'indice gingival et à l'indice de plaque de Løe et Silness.

Les résultats ont indiqué que plus la limite prothétique se situe près de la base du sulcus gingival, plus le patient sera sujet à une inflammation sévère. Les plus faibles degrés d'inflammation ont été retrouvés pour des limites prothétiques au niveau de la marge gingivale ou tout juste dans le sulcus. Pour ces raisons, en plus des 2.04 mm d'espace biologique, 1 à 2 mm de structure dentaire saine doivent être disponibles coronairement à l'attache épithéliale afin d'y placer les limites prothétiques. En fait, pour maintenir un parodonte en bonne santé, 3 à 4 mm de distance sont nécessaires entre l'extrémité de la crête alvéolaire et l'extrémité coronaire de la structure dentaire restante. La nécessité de respecter cet espace a été soulignée par Ingber, Rose et Coslet **(110)**, Maynard, Sterne et Becker **(233)**, et Potashnick et Rosenberg **(184)**.

Schéma illustrant les 3 dimensions physiologiques parodontales :

- Dimension physiologique superficielle (gris moyen)
- Dimension physiologique crévicaire (gris foncé)
- Dimension physiologique sub-crévicaire : unité dentogingivale (gris clair)

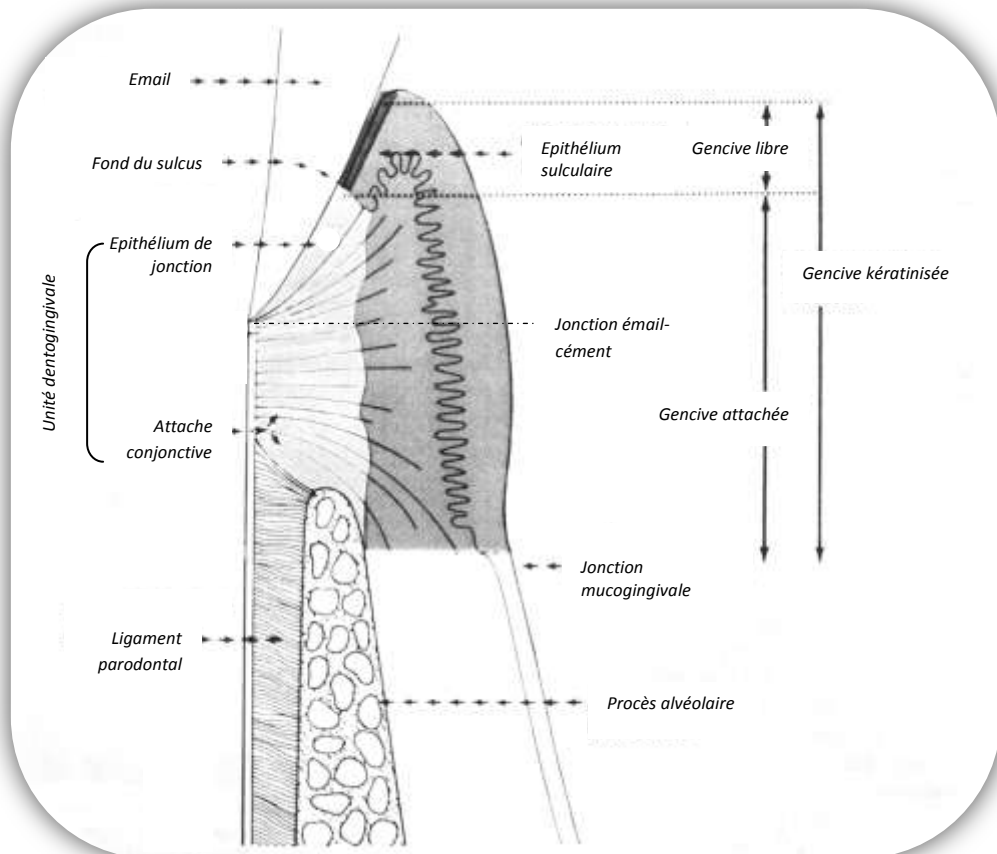


Fig. 4, d'après **(148)**

1.3 Le parodonte pathologique

(56) (25) (245)

1.3.1 La maladie parodontale : Définition.

- L'état de santé parodontal se définit comme un équilibre dynamique entre les bactéries pathogènes d'une part et les défenses de l'hôte d'autre part.
- La maladie parodontale résulte d'une rupture d'équilibre entre les défenses de l'hôte et l'agression de ces bactéries pathogènes.
- Les maladies parodontales sont donc des maladies inflammatoires, le plus souvent d'origine infectieuse, faisant intervenir l'agent étiologique et les défenses de l'hôte.
- Cliniquement, la maladie parodontale est une situation dans laquelle les structures de soutien dentaire sont détruites, qu'il s'agisse de l'épithélium gingival, des fibres de la membrane parodontale, ou de l'os alvéolaire.

1.3.2 Histopathologie de la maladie parodontale

- L'état gingival histologiquement sain n'existe pas. En effet, même en présence d'une gencive cliniquement normale, le tissu conjonctif contient un infiltrat lympho-plasmocytaire, et les coupes histologiques révèlent la présence de leucocytes migrant à travers l'épithélium de jonction. De plus, la présence de bactéries libres mais non organisées à l'entrée du sulcus est inévitable.
- Le passage de cet état sub inflammatoire physiologique à la maladie parodontale comprend plusieurs stades décrits par Page et Schroëder (175) :
- **La lésion initiale :**
Elle est réversible si le contrôle de plaque s'améliore.
Elle apparaît 2 à 4 jours après l'accumulation de plaque au niveau du sillon gingivo-dentaire.
Elle est difficilement identifiable, les infiltrats inflammatoires étant présents de façon physiologique.
Elle reste localisée dans la région du sulculaire et n'atteint que 5 à 10% du tissu conjonctif.
Les premières lésions consistent en une dilatation des vaisseaux sanguins sous-jacents à l'épithélium, suivie d'une diapédèse de neutrophiles, de monocytes et de quelques leucocytes.
Les parois vasculaires deviennent plus perméables aux fluides, ce qui explique la formation d'œdème au sein des tissus environnants.
Ensuite, les leucocytes s'accumulent discrètement dans l'épithélium de jonction.
- **La lésion précoce :**
A ce stade la lésion est encore réversible si le contrôle de plaque reprend.
Si le contrôle de plaque ne s'améliore pas, la lésion précoce est visible 4 à 7 jours (après l'envahissement bactérien sous-gingival observé au stade de la lésion initiale).
Les modifications histopathologiques qui surviennent lors de la lésion initiale s'accroissent.
En effet, on observe une accumulation des cellules lymphoïdes sous l'épithélium de jonction c'est à dire au niveau du tissu conjonctif gingival, des altérations cytologiques des fibroblastes, et une perte plus marquée des fibres de collagène supportant la gencive marginale.

- **La lésion établie :**

Cette lésion est typique de la gingivite chronique.

Elle apparaît après 2 semaines de contrôle de plaque déficiente.

Ce stade peut persister pendant de nombreuses années voire toute une vie.

En l'absence d'élimination de la plaque, la vasodilatation s'amplifie, l'infiltrat inflammatoire s'accroît, des plasmocytes apparaissent qui sécrètent des immunoglobulines.

La lyse collagénique, discrète au stade précédent, devient nette.

On assiste à une perte continue de la substance fondamentale.

L'épithélium sulculaire ainsi que l'épithélium de jonction prolifèrent (formant l'épithélium de poche) et des digitations épithéliales pénètrent dans le conjonctif lésé.

L'épithélium de jonction se détache de la dent. Le sillon qui était un espace virtuel devient réel. Cela favorise la migration apicale de la plaque.

L'épithélium étant très mince entre les digitations, et le conjonctif étant gorgé de capillaires du fait de l'inflammation, un saignement est observé lors du sondage.

- **La lésion avancée :**

A ce stade il s'agit de parodontite.

La vitesse d'apparition de ce stade est variable d'un individu à l'autre.

Le tableau histopathologique de la lésion établie s'accroît.

Mais on observe en plus une destruction de la crête alvéolaire.

Parallèlement, l'épithélium de jonction se sépare de la surface dentaire et se déplace en direction apicale, donnant naissance à la poche parodontale.

On assiste aussi à une perte continue du collagène sous-jacent, ainsi qu'à la fibrose du tissu conjonctif.

1.3.3 Les maladies parodontales : Classification

- De nombreuses classifications existent, celle issue du consensus de 1999 définit 3 types de gingivites et 4 grandes familles de parodontolyses (Armitage **(9)**) :
 - Les maladies gingivales induites par la plaque :
 - induites par la plaque seule
 - modifiées par des facteurs systémiques (endocriniens ou hématologiques), des traitements médicamenteux, ou la malnutrition
 - Les maladies gingivales non induites par la plaque (origine bactérienne, virale ou fongique, génétique, systémique, traumatique, réaction à corps étrangers,...)
 - Les maladies gingivales ulcéro-nécrotiques
 - Les parodontites chroniques
 - Les parodontites agressives
 - La parodontite ulcéro-nécrotique
 - Les expressions parodontales des maladies systémiques

1.3.3.1 Les gingivites

- La gingivite est une inflammation qui n'affecte que le parodonte superficiel, et épargne l'appareil d'attache et l'os sous-jacent.
- C'est une lésion réversible.
- Cliniquement, elle se traduit par une rougeur, un saignement et un œdème localisé. Elle ne s'accompagne pas de perte d'attache, ni de lyse osseuse.
- Elle est principalement due à l'accumulation de plaque bactérienne dans le sulcus gingival.

1.3.3.2 Les parodontites

- La parodontite est une inflammation qui affecte le parodonte superficiel et profond.
- C'est une lésion irréversible.
- Cliniquement, elle se traduit par une inflammation gingivale, des saignements, la formation d'une poche parodontale (due à la migration apicale de l'épithélium de jonction), et des mobilités dentaires (ou déplacement dentaires). Elle s'accompagne d'une perte d'attache, et d'une lyse osseuse (horizontale et/ou verticale).
- Les parodontites sont des maladies multifactorielles dues à la conjonction de bactéries pathogènes et d'une réponse inflammatoire modifiée. L'environnement spécifique et des facteurs liés à l'hôte déterminent la susceptibilité du sujet à développer une flore bactérienne pathogène, ainsi qu'une réponse inflammatoire destructrice.

1.3.3.3 Les autres étiologies des défauts parodontaux

- D'une manière générale, la sévérité de la destruction parodontale est corrélée à la quantité de plaque bactérienne, mais peut être accentuée localement par des facteurs aggravants tels que :
 - Une anatomie dentaire défavorable : perles d'émail, tronc radiculaire court, anatomie défavorable de la furcation, anomalies radiculaires, malposition dentaire, proximité radiculaire, encombrement
 - Une absence de contact interdentaire
 - Des restaurations dentaires iatrogènes
 - Des fêlures et/ou des fractures radiculaires
 - Des résorptions radiculaires
 - Des lésions endo-parodontales
 - Une anatomie muqueuse défavorable : absence de gencive kératinisée, freins, brides
 - Une occlusion traumatogène
 - Un traumatisme (blessure traumatique, traumatisme iatrogène, brossage traumatique,...)
 - Un comportement à risque (mauvaise hygiène bucco-dentaire, tabac, stress,...)
 - Un terrain défavorable (diabète, prédisposition génétique,...)

1.3.4 Conséquences thérapeutiques (178)

- Les cas souffrant de maladie parodontale sont les cas les plus difficiles à traiter pour le praticien car les dents antérieures sont souvent affectées par : la récession et un morphotype tissulaire fin, la perte papillaire, un profil gingival plat, des espaces interdentaires larges, la perte osseuse, des déplacements dentaires (comme l'égression ou la rotation), l'exposition de la surface radiculaire, des mobilités dentaires, des interférences occlusales...

1.3.5 Classifications des pertes tissulaires engendrées par la maladie parodontale

1.3.5.1 Classification de la récession gingivale

- A l'origine, Sullivan et Atkins ont classé les récessions gingivales en 4 catégories morphologiques : étroite et peu profonde, large et peu profonde, étroite et profonde, large et profonde **(237)**.
- Maynard et Wilson ont ensuite suggéré que la récession tissulaire marginale était un terme plus approprié que celui de récession gingivale, car les tissus marginaux peuvent aussi bien être composés de muqueuse alvéolaire que de gencive **(148)**. D'après la classification de Liu et Solt, la récession observée est mesurée entre la jonction cémento-amélaire et la marge des tissus mous. La récession cachée se réfère à la perte d'attache qui se situe apicalement à la limite des tissus mous, dans la poche **(135)**.
- Miller propose une autre classification basée sur les résultats thérapeutiques escomptés **(154)**.
 - **Classe I :**
La récession tissulaire marginale ne s'étend pas à la ligne de jonction mucogingivale. Il n'y a pas de perte tissulaire dans la zone interdentaire (pas perte osseuse ni de perte de tissus mous).
On peut prévoir un recouvrement radiculaire de 100%.
 - **Classe II :**
La récession tissulaire marginale s'étend jusqu'à ou au-delà de la ligne de jonction mucogingivale.
Il n'y a pas de perte tissulaire dans la zone interdentaire.
On peut prédire un recouvrement radiculaire de 100%.
 - **Classe III :**
La récession tissulaire marginale s'étend jusqu'à ou au-delà de la ligne de jonction mucogingivale.
Dans la zone interdentaire, on a une perte tissulaire osseuse ou de tissus mous. Une malposition dentaire empêche le recouvrement radiculaire à 100%, seul un recouvrement partiel peut être attendu.
 - **Classe IV :**
La récession tissulaire marginale s'étend jusqu'à ou au-delà de la ligne de jonction mucogingivale.
La perte tissulaire dans la zone interdentaire ou la malposition dentaire sont tellement sévères qu'aucun recouvrement radiculaire ne peut être attendu.

1.3.5.2 Classification de la perte des tissus interdentaires

- Le « triangle noir » a été décrit en détail et une classification a été établie par Nordland et Tarnow (**163**).
- Cette classification est basée sur 3 repères anatomiques :
 - Le point de contact interdentaire
 - Le point le plus apical de la jonction émail-cément (JEC), sur la face vestibulaire
 - Le point le plus cervical de la JEC, en interproximal
- **Papille normale** : La papille interdentaire emplit l'embrasure jusqu'à l'extrémité apicale de la surface ou du point de contact.
- **Classe I** : Le sommet de la papille se situe entre l'extrémité apicale du point de contact et le point le plus coronaire de la JEC interproximalement.
- **Classe II** : Le sommet de la papille se situe apicalement ou au niveau de la JEC interproximale, et coronairement au point le plus apical de la JEC vestibulaire.
- **Classe III** : Le sommet de la papille se situe au niveau ou apicalement au point le plus apical de la JEC vestibulaire.

1.3.5.3 Classification de la perte osseuse

- Goldman et Cohen ont classifié cette perte osseuse d'un point de vue morphologique selon le nombre de parois osseuses existantes. Les catégories suivantes ont été créées : Les lésions osseuses à 1, 2 ou 3 parois, ou une combinaison de ces types de lésions (**92**).
- **Lésions à 3 parois.**
 - La perte osseuse se situe autour de la racine, mais est entourée de 3 parois osseuses.
 - Cette lésion est aussi appelée lésion intra-osseuse.
 - Le nombre de ses parois lui donne un fort potentiel de réparation.
- **Lésions à 2 parois.**
 - La perte osseuse touche l'ensemble du septum, d'une paroi radiculaire à l'autre, mais les parois vestibulaires et linguales ou palatines existent encore.
 - Le potentiel de réparation osseuse est encore bon, car les composantes verticales permettent de maintenir le lambeau et sont suffisantes pour stabiliser le caillot.
- **Lésions à une paroi.**
 - Il ne reste plus que la paroi vestibulaire ou linguale ou palatine.
 - Les réservoirs cellulaires réparateurs sont limités, et les composantes verticales sont insuffisantes pour stabiliser le caillot. Le pronostic devient alors très aléatoire.
- En fait les lésions ne sont jamais bien individualisées, et il est possible de trouver sur la même dent plusieurs cas de figure.

1.4 Les tissus péri-implantaires

(5) (25)

- La différence essentielle entre les tissus péri-dentaires et péri-implantaires tient en leur comportement vis-à-vis de leur support respectif, et dans certains cas, à la structure histologique différente de leur attache.
- Les structures des tissus péri-implantaires sont similaires à celles du parodonte mais non identiques. Seules seront décrites ci-dessous les différences que comportent les tissus péri-implantaires avec les tissus péri-dentaires.

Différences anatomiques entre les tissus péri-dentaires et péri-implantaires

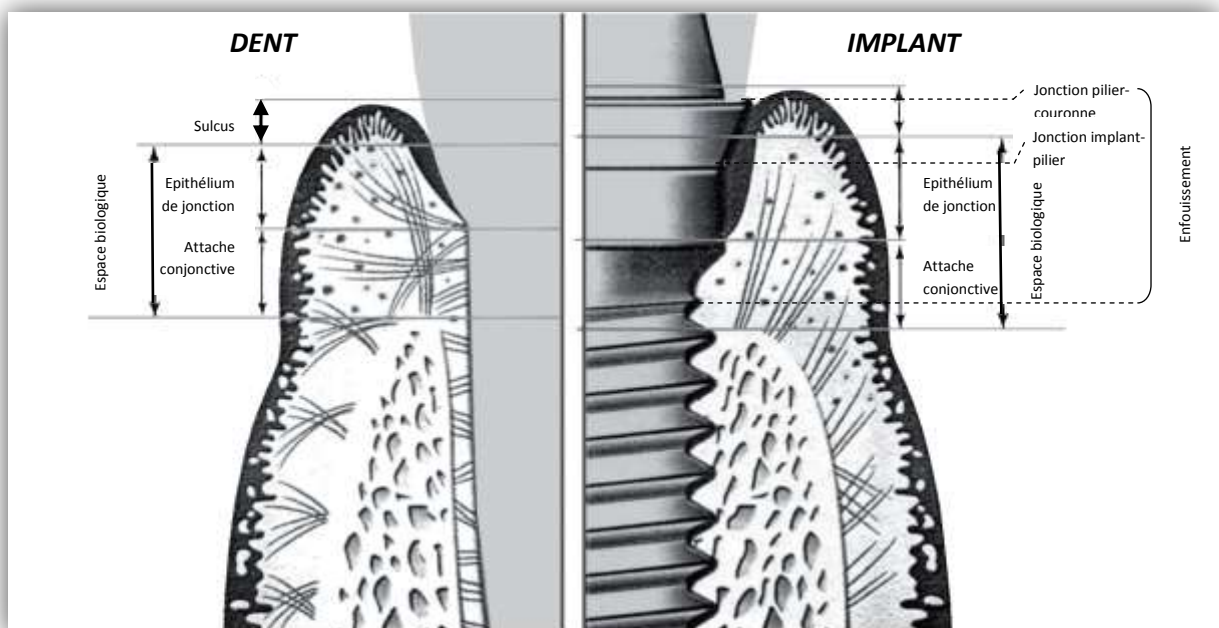


Fig. 5, d'après (22)

1.4.1.1 L'épithélium buccal

- Les tissus mous supra-dentaires et supra-implantaires sont très semblables. Ils sont constitués d'un épithélium buccal kératinisé qui atteint la crête gingivale et se prolonge en un épithélium intra-sulculaire et en un épithélium jonctionnel qui ne sont quant à eux pas kératinisés.

1.4.1.2 L'épithélium sulculaire

- L'épithélium sulculaire est une extension non kératinisée de l'épithélium buccal, avec lequel il est en continuité dans sa partie coronaire.
- Sa structure est similaire à celle de l'épithélium sulculaire parodontal.
- Son épaisseur diminue en direction apicale.
- La profondeur moyenne de sondage est de 2 mm, mais les mesures peuvent atteindre 3 à 4 mm sans témoigner d'une situation pathologique.

1.4.1.3 *L'attache épithéliale*

(26)

- L'épithélium de jonction est en contact étroit avec la surface implantaire, il assure la jonction entre le col implantaire et la partie interne du sulcus.
- Cette barrière biologique joue un rôle essentiel dans la pérennité de l'implant : elle établit un joint qui résiste au sondage doux sans provoquer de saignements.
- Sa hauteur est de l'ordre de 1 à 2 mm.
- Les cellules les plus apicales sont situées de 1 à 1.5 mm coronairement à la crête alvéolaire.
- Les cellules épithéliales ont la capacité d'adhérer aux biomatériaux inertes (titane, céramique) au moyen d'hémidesmosomes et d'une lame basale, comme au niveau de la surface dentaire.

1.4.1.4 *L'attache conjonctive*

(219) (134) (46)

- Un tissu conjonctif s'interpose toujours entre le sommet de la crête osseuse et la portion apicale de l'épithélium de jonction.
- L'épithélium jonctionnel s'arrêtant à 1 à 1.5 mm de la crête osseuse, cette dimension correspond à celle de l'attache conjonctive. Ceci sous-entend que le tissu conjonctif sous-jacent à l'épithélium jonctionnel est en contact direct avec la surface implantaire (dans le cas d'implant en deux étapes chirurgicales) ou avec le col de l'implant (dans le cas d'implant en une étape chirurgicale).
- Le tissu conjonctif est organisé en 2 zones :
 - Une couche interne dense et avasculaire de 50 à 100 µm. Elle contient des fibres à orientation circulaire disposées en collerette autour de l'implant. Elles participent au sceau de la jonction.
 - Une couche externe richement vascularisée (sa vascularisation dérive des vaisseaux périostés, car le ligament n'existant pas, aucune vascularisation ne peut en provenir). Elle possède des fibres parallèles à la surface implantaire et qui s'insèrent perpendiculairement dans le périoste de l'os crestal. En effet, la surface implantaire n'étant pas couverte de ciment, les fibres de collagène issues de la crête osseuse lui restent parallèles.
- La Surface de Collage du Tissu Conjonctif Supra-crestal (S.C.T.C.S.) évite la migration apicale des cellules épithéliales et assure la barrière biologique indispensable à la réussite de l'implant. La pseudo « fibro-intégration » pourrait être due à la non-reconnaissance par l'épithélium jonctionnel de la S.C.T.C.S à cause de la proximité intime du tissu conjonctif et de la surface de titane.

1.4.1.5 *L'os alvéolaire*

- Un implant endo-osseux ostéo-intégré est en contact intime avec le tissu osseux, sans interposition de quelque tissu que ce soit, mou ou non. Cette interface est appelée « ankylose fonctionnelle » par Brånemark et coll. (43).

2 LES ETAPES DU SUCCES IMPLANTAIRE

- Selon Palacci et coll. (176) et Borghetti et coll. (35), le succès du traitement prothétique implantaire dépend de 6 facteurs :
 - **L'analyse pré-implantaire**
 - **La chirurgie pré-implantaire d'augmentation**
 - **Le positionnement optimal et précis tridimensionnel de l'implant**
 - **L'axe implantaire compatible avec les options prothétiques**
 - **L'aménagement des tissus mous péri-implantaires** visant à obtenir des contours stables, esthétiques, harmonieux et festonnés, avec une épaisseur suffisante de gencive kératinisée tout en préservant l'intégrité des papilles
 - **La qualité de la restauration prothétique**
- Ces facteurs constituent les déterminants principaux de la réussite du projet implantaire.

2.1 Evolution et description des techniques implantaires

2.1.1 Evolution de l'implantologie

2.1.1.1 *Les débuts de l'implantologie moderne*

- Durant les 30 dernières années, la solution implantaire est devenue viable : Brånemark et coll. (42), Adell et coll. (3), Esposito et coll. (77).
- **Brånemark et l'école suédoise**
- Dans les années 60, les travaux de Brånemark sur l'ostéointégration d'implants ont posé les fondements de l'implantologie.
- Selon lui, l'objectif de l'implantologie est l'ostéointégration qu'il décrit comme étant une « jonction anatomique et fonctionnelle directe entre de l'os vivant remanié et la surface de l'implant mis en charge » à l'observation microscopique.
- L'essence de son succès clinique repose sur la fiabilité à long terme de l'implant malgré sa mise en fonction.
- De nombreuses études rapportent un très bon succès clinique.
- La première technique implantaire décrite par Brånemark est une technique en 2 temps chirurgicaux avec une insertion endo-osseuse de l'implant, dans laquelle l'implant est enfoui au moment de son insertion, c'est à dire recouvert de tissu mou (43).
- Le succès et le développement de la technique ont conduit à une grande diversité dans les types d'implants disponibles, que cela concerne leur forme ou leur manufacture. Ils sont classés selon leur position, leur matière, leur forme :
 - La position des implants peut être sub-périostée, trans-osseuse, ou endo-osseuse (la plus fréquemment utilisée).
 - Concernant leur matière, celle faisant l'unanimité est le titane, mais l'état de surface peut varier. En effet, il peut être lisse ou rugueux, et peut être recouvert d'une couche d'hydroxyapatite ou d'un spray de titane. Il existe un manque de consensus entre les cliniciens et les chercheurs concernant le design idéal de l'implant.

- Le principal sujet de discordance concerne comment l'implant gagne le soutien de l'os environnant. Un implant strié permet la mise en charge de l'os environnant en compression. A l'inverse un implant lisse et cylindrique obtient un meilleur soutien lorsque des forces de cisaillement sont appliquées sur l'os. Ces deux types d'implants possèdent la meilleure distribution du stress mécanique vers l'os environnant lorsque l'implant est mis en charge.

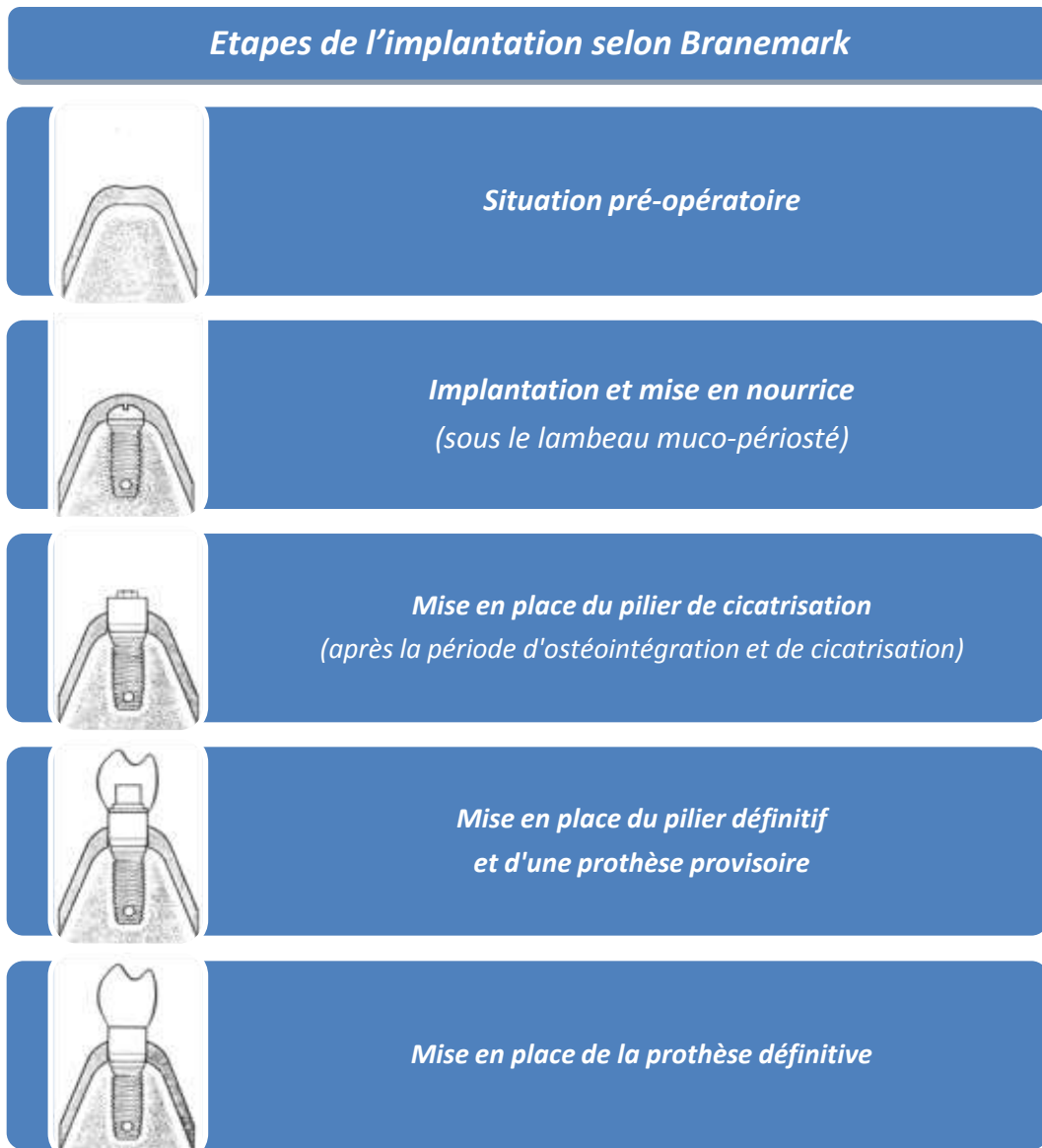


Fig. 6, d'après (39)

- **La technique en un temps chirurgical**
- Par la suite, une technique en 1 temps chirurgical a été décrite par Schroeder et coll., dans laquelle l'implant s'étend au delà de la crête osseuse et des tissus mous au moment de son insertion (218) (219). Mais comme pour la technique en deux temps chirurgicaux, la période de cicatrisation requise avant la mise en charge de l'implant est de 3 à 6 mois. Cette période de cicatrisation sans contrainte mécanique a été proposée pour permettre l'ostéointégration de l'implant.

- **La mise en charge immédiate**
- Plus récemment, Szmukler-Moncler et coll. rapportent la mise en charge immédiate, 72 h après l'implantation, chez le patient édenté à la mandibule **(238)**. Brånemark et coll. finissent eux-mêmes par remettre en cause leurs principes émis 30 ans auparavant **(41)**. A partir de l'année 2000, le nombre d'études, tant cliniques qu'expérimentales, sur la mise en charge immédiate explose.
- Les indications de la mise en charge immédiate de l'implant, au début limitées à la mandibule édentée, sont désormais étendues à toutes les situations cliniques d'édentement.
- Les taux de succès sont élevés et comparables à ceux obtenus avec des implants avec une mise en charge différée (Del Fabbro et coll. **(65)**).

2.1.1.2 **L'ostéointégration** **(63) (39) (29)**

- **Historique**
- En 1969, dans une étude animale chez le chien, Brånemark et coll., sont les premiers à défendre l'idée que la pérennité de l'implant dentaire passe par un contact direct, sans interposition fibreuse, entre l'os et l'implant **(40)**. En 1977, ils conçoivent un nouveau terme pour rendre compte de cette réalité : l'ostéointégration **(42)**.
- La définition actuelle de l'ostéointégration est « une jonction anatomique et fonctionnelle directe entre l'os vivant remanié et la surface de l'implant mis en charge ».
- Cette définition, à l'échelle du micron, se fonde sur des observations histologiques.
- Cliniquement, cette ankylose se traduit par une stabilité implantaire. La capacité d'ancrage d'un implant a été évaluée à 100 kg à la mandibule et 30 à 50 kg au maxillaire. Si l'on essaie d'extraire des implants, on peut conduire à fracturer l'os lui-même, mais pas au niveau de l'interface os-implant.
- Radiographiquement, elle se caractérise par une absence de zone radio-claire autour de l'implant, du fait de l'apposition osseuse directe qui s'y déroule.
- **La réponse osseuse à l'implantation**
- En 1986, Brånemark et coll., décrivent le modèle de réponse osseuse physiologique à l'implantation **(49)**. Selon eux, toute préparation chirurgicale, aussi atraumatique soit elle, ne peut empêcher la création d'une zone de nécrose périphérique à la zone de forage pouvant s'étendre sur 1 mm. La première étape de la cicatrisation consiste à éliminer ce tissu osseux nécrosé. Concomitamment, le caillot sanguin, situé dans les espaces libres entre l'implant et le tissu osseux, se calcifie. Un os immature comble alors ces espaces, il sera remanié en os lamellaire et haversien (entre 3 et 18 mois après l'implantation) selon les forces qui lui sont transmises et améliore ainsi ses propriétés mécaniques. Après 18 mois, une situation d'équilibre entre apposition et résorption à l'interface os-implant est observée.
- Si le traumatisme chirurgical ou si la force est appliquée trop vite ou de manière non contrôlée, il n'est pas possible de parvenir à l'ostéointégration. Il en résulte une cicatrisation sous la forme de tissu conjonctif fibreux.

Représentation schématique de l'ostéointégration

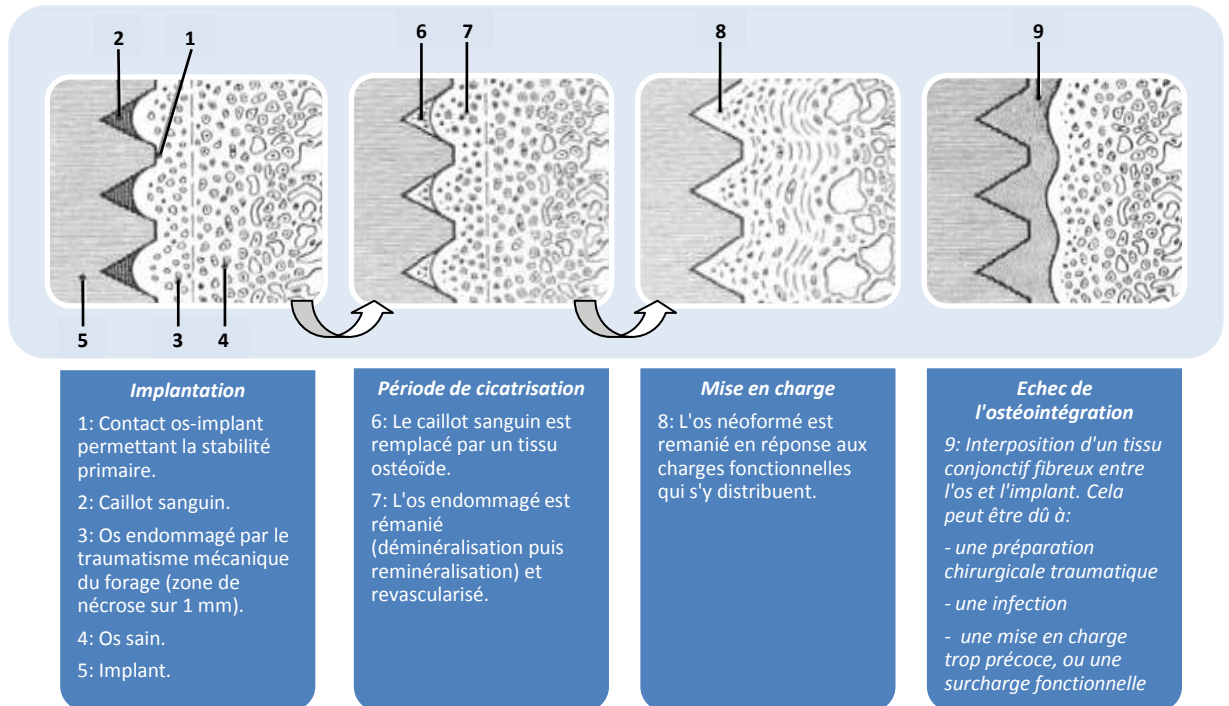


Fig. 7, d'après (39)

- **Les facteurs influençant l'ostéointégration**

- L'ostéointégration dépend de 6 facteurs, dont 3 sont déterminés par l'implant et les 3 autres par les conditions de sa mise en place :
 - **Le matériau de l'implant.** Seul le titane commercialement pur (TCP : titane avec moins de 0.25% d'impuretés) permet d'obtenir un ancrage à long terme. Il se recouvre instantanément d'une couche d'oxyde de titane qui assure ses propriétés biologiques.
 - **La forme de l'implant.** Que la forme implantaire soit cylindrique, conique ou cylindro-conique, elle doit être striée.
 - **L'état de surface de l'implant.** Les surfaces initialement issues de l'usinage de l'implant ont cédé la place à des surfaces ayant subi un traitement.
 - **La préparation du site osseux receveur.** Le souci majeur est de ne pas échauffer l'os lors de la préparation du site. D'après Eriksson et Albrektsson (75), il ne faut pas dépasser 47°C pendant 1 minute.
 - **La technique chirurgicale.** L'asepsie est primordiale.
 - **La mise en charge.** Les techniques de mise en charge immédiate sont fiables, mais il s'agit plutôt d'une restauration immédiate que d'une mise en charge immédiate, les forces s'exerçant sur l'implant devant être limitées (mise en sous-occlusion prothétique, orientation des contraintes dans l'axe implantaire, solidarisation des implants,...).

2.1.2 Les éléments constituant la restauration implanto-portée (29) (63)

2.1.2.1 La fixture

- Les fixtures disponibles sont nombreuses, pour pouvoir adopter un choix adapté à la situation clinique, il faut en connaître les variantes.

2.1.2.1.1 Le matériau

- Le matériau de choix pour obtenir l'ostéointégration est le TCP.

2.1.2.1.2 L'état de surface

- L'état de surface peut être usiné ou rugueux à la suite d'un traitement de surface.
- Le traitement de surface poursuit deux buts : l'un est de créer une rugosité de surface (par addition, par soustraction physique, par soustraction chimique), l'autre est de rendre la surface bioactive. Il favorise donc l'ostéointégration de l'implant.

2.1.2.1.3 La morphologie

- **Le corps de l'implant**
- Le corps de l'implant est la partie la plus étendue de l'implant. Elle est comprise entre le col et l'apex de l'implant.
- Quelque soit sa forme, elle sera striée (forme de vis).
- Les implants peuvent être cylindriques coniques ou cylindro-coniques.
- La forme conique favorise la stabilité primaire, alors que la forme cylindrique facilite la mise en place.
- **Le col de l'implant**
- Il constitue une zone de jonction, sa fonction étant d'organiser une transition harmonieuse entre les éléments adjacents.
- Normalement, cette partie est en contact avec les tissus mous, les tissus durs et la crête osseuse.
- Une surface usinée voire polie à longterm a été considérée comme étant la plus appropriée afin d'éviter la formation et l'accumulation de la plaque bactérienne. Cette approche est actuellement remise en cause et une certaine rugosité est tolérée.
- Le col peut être droit, évasé, large, intégrer le *platform-switching*, présenter les microspires, ou être transgingival (dans les cas de technique en 1 temps chirurgical).
- **L'apex de l'implant**
- L'apex est la partie terminale de l'implant, elle prolonge le corps implantaire.
- Elle peut être active (sécante, travaillante) ou arrondie.
- **La connexion implantaire**
- La connexion implantaire est usinée. C'est un emboîtement entre une pièce mâle et une pièce femelle qui connecte le pilier prothétique au corps implantaire endo-osseux.
- Lorsque la pièce femelle se situe au niveau du pilier prothétique, la connexion est dite externe. Quand elle se situe au niveau de l'implant, elle est dite interne.
- La connexion externe est hexagonale, la connexion interne peut présenter des formes diverses (cône morse, hexagone, polygone, ...)

2.1.2.1.4 Le diamètre

- Son choix dépend de critères cliniques.
- Il existe différents diamètres disponibles selon les fournisseurs. Le diamètre standard avoisine les 4 mm. Les implants de petit diamètre ont un diamètre inférieur, mais toutefois supérieur à 3 mm. Les implants de gros diamètre varient de 5 à 7 mm de diamètre.

2.1.2.2 *Le pilier prothétique*

2.1.2.2.1 Les piliers pour prothèse scellée

- Ils peuvent être usinés ou surcoulés
- Ils peuvent être en titane, en alliage précieux, en céramique ou en zircone.
- Ils peuvent être angulés (pour rattraper l'axe implantaire). Les piliers usinés peuvent être fraisés (en bouche ou au laboratoire).

2.1.2.2.2 Les piliers pour prothèse vissée

- Le pilier alors utilisé est un élément usiné en titane.
- Il permet un vissage de la prothèse implanto-portée.
- Il ne doit pas être modifié, il existe des piliers angulés.

2.1.2.3 *La couronne prothétique*

- La prothèse unitaire implanto-portée peut être scellée ou transvissée.
- La prothèse vissée sur implant est une restauration transvissée sur l'élément intermédiaire (pilier), lui-même vissé sur l'implant.
- La prothèse scellée sur implant est une restauration scellée sur l'élément intermédiaire lui-même transvissé sur l'implant.
- Les critères esthétiques de la restauration restent les mêmes que pour une restauration unitaire fixée classique.

2.1.3 Les différentes techniques implantaires constituant l'arsenal thérapeutique (63) (85) (86) (270)

2.1.3.1 Selon la technique chirurgicale

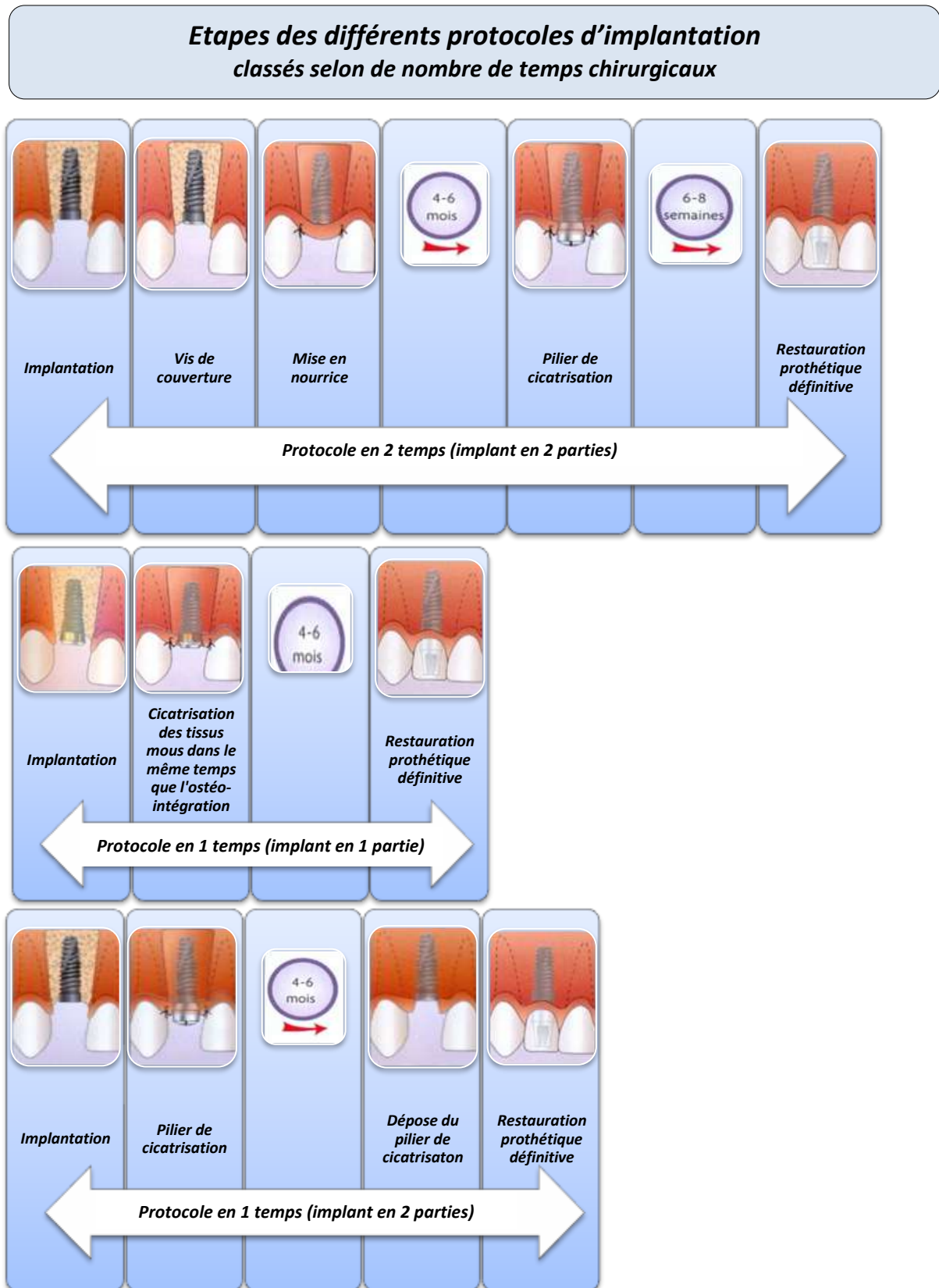


Fig. 8, d'après (63)

2.1.3.1.1 Technique enfouie, en deux temps chirurgicaux

- La technique initialement décrite par Brånemark afin d'obtenir des implants ostéo-intégrés se décompose en deux temps chirurgicaux.

Dans un premier temps l'implant est enfoui et recouvert d'une vis de couverture pendant la période de cicatrisation qui variera de 4 à 6 mois selon les besoins.

Le second temps consiste en la mise en place d'une vis de cicatrisation (après la découverte implantaire) afin de permettre un aménagement de la gencive autour de l'implant. Cela nécessitera 6 à 8 semaines à la suite desquelles le travail de restauration prothétique pourra débuter.

- La tendance actuelle est à la mise en charge de plus en plus précoce, et même dans certains cas à la mise en charge immédiate afin de réduire la durée de traitement.
- Sinon, une solution alternative est d'utiliser une technique en 2 temps mais en évitant d'utiliser des vis de cicatrisation qui généralement ne sont pas adaptées ni à l'anatomie dentaire, ni aux circonstances individuelles. Alors, en remplacement, mieux vaut placer une restauration provisoire le jour de la découverte qui permet une cicatrisation des tissus mous, guidée par la prothèse. Il est alors possible d'obtenir une architecture parodontale festonnée et qui maintient les tissus interdentaires **(164)**.

2.1.3.1.2 Technique non enfouie, en un temps chirurgical

- Le protocole en un temps chirurgical prévoit une cicatrisation simultanée du tissu osseux et de la gencive.
- La cicatrisation est transgingivale. Elle est donc ouverte sur la cavité buccale, et n'est pas à l'abri des forces exercées par la langue et les joues.
- Les techniques trans-muqueuses respectent les tissus car la découverte implantaire (préjudiciable aux tissus mous) n'est pas nécessaire **(164)**.
- Au terme de la cicatrisation osseuse, la vis de cicatrisation (pour un implant en une partie) ou le pilier de cicatrisation (pour un implant en deux parties) est dévissé pour entreprendre l'empreinte.
- Le protocole en 1 temps chirurgical est originellement réalisé avec des implants en une partie, cependant, il peut aussi s'appliquer à des implants en deux parties, posés en une séance chirurgicale.

2.1.3.2 Selon le délai entre l'extraction et l'implantation

- Lors du « *Third international team of implantology : consensus conference* » de 2003, une classification des diverses procédures de poses implantaires a été décrite **(99)** :
 - La procédure de type I correspond à l'implantation immédiate
 - La procédure de type II à l'implantation différée d'au moins 4 semaines
 - La procédure de type III à l'implantation différée 12 à 16 semaines après l'extraction
 - La procédure de type IV à l'implantation retardée à plus de 16 semaines après l'extraction

Ces procédures ont chacune des avantages et des inconvénients, ainsi que des indications différentes selon les facteurs anatomiques locaux, la présence d'infections, la disponibilité et le type des tissus mous et durs, l'esthétique, les exigences du patient.

2.1.3.2.1 L'implantation retardée

2.1.3.2.1.1 Description de la technique

- **L'implantation retardée** correspond au protocole initialement instauré par Brånemark en 1985 **(43)**.

L'implantation est réalisée au moins 3 mois après la perte dentaire (généralement, de 4 à 6 mois).

Evidemment, plus cette durée entre l'extraction et l'implantation est importante, plus la topographie osseuse peut potentiellement être modifiée, puisque l'os se résorbe en direction apicale et linguale. Toutefois chaque alvéole aura son propre schéma de résorption selon la configuration osseuse autour de la dent concernée et la localisation des zones de résorption primaire (qui sont les zones où les 2 corticales alvéolaires sont très proches avec peu ou même pas d'os spongieux interposé).

- Compte tenu du temps incombant à la cicatrisation avec cette technique, le clinicien doit être capable de placer l'implant et de recourir aux procédures d'augmentation osseuse nécessaires simultanément. Dans certains cas, il peut être nécessaire de réaliser la reconstruction osseuse avant la phase de chirurgie implantaire.

2.1.3.2.1.2 Avantages

- Même si la tendance actuelle est à l'implantation précoce, il reste tout de même des situations dans lesquelles il est préférable de recourir à l'implantation retardée. Elle représente la technique de choix lorsque le cas présente un contexte d'infection, de complication, ou lorsque l'adjonction de procédures telles que le *sinus lift* sont nécessaires.

2.1.3.2.1.3 Inconvénients

- L'implantation retardée pose le problème de la résorption de la crête alvéolaire qui est imprévisible, ce qui peut parfois compromettre les dimensions horizontales et verticales de la crête, et nécessiter des procédures chirurgicales supplémentaires (procédures chirurgicales d'augmentation des tissus durs et mous) qui allongent le traitement et augmentent son coût. Parfois même, un gros défaut osseux peut contre-indiquer la solution implantaire.

2.1.3.2.1.4 Classification des sites d'implantation retardée

- Pour les cas nécessitant une implantation retardée, Salama et Salama, Garber et Adar ont proposé une classification en 5 catégories **(211)**. La classification est basée sur l'anatomie du site implantaire receveur après l'extraction dentaire. La classification est non seulement à visée diagnostique mais aussi thérapeutique puisqu'elle indique les types de reconstructions nécessaires à une restauration implantaire esthétique ainsi que les types de techniques indiqués, et leur timing.
- **Classe I.**
Les tissus durs et mous sont symétriques dans toutes les directions, et ne présentent aucun changement apparent malgré la perte de la dent. Ils semblent être en harmonie et en équilibre avec les dents controlatérales dans les 3 dimensions.
Seule la gencive marginale libre nécessite d'être développée car les 3 mm de tissus supportés par la dent et/ou la restauration sont systématiquement perdus lorsque celle-ci est enlevée.

- **Classe II.**
La perte tissulaire concerne uniquement la direction vestibulo-linguale, ce qui crée une concavité du côté vestibulaire du site au lieu de l'habituelle proéminence radiculaire. Bien que la forme osseuse soit suffisante pour un placement et un soutien optimaux de l'implant, les tissus mous requièrent une augmentation lors du second stade chirurgical pour permettre une esthétique naturelle de la proéminence radiculaire et de la gencive marginale libre de l'interface gencive-restauration. Lors du second temps chirurgical, la technique du rouleau est utilisée pour déplacer vestibulairement les tissus palatins de sorte à augmenter la quantité tissulaire vestibulaire.
- **Classe III.**
La perte osseuse vestibulaire est exacerbée. Si l'insertion d'un implant dans l'os vestibulo-lingual résiduel reste possible, son placement ne permettra pas d'obtenir un résultat esthétique. Dans un tel cas, il est préférable d'un point de vue esthétique et fonctionnel de placer l'implant dans une position correcte dictée par la restauration. Il en résultera l'exposition de plusieurs spires implantaire qui nécessiteront une régénération osseuse à l'aide d'une membrane, malgré une bonne stabilité primaire. Sinon, afin de faciliter l'obtention d'une restauration esthétique, il est nécessaire de restaurer l'anatomie dans son ensemble (des tissus durs et mous).
- **Classe IV.**
Le processus de résorption reste horizontal, et il n'y a pas de perte osseuse verticale. Il n'est pas possible de placer un implant en l'état, l'épaisseur osseuse vestibulo-linguale étant insuffisante pour stabiliser la fixture. Le clinicien doit utiliser des techniques de régénération osseuse avant de placer l'implant.
- **Classe V.**
La perte osseuse est à la fois verticale et horizontale. Les procédures de reconstruction consisteront en une greffe osseuse en forme de T, et devront se tenir avant l'implantation de sorte à redévelopper la forme osseuse vestibulo-linguale et incisivo-apicale. Il sera aussi nécessaire de réaliser une augmentation des tissus mous pour améliorer l'esthétique de la restauration.
- Les classes I, II et III comprennent les cas où l'implantation et la régénération peuvent être réalisées simultanément. Les classes IV et V, nécessitent que ces étapes soient conduites séparément, d'abord la régénération osseuse puis l'implantation. L'augmentation des tissus mous est quant à elle réalisée après la découverte implantaire.

2.1.3.2.2 L'implantation différée

2.1.3.2.2.1 Description de la technique

(241)

- **L'implantation différée** (classe II et III) : dans cette approche imaginée par Tarnow et Fletcher (1993), la dent est extraite et 8 semaines (6 à 10 semaines) sont laissées à l'alvéole pour cicatriser et permettre la fermeture primaire des tissus mous.

2.1.3.2.2.2 Avantages

- Elle offre de nombreux avantages.
- Une résorption osseuse significative n'a pas encore eu lieu et la perte osseuse marginale peut être aisément gérée lors de la pose implantaire.
- La fermeture primaire peut être facilement obtenue après la pose implantaire (car du temps est laissé pour la cicatrisation des tissus mous recouvrant l'alvéole).
- Une infection préexistante a pu être éliminée, créant un environnement plus favorable à l'ostéointégration et à la cicatrisation des tissus mous.
- Le processus de cicatrisation est initié (les cellules ont été recrutées) ce qui favorise l'ostéointégration implantaire.

2.1.3.2.2.3 Inconvénients

- La période de cicatrisation allonge la durée de traitement.
- Des procédures de régénération osseuse guidée sont souvent nécessaires lors de la pose de l'implant.
- La cicatrisation de l'alvéole n'est pas toujours suffisante pour permettre la stabilité primaire de l'implant
- Une infection préexistante n'a pas toujours pu se résorber.
- Une résorption osseuse peut potentiellement survenir malgré la courte période de cicatrisation.

2.1.3.2.3 L'implantation immédiate

2.1.3.2.3.1 Description de la technique

(19) (126) (127) (171) (217) (215) (222)

- Cette technique a été introduite par Barzilay et coll. **(19)** et Lazarra **(126)**.
- L'implantation immédiate (procédure de type I) est réalisée immédiatement après l'extraction. L'implant est laissé en nourrice et déchargé de toute contrainte mécanique pour permettre son ostéointégration. Cette période est suivie des procédures habituelles du deuxième temps chirurgical, puis de la restauration prothétique finale.
- Il a été démontré cliniquement que pour ce type de procédure, le taux de succès est identique qu'avec les autres techniques (99.3% à 100%).
- L'objectif est d'obtenir une stabilisation apicale de l'implant et de maintenir un vide circonferentiel entre l'implant et les murs alvéolaires lequel sera comblé en condensant de l'os minéral poreux et stabilisé par la formation d'un caillot sanguin dans la zone.

- **Protocole d'implantation immédiate : (127) (171)**

Une évaluation radiologique doit déterminer s'il existe une quantité d'os suffisante coronairement au nerf alvéolaire inférieur ainsi qu'au sinus maxillaire pour permettre la stabilisation implantaire. De façon générale, 3 à 4mm d'os doivent exister entre l'apex radiculaire et ces structures anatomiques pour permettre la stabilisation primaire implantaire qui est nécessaire à une ostéointégration et une régénération réussies. La première étape de la technique est l'extraction dentaire atraumatique. Après le curetage alvéolaire afin d'éliminer le tissu de granulation, le site implantaire est préparé de façon conventionnelle à l'aide de forets implantaires de diamètres croissants. Une grande attention doit être portée au positionnement implantaire, puisque le résultat prothétique final en dépend.

Parfois, les modifications de l'alvéole sont nécessaires :

- Au niveau du maxillaire antérieur cela consiste en un placement plus palatin de l'implant ce qui nécessite une réduction du mur alvéolaire palatin
- Pour les zones où se trouvent des dents pluri-radiculées une réduction ou une élimination du septum inter-radiculaire peut être nécessaire
- Pour les mono-radiculées maxillaires il est souvent nécessaire de modifier le mur alvéolaire mésial afin de développer un point de départ pour un forage adéquat permettant le bon positionnement implantaire.

Après la préparation du site extractionnel et lors du forage implantaire, l'implant doit être placé au-delà de la zone apicale de l'alvéole, afin de permettre une stabilisation implantaire suffisante. De plus, la partie apicale de la fixture doit être placée autant que possible dans de l'os cortical afin de permettre la stabilité immédiate de l'implant. Aussi la fixture est placée dans l'alvéole de sorte à ce que la plus grande surface implantaire soit en contact direct avec l'os.

Enfin, la partie la plus coronaire de l'implant doit se situer à 2 mm apicalement à la crête osseuse environnante.

Après la mise en place de la fixture, la partie marginale de l'alvéole peut être plus large que la partie coronaire de l'implant. Dans cet espace, des substituts osseux seront foulés afin d'établir un contact intime entre le tissu osseux et la surface en titane. Les greffes osseuses seront préférentiellement prélevées au niveau des procès alvéolaires adjacents et manipulées à l'aide d'instruments en titane.

Après la mise en place de vis de couverture, les lambeaux sont méticuleusement manipulés, repositionnés et adaptés à l'aide de sutures matelassées interrompues, atraumatiques.

En post opératoire, 2g de pénicilline, 2 fois par jour pendant 5 à 7 jours sont prescrits, ainsi que des antalgiques si nécessaire.

Les sutures sont retirées 7 à 10 jours après l'intervention.

La mise en place du pilier prothétique est réalisée après 5 à 6 mois de cicatrisation. Pour cela, de petits lambeaux sont levés afin d'accéder à la vis de couverture et de la retirer, le pilier prothétique peut alors être mis en place. Pour cette procédure, un contre-angle est utilisé afin de contrôler les forces appliquées au centre de la vis centrale et d'éviter la rotation de la fixture. Les lambeaux sont ensuite adaptés au pilier prothétique et suturés dans cette position. Une couronne provisoire est scellée au pilier prothétique.

Lors du contrôle de l'inflammation 7 à 10 jours après, les sutures sont retirées, et après une autre période de 4 à 7 jours, la procédure prothétique définitive peut être initiée.

2.1.3.2.3.2 Indications

- L'extraction implantation immédiate est indiquée lorsque l'alvéole est intacte et que les tissus durs et mous sont sains et indemnes de toute pathologie.
- Un saignement vigoureux lors de l'extraction dentaire indique un potentiel de régénération excellent.

2.1.3.2.3.3 Contre-indications

- L'implantation immédiate est contre-indiquée en cas de :
 - Foyers infectieux actifs (chemin fistulaire, suppuration,...)
 - Défaut osseux important empêchant l'insertion de l'implant dans une position idéale ou la stabilité implantaire
 - Défaut des tissus mous empêchant l'obtention d'un résultat final esthétique.

2.1.3.2.3.4 Avantages

- Diminution de la durée globale de traitement puisque les processus de régénération et d'ostéointégration sont combinés.
- Résorption osseuse minimale durant la phase de cicatrisation puisque les implants qui sont insérés immédiatement participent à la préservation de la largeur et de la hauteur de la crête alvéolaire. Les tissus mous sont par conséquent aussi préservés.
- Mise en place d'implants plus longs et dans une position idéale, ce qui contribue à diminuer la résorption osseuse potentielle.
- La stimulation osseuse fonctionnelle diminue aussi la perte tissulaire au cours du remodelage, et permet de conserver la trabéculatation osseuse et la densité capillaire.
- Utilisation du potentiel de réparation du site d'extraction. L'ostéointégration est améliorée du fait de l'utilisation du potentiel de cicatrisation de l'alvéole fraîche.

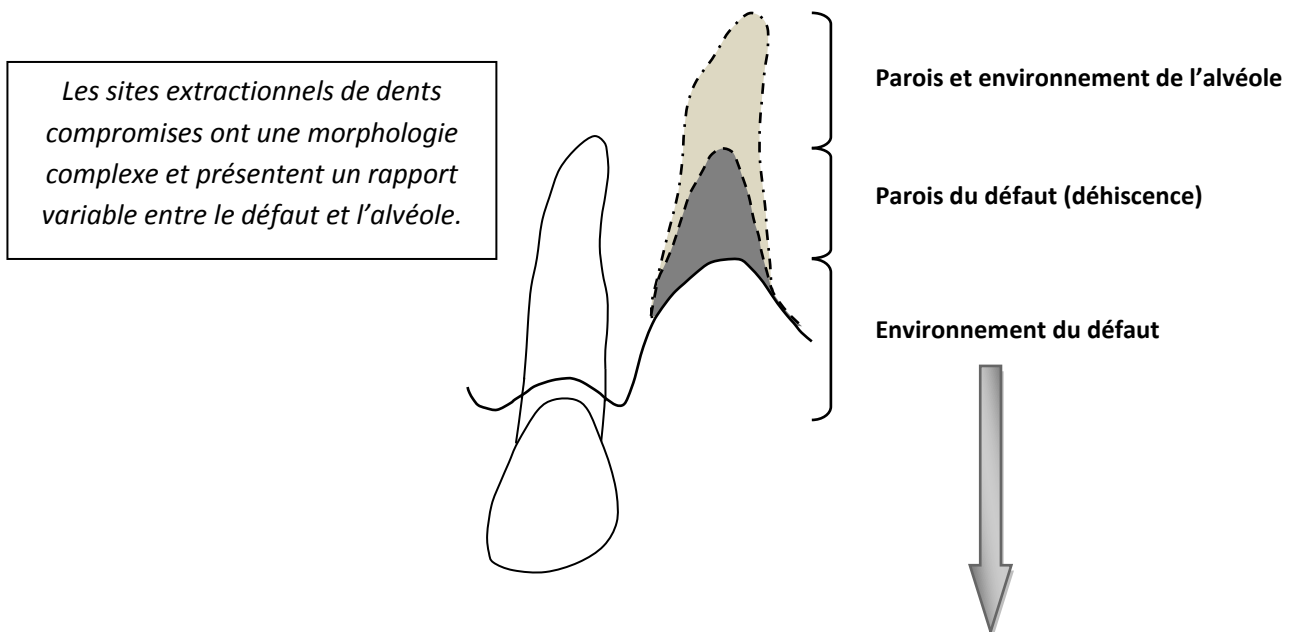
2.1.3.2.3.5 Inconvénients

- Pour le praticien, il est plus difficile de forer dans une alvéole fraîche
- La fermeture primaire du site est elle aussi plus difficile à obtenir. En effet, afin d'obtenir une fermeture primaire, les lambeaux doivent être déplacés de façon importante avec les complications que cela peut impliquer.
- Risque d'instabilité de l'implant du fait de la différence entre le diamètre implantaire et celui de l'alvéole dans le tiers alvéolaire coronaire. Il peut être nécessaire de recourir à des comblements osseux ou à la mise en place d'une membrane de régénération osseuse guidée.
- Même si ce procédé est un succès clinique en apparence, il existe en réalité peu de recul clinique à long terme ou d'études histologiques le concernant.

2.1.3.2.3.6 Classification des sites extractionnels d'implantation immédiate (210)

- Salama et Salama ont proposé une classification des sites extractionnels d'implantation immédiate.
- Les sites de la future extraction se caractérisent par l'alvéole et son environnement (à l'extrémité apicale), ainsi que par un défaut extractionnel (à la partie coronaire).
- Les critères de traitement de ces sites compromis seront discutés en fonction de la sévérité du défaut résiduel.

- Le système de classification tient compte de la morphologie du défaut résiduel et du potentiel de régénération du site de l'extraction. Il est comparable à celui qui sert, en parodontie, à classer les défauts infra-osseux.
 - Le potentiel régénérateur d'un site d'extraction peut se rapporter au nombre de parois osseuses restantes. Ainsi, une alvéole se définit par les 4 parois qui la constituent et a, dans ce cas où elles sont toutes présentes, le meilleur potentiel régénérateur. Un défaut extractionnel se caractérisera par un nombre inférieur de parois (3 ou moins) donc par un potentiel de régénération diminué autour du futur implant.
 - Les futurs sites d'extraction peuvent être très différents. Il y a une multitude de proportions possibles entre l'alvéole et le défaut. Le degré selon lequel l'un l'emporte sur l'autre est un facteur déterminant du choix de la meilleure forme de traitement.
 - Un autre facteur important est la quantité d'os cortical qu'il reste, en particulier dans la région antérieure à cause des exigences esthétiques.



Le diagnostic précédant l'extraction dépend de l'étendue et des dimensions de l'environnement défectueux le long de la surface radiculaire.

Classification des défauts extractionnels selon Salama et Salama

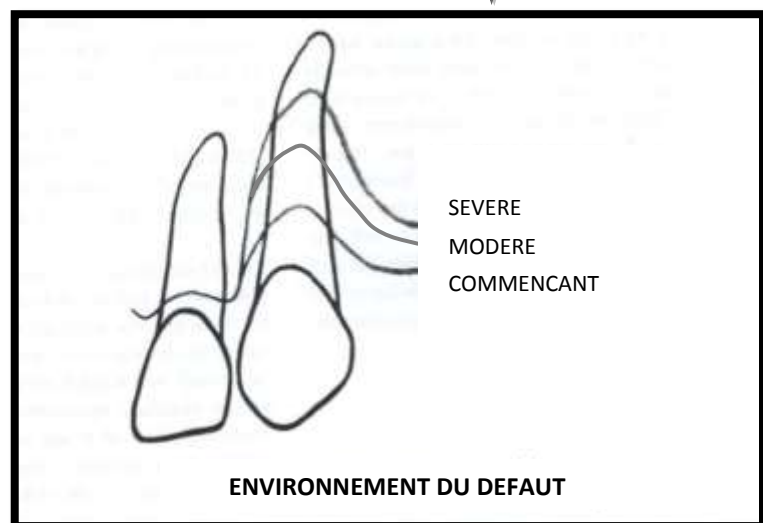


Fig. 9, d'après (210)

- **Site extractionnel de type 1.**
- Il s'agit d'un défaut commençant, avec un bon potentiel de régénération et un pronostic esthétique acceptable.
- Il se caractérise par :
 - Une alvéole qui conserve 4 ou 3 parois
 - Une déhiscence au stade initial. Les septums osseux se situent au tiers coronaire de la racine à extraire. La perte osseuse post-extractionnelle peut potentiellement aller jusqu'à 5 mm dans le sens vertical.
 - Suffisamment d'os disponible (4 à 6 mm) au-delà de l'apex pour l'ancrage et la stabilisation de l'implant.
 - Un mur alvéolaire palatin mesure plus de 3 mm dans le sens vestibulo-lingual.
 - Une configuration crestale de l'os harmonieuse, permettant un décalage de 3 à 5 mm entre la tête de l'implant et le collet des dents adjacentes. Cet écart permet de développer un profil d'émergence idéal.
 - Une table corticale vestibulaire convenable, et une récession (au niveau de la dent à extraire) traitable.
- En définitive, les sites d'extraction de type 1 (comme ceux observés au niveau de racines fracturées) se prêtent le mieux à la pose immédiate d'implants en appliquant les principes de la RTG.
- L'implantation immédiate est possible sans incision ni levée de lambeau, mais dans le cas de parodonte fin, elle doit être combinée à une greffe de conjonctif combinée ou différée.
- **Site extractionnel de type 2.**
- L'environnement du site est modérément atteint du point de vue de l'esthétique.
- Il se caractérise par :
 - Un défaut modéré qui s'étend jusqu'au tiers médian de la racine sous forme d'une déhiscence de plus de 5 mm.
 - Un mur alvéolaire palatin mesurant plus de 3 mm dans le sens vestibulo-lingual.
 - Un décalage entre les crêtes osseuses de l'alvéole et le collet des dents adjacentes plus important (plus de 5 mm).
 - Une lyse de l'os cortical sous-jacent modérée et une récession gingivale assez marquée.
- Cela peut être gênant dans le secteur antérieur en particulier si le patient présente une ligne du sourire haute.
- Les solutions thérapeutiques sont les suivantes :
 - L'implantation immédiate (si le défaut alvéolaire permet tout de même une stabilisation primaire suffisante) peut être réalisée simultanément à une régénération osseuse guidée pour régénérer les structures osseuses du défaut alvéolaire. On peut aussi y associer une greffe de tissu conjonctif.
 - L'augmentation de l'alvéole grâce à l'égression orthodontique, pour transformer le site extractionnel de type 2 en site de type 1, pour lequel l'implantation immédiate est possible.
 - L'implantation peut être différée après une augmentation alvéolaire préalable.

- **Site extractionnel de type 3.**
- Il s'agit d'un environnement sévèrement compromis, pour lequel l'option d'une implantation immédiate est exclue.
 - Il y a des défauts périphériques et anguleux.
 - Les dimensions de l'os dans le sens vertical et dans le sens vestibulo-lingual ne sont pas favorables à la pose immédiate et à la stabilisation d'un implant.
 - La lyse de la corticale vestibulaire ainsi que la récession gingivale sont importantes.
- La thérapeutique de choix est une approche différée. Celle-ci comprend une augmentation, dans les 3 dimensions, de l'os et des tissus mous de la crête déficiente, suivie du positionnement optimal de l'implant. L'implantation immédiate est donc contre-indiquée (insuffisance de stabilité primaire, impossibilité de placer idéalement l'implant).

CLASSIFICATION DES IMPLANTATIONS IMMEDIATES EN FONCTION DE LA CLASSE DU SITE D'IMPLANTATION				
Classe	Os vestibulaire	Technique d'implantation viable	Résultat escompté de l'implantation immédiate	Indication de l'implantation immédiate
Classe 1	Intact	<u>En cas de parodontie épais :</u> Implantation immédiate sans réclinaison de lambeau <u>En cas de parodontie fin :</u> Implantation immédiate combinée à une greffe tissulaire simultanée ou différée	<u>En cas de parodontie épais :</u> Optimal <u>En cas de parodontie fin :</u> Bon	Oui
Classe 2	Déficient mais implantation immédiate possible	Implantation immédiate combinée à une ROG et une greffe tissulaire (simultanée ou différée) OU Implantation immédiate après une égression de la racine à remplacer	Acceptable	Limitée
Classe 3	Déficient ne permettant pas l'implantation immédiate	Implantation différée	Inacceptable	Non

Fig. 10, d'après (83)

2.1.3.3 Selon le délai de mise en charge (1) (57) (63)

- On parle de mise en charge précoce lorsqu'elle est réalisée dans un délai inférieur à celui préconisé par Brånemark (3 mois à la mandibule et 6 mois au maxillaire).
- Les différents types de mise en charge sont classés comme suit :
 - La mise en charge immédiate se fait dans un délai de 48-72 heures
 - La mise en charge précoce se fait entre 48-72 heures et 3 mois
 - La mise en charge différée, qui est le protocole standard, se fait au bout de 3 mois ou plus

- Cette classification n'est pas suffisante d'un point de vue biologique. En effet, 3 à 4 jours après l'implantation, l'interface os-implant n'est pas comparable à celle obtenue au bout de 6 à 8 semaines. En effet, les réactions d'apposition osseuse à l'interface n'ont pas débuté, et la stabilité clinique des implants est obtenue uniquement par rétention mécanique (1).
 De 6 à 8 semaines après la pose de l'implant, l'ostéointégration est obtenue à l'interface et participe à la stabilité secondaire des implants avec la rétention mécanique. C'est pour cela que Cooper et coll., définissent une catégorie supplémentaire appelée mise en charge rapide ou mise en charge immédiate différée, entre les protocoles de mise en charge immédiate et précoce (57).

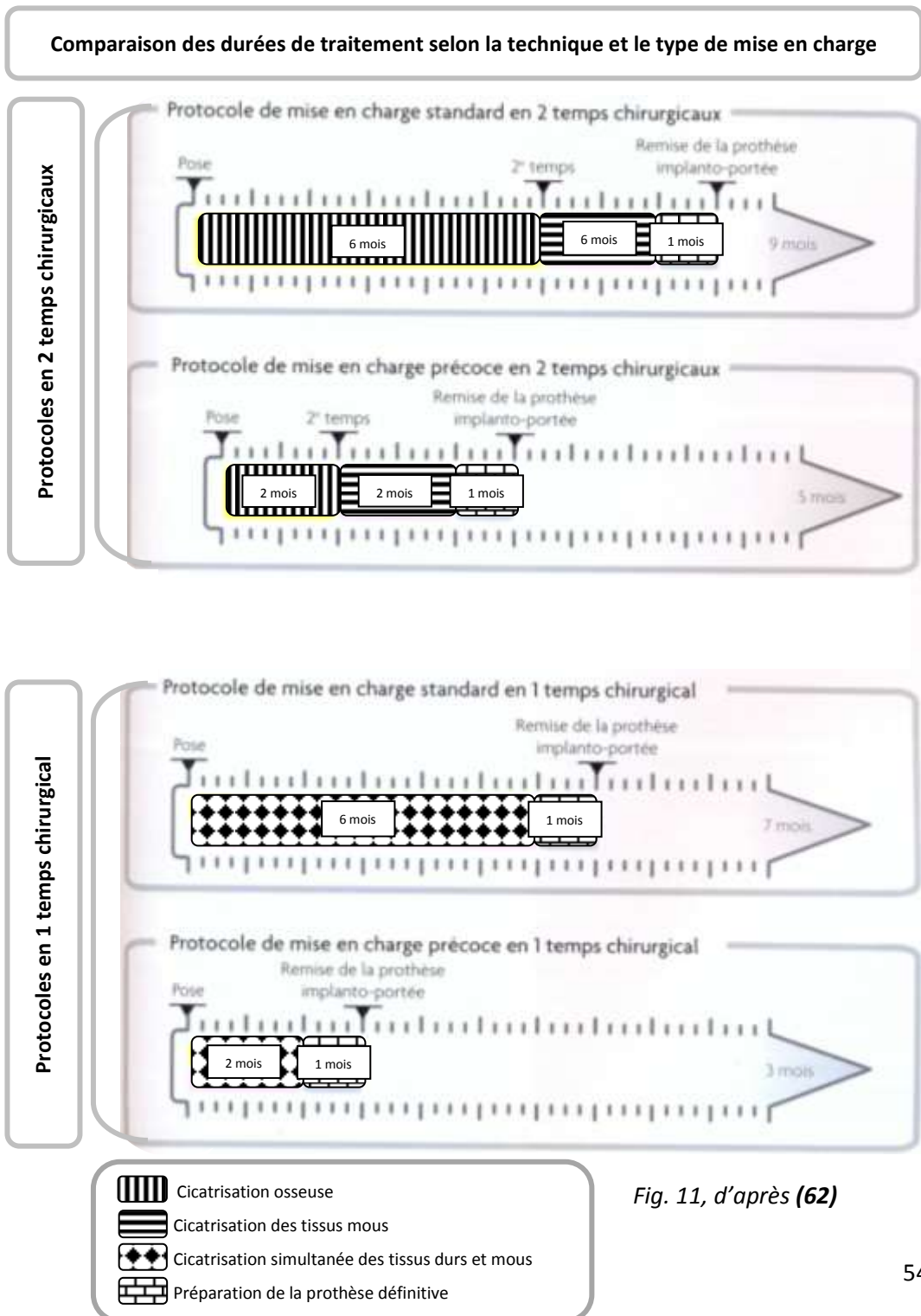


Fig. 11, d'après (62)

2.2 Le plan de traitement prothétique implantaire

2.2.1 Indications et contre-indications implantaires (29) (83) (217)

2.2.1.1 Indications

- **Indications de l'extraction**
- Une dent peut être diagnostiquée comme non récupérable pour les raisons suivantes :
 - échec endodontique
 - résorption radiculaire interne et/ou externe
 - caries étendues sous la crête osseuse
 - fracture radiculaire ou traumatisme dentaire sans perte osseuse associée
 - échec de restauration par des moyens thérapeutiques classiques
 - maladie parodontale avancée sans possibilité de traitement parodontal efficace
- L'implant n'est indiqué qu'à condition que le support osseux soit suffisant à la stabilisation implantaire et que les tissus mous soient intacts afin d'obtenir un résultat esthétique.
- **Indications de la restauration implantaire unitaire**
- Les situations dans lesquelles les restaurations implanto-portées unitaires sont une option thérapeutique de choix comprennent :
 - les zones édentées bordées par des dents non restaurées
 - les zones édentées bordées par des dents correctement restaurées
 - les dentitions comprenant des diastèmes
 - l'édentement postérieur

2.2.1.2 Contre-indications

- L'évaluation du patient est indispensable avant d'engager le traitement, il s'agit de rechercher tout élément qui contre indiquerait le traitement implantaire. Un questionnaire détaillé doit être complété afin de connaître l'état de santé général du patient. Les facteurs de risque tels que le diabète, le tabac, l'histoire dentaire (anamnèse dentaire) doivent être recherchés.
- **Contre-indications absolues**
- Une pathologie est considérée comme une contre-indication absolue lorsque la pose d'implants peut constituer un risque vital ou induire un échec systématique de l'implantation (échec de l'ostéointégration).
- Les pathologies contre-indiquant l'implantation sont :
 - Le rhumatisme articulaire aigu
 - L'hyperparathyroïdie
 - La thalassémie majeure ou la drépanocytose
 - La neutropénie sévère, la leucémie aigue, ou une néoplasie évolutive
 - Le risque d'endocardite infectieuse
 - Les patients greffés sous immunosuppresseurs au long cours
 - Les patients sous immunosuppresseurs ou chimiothérapie
 - Le sida (CD4<200 mm²)
 - L'insuffisance cardiaque sévère ou les arythmies sévères
 - Les patients présentant une contre-indication absolue à la chirurgie en général

- Les patients irradiés au niveau de la sphère oro-faciale (cela commence toutefois à être remis en cause par certaines équipes spécialisées en cancérologie qui implantent selon un protocole particulier afin de stabiliser les reconstructions prothétiques après la reconstruction des maxillaires)
- Les patients sous bisphosphonates en raison du risque d'ostéoradionécrose
- **Contre-indications relatives**
- L'implantation présente une contre-indication relative à partir du moment où la décision de ne pas implanter est réversible et temporaire.
- Les contre-indications relatives sont :
 - Le diabète non contrôlé
 - L'angine de poitrine instable
 - L'infarctus du myocarde de moins de 6 mois
 - L'alcoolisme (surveiller les γ -GT)
 - Le tabagisme (Bain et Moy, 1993, préconisent un protocole d'arrêt du tabac 1 semaine avant la chirurgie et pendant les 2 mois qui la suivent)
 - Patient jeune dont la croissance alvéolaire n'est pas complète (elle se poursuit quelques années après l'arrêt de la croissance staturale)
 - Les patients psychologiquement instables

2.2.2 Chronologie du plan de traitement implantaire (83)

- En plus de la planification tridimensionnelle de la mise en place de l'implant, afin d'optimiser l'implantation il faut considérer une quatrième dimension : la chronologie des séquences thérapeutiques. Ce composant supplémentaire du plan de traitement incorpore la chronologie optimale des étapes :
 - L'extraction de la dent
 - La préservation ou l'amélioration des tissus durs et mous
 - La mise en place de l'implant
 - La connexion du pilier
 - Le modelage des tissus avec un pilier provisoire ou modifié
 - La restauration définitive.

La prévision de ces séquences selon une chronologie prédéterminée, diminue le nombre potentiel d'interventions chirurgicales/prothétiques, réduisant la durée du traitement et améliorant la prévisibilité du résultat esthétique.

Le nouveau concept 4D de planification d'un traitement implantaire fait intervenir le temps qui doit être inclus à la gestion traditionnelle spatiale 3D du positionnement de l'implant.

2.3 Analyse pré-implantaire et choix du concept implanto-prothétique

(22) (63) (217)

- L'analyse pré-implantaire comprend une **évaluation générale du patient** et une **évaluation du site implantaire**.

2.3.1 L'évaluation générale du patient

2.3.1.1 *L'anamnèse générale ou histoire médicale*

- Elle permet d'obtenir des renseignements sur l'état systémique du patient afin de prévenir les complications lors du traitement.

Les contre-indications absolues ou relatives à l'implantation sont recherchées.

Les diabètes non contrôlés ou les traitements au long cours avec des corticostéroïdes peuvent altérer le potentiel de cicatrisation et compliquer le résultat chirurgical.

Le tabac est un facteur qui peut affecter à la fois l'ostéointégration et la cicatrisation des tissus mous.

2.3.1.2 *L'anamnèse locale*

- La raison de la perte dentaire doit être recherchée lors de la phase préopératoire. Puisqu'un grand nombre de causes peuvent être responsables de la perte d'une dent, la compréhension de son étiologie permet au praticien d'anticiper et d'éviter certains obstacles qui pourraient être rencontrés.
- L'agénésie, les échecs endodontiques, et les fractures radiculaires bien que capables de créer des perforations de la corticale vestibulaire n'affectent généralement pas la hauteur de l'os interproximal. Au contraire, la perte de nombreuses dents adjacentes, les défauts parodontaux ont souvent tendance à provoquer la perte de l'os interproximal, ce qui compromet la fondation de la papille interdentaire.
- Quelque soit la raison de la perte dentaire, rares sont ces crêtes édentées sans défaut en épaisseur ou en hauteur de crête, sans diminution de la hauteur papillaire, et sans défaut d'épaisseur de la gencive sus-jacente.

2.3.1.3 *L'examen exobuccal*

- Il comprend l'évaluation :
 - Des articulations temporo-mandibulaires (ATM) et de l'ouverture buccale
 - Des parties molles de la face et du cou (inspection et palpation)
 - De la symétrie faciale par rapport aux plans vertical (glabellle-pointe du nez-milieu du philtrum-milieu du menton) et horizontal (parallélisme des lignes bi-pupillaire et bi-commissurale)
 - Du profil (normal, concave, convexe), du soutien des lèvres
 - De l'harmonie des étages de la face. La face peut être divisée en 3 parties égales. L'étage supérieur est compris entre la ligne d'implantation des cheveux et celle des sourcils. L'étage moyen est compris entre la ligne sourcilière et la ligne inter-ailaire du nez. L'étage inférieur est compris entre la ligne inter-ailaire et la pointe du menton. L'étage inférieur est lui-même séparé par la ligne bi-commissurale qui partage cet étage selon un rapport 1/3-2/3.
 - De la dimension verticale. Elle correspond à la dimension de l'étage inférieur en occlusion (DVO). Tout affaissement de la DVO doit être corrigé afin de rétablir l'harmonie

des différents étages de la face, la tonicité musculaire ainsi que la forme générale du visage.

- De la morphologie des lèvres (épaisses/moyennes/fines, recherche de lésions des versants cutanés ou muqueux).
- De la ligne du sourire. Elle peut être haute (plus de 3 mm de gencive maxillaire sont découverts lors du sourire), normale (les dents maxillaires et 1 mm de gencive sont découverts lors du sourire), ou basse.

2.3.1.4 L'examen dentaire

- Il doit rechercher des foyers infectieux actifs qu'il s'agisse de caries, de lésions endodontiques ou parodontales. Tous les sites infectieux doivent être traités avant la mise en place de l'implant.
- L'occlusion est évaluée sur un modèle diagnostique (modèle d'étude en plâtre).
- La documentation peut être complétée par des examens radiologiques ainsi que par un wax-up du site reconstruit.

2.3.2 Evaluation du site implantaire

- Des considérations cliniques, anatomiques, chirurgicales et prothétiques guident le praticien dans son analyse pré-implantaire et dans le choix du concept prothétique.

2.3.2.1 Considérations cliniques et anatomiques

2.3.2.1.1 La zone esthétique

- **Le périmètre labial délimite la zone esthétique.**
La quantité de surface dentaire et de gencive découvertes en parlant et en souriant est déterminée par le tonus des muscles oro-faciaux car il influence le mouvement de la lèvre supérieure.
- **L'évaluation de la zone esthétique** concerne les dents restantes, l'architecture et l'harmonie gingivale, la symétrie ; toute déviation doit être corrigée préalablement.
- **L'évaluation de la ligne du sourire** recherche si l'interface gencive/restauration implanto-portée appartient à la zone esthétique ou à celle cachée par la lèvre.
En moyenne, au sourire, la lèvre découvre 75% à 100% de l'incisive centrale et de la gencive interdentaire, et parfois même jusqu'à 1 mm de gencive au-delà de l'incisive.
La ligne du sourire peut être basse, moyenne ou haute.
Une ligne du sourire haute complique les restaurations unitaires dans les zones esthétiques. En effet, la restauration et la gencive sont alors complètement découvertes et par conséquent l'aspect des tissus mous, la couleur et la forme de la restauration doivent être parfaitement reproduites afin de contenter le patient.

2.3.2.1.2 Le type d'édentement

- Selon la classification de Kennedy-Applegate, l'édentement peut être répertorié en 4 classes principales directement régies par la biomécanique :
 - *Classe 1* : correspond à l'édentement bilatéral postérieur, elle présente une absence de calage postérieur
 - *Classe 2* : correspond à l'édentement unilatéral postérieur, elle présente une absence de calage postérieur
 - *Classe 3* : correspond à l'édentement encastré postérieur, elle se caractérise par la présence de calage antérieur et postérieur, si l'édentement est de petite étendue c'est le cas le plus favorable d'un point de vue biomécanique
 - *Classe 4* : correspond à l'édentement encastré antérieur, elle se caractérise par un calage postérieur et une absence de calage antérieur
 - L'édentement peut être total
- Dans les cas d'édentements multiples, c'est l'édentement le plus postérieur qui détermine la classe de l'édentement, les édentements supplémentaires antérieurs seront spécifiés sous forme de subdivision (le nombre de subdivisions dépend du nombre d'édentements encastrés).

2.3.2.1.3 La distance mésio-distale bordant l'édentement à restaurer **(72) (198)**

- La règle générale veut que : 7 mm minimum sont nécessaires pour un implant standard, 6 mm minimum pour un implant de base étroite, et 8 mm minimum pour un implant de base large.
- En cas de restaurations plurales il faut multiplier ces valeurs par le nombre d'implants.

2.3.2.1.4 La forme des dents adjacentes

- **La morphologie dentaire** est généralement corrélée au biotype parodontal :
 - Les dents de forme triangulaires sont associées au parodonte fin et festonné. Le point de contact se situe dans le tiers coronaire de la dent, par conséquent la papille est longue et fine. Les dents triangulaires présentent donc un plus grand risque de récession inter-proximale laquelle conduit à la présence de triangles noirs inter-proximaux **(121)**.
 - Les couronnes anatomiques de forme carrée, sont associées à un parodonte plat et épais. La zone de contact se situe dans le tiers coronaire moyen et abrite une papille courte et large.
- La morphologie dentaire peut ainsi être modifiée afin de compenser une perte tissulaire interdentaire. La zone de contact peut en effet être positionnée plus cervicalement afin de réduire le volume de l'espace interdentaire.

2.3.2.1.5 Les biotypes parodontaux

(225)

- Deux biotypes parodontaux ont été décrits par Seibert et Lindhe, selon la morphologie de la papille interdentaire et l'architecture osseuse : le parodonte fin et festonné, et le parodonte plat et épais. Ces deux biotypes parodontaux dirigent la séquence de traitement en fonction des tissus existants, notamment dans les cas d'implantations unitaires dans les zones esthétiques.
- **Le biotype fin, translucide et festonné (15% de la population)**
- Le parodonte fin et festonné est caractérisé par une architecture osseuse fine et festonnée autour de la dent, et par une gencive fine avec de longues papilles interdentaires. Il est translucide et peu vascularisé.
- Le parodonte fin et festonné a tendance à engendrer une récession en réponse à un traumatisme ou à une infection parodontale.
- En effet, les biotypes fins possédant un support osseux sous-jacent ainsi qu'une vascularisation moins importants, ils sont prédisposés à la récession après une extraction dentaire (121).
- Aussi, les parodontes fins sont difficiles à traiter et peu favorables aux manipulations chirurgicales. Ce type de parodonte pose le problème de la visibilité par transparence des matériaux constituant les éléments intermédiaires sous-jacents à la prothèse implantaire. Il demande souvent un réaménagement tissulaire (par exemple par greffe pour créer un excès de tissu kératinisé).
- **Le biotype plat, opaque et épais (85% de la population)**
- Le parodonte plat et épais se caractérise par une architecture osseuse épaisse et plate, et par une gencive épaisse avec des papilles courtes et larges. Il est opaque, plus fibreux et bien vascularisé.
- Il est résistant à la récession, et la maladie parodontale a plutôt tendance à conduire à la formation de poches parodontales.
- Le parodonte plat et épais est aussi assez résistant aux manipulations et aux traumatismes chirurgicaux et présente un bon pronostic.
- Il faut également mentionner le **parodonte réduit**, lié à une chirurgie, à une ancienne pathologie parodontale ou au vieillissement. Le parodonte réduit après chirurgie présente un excellent potentiel de régénération.

2.3.2.1.6 La gencive marginale

- C'est un facteur important de la réussite esthétique, c'est pourquoi elle doit présenter certaines caractéristiques :
 - se festonner harmonieusement dans la ligne du sourire
 - s'aligner avec la ligne des collets controlatéraux
 - s'accorder avec les contours vestibulo-linguaux
 - restituer la forme pyramidale des papilles
- La gencive marginale sert de référence dans le positionnement apico-cronaire de l'implant.
- Son niveau devra donc être enregistré sur le guide chirurgical.

2.3.2.1.7 La gencive kératinisée

- Elle dépend du biotype parodontal et du passé clinique du patient.
- Idéalement, 5 mm et plus seraient souhaitables.
- Elle est nécessaire à l'**intégration biologique** et à la **pérennité de l'implant**. La présence de gencive kératinisée conditionne le profil d'émergence et joue un rôle de barrière contre l'inflammation. Elle permet en effet l'amélioration du maintien tissulaire gingival et stabilise la gencive marginale. Sa résistance aux agressions mécaniques, facilite le contrôle de plaque quotidien par le patient et rend la maintenance prophylactique aisée pour le praticien. De plus, les manipulations tissulaires chirurgicales, la prise d'empreinte et la réalisation prothétique par le laboratoire sont facilitées.
- Elle optimise l'**intégration esthétique** de la restauration. En effet, en participant à l'espace de transition implant-prothèse, la présence de gencive kératinisée présente l'avantage esthétique de masquer la pièce de connexion.

2.3.2.1.8 La préservation papillaire

(272) (63)

- Le positionnement tridimensionnel de l'implant influence la forme des embrasures et celle des papilles. Par conséquent un volume osseux minimal au niveau du site implantaire est nécessaire au soutien et à la préservation de la papille.

2.3.2.1.8.1 L'os nécessaire dans le sens vestibulo-lingual

- Les papilles interdentaires ne peuvent être recréées que si la crête osseuse, tout en jouant un rôle de soutien, présente une épaisseur de 5 à 6 mm dans le sens vestibulo-lingual **(264)**.

2.3.2.1.8.2 L'os nécessaire dans le sens mésio-distal

- De même, une certaine épaisseur d'os est nécessaire entre deux dents adjacentes afin de maintenir l'intégrité de la papille : 3 mm d'os sont nécessaires entre deux dents pour supporter l'architecture gingivale interdentine **(239) (100)**.
- Par ailleurs, un minimum d'espace de 1.25 à 1.5 mm entre l'implant et la dent adjacente est nécessaire pour permettre l'ostéointégration et éviter d'endommager la dent adjacente. Ce postulat repose essentiellement sur la préservation de l'espace ligamentaire de la dent adjacente mais ne considère pas d'autres facteurs essentiels tels que le maintien de l'intégrité papillaire **(242)**.

Un lien direct existe entre une distance mésio-distale minimale de 3 mm d'os entre 2 implants et le maintien d'une papille adéquate. En deçà, le septum interimplantaire se résorbe, et la papille migre en direction apicale jusqu'à retrouver un soutien osseux suffisant **(240)**.

Effet de l'espacement implant-implant ou dent-implant sur la papille interdentaire

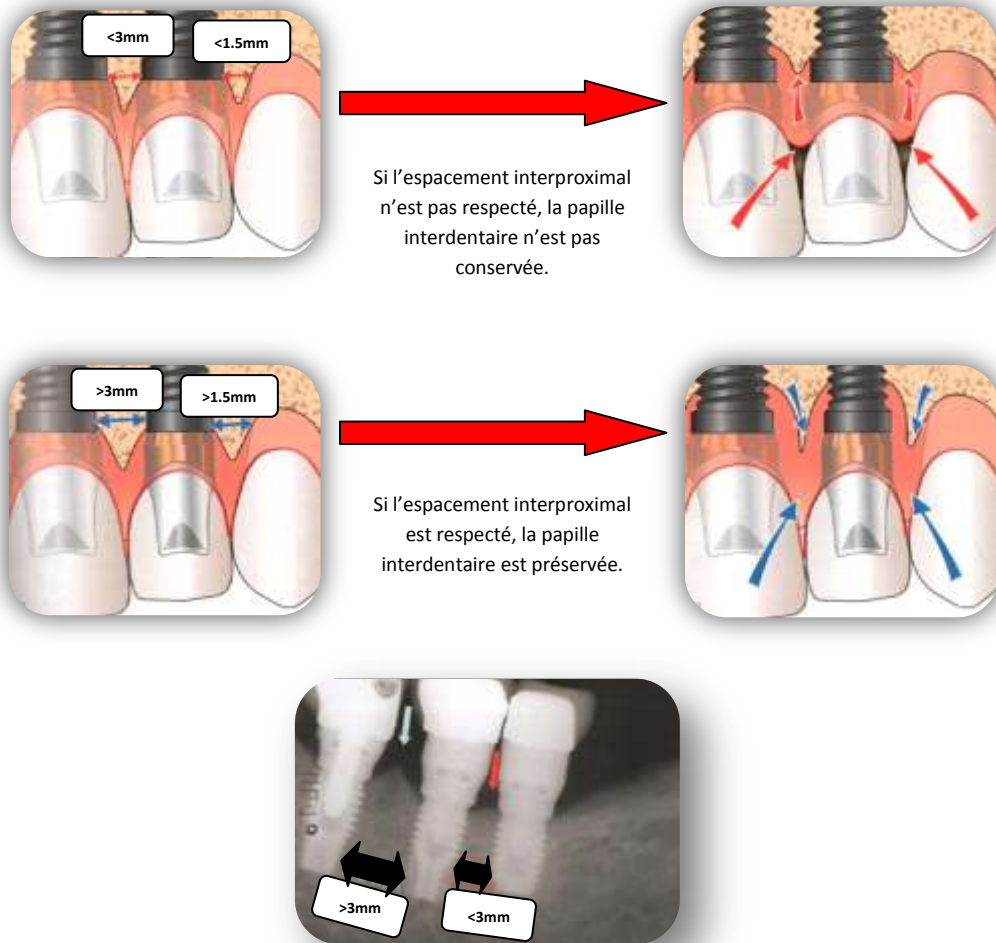


Fig. 12, d'après (62)

2.3.2.1.8.3 L'os nécessaire dans le sens vertical

- **La base du soutien gingival est le dessin de la crête osseuse sous-jacente.**
- En 1986, Ochsenbein décrit la relation entre la position de l'os interdentaire et l'os alvéolaire, cette relation fut appelée « l'architecture positive ». Cette expression fait référence au fait que la crête osseuse suit la forme de la jonction cémento amélaire : sa forme est festonnée puisque l'os interdentaire y est plus coronaire que l'os alvéolaire. Dans les zones postérieures, l'os interdentaire forme un col relativement aplati dans le sens vestibulo-lingual, alors que l'os interdentaire des régions antérieures est de forme pyramidale (168).
- En 1961, Gargiulo et coll. mesurent la différence entre le niveau osseux alvéolaire et celui de l'os inter-proximal : les mesures des écarts s'étendent de 1.01 à 3.10 mm. Il a été supposé que l'existence d'une différence d'environ 1.5 mm entre les hauteurs osseuses alvéolaires et interproximales, peut être bon facteur prédictif de l'aspect papillaire bien qu'elle n'explique pas entièrement la présence ou l'absence de la papille. Par conséquent, plus l'architecture gingivale est festonnée, plus le niveau de l'os interdentaire est haut comparativement aux profils gingivaux plus plats (88).

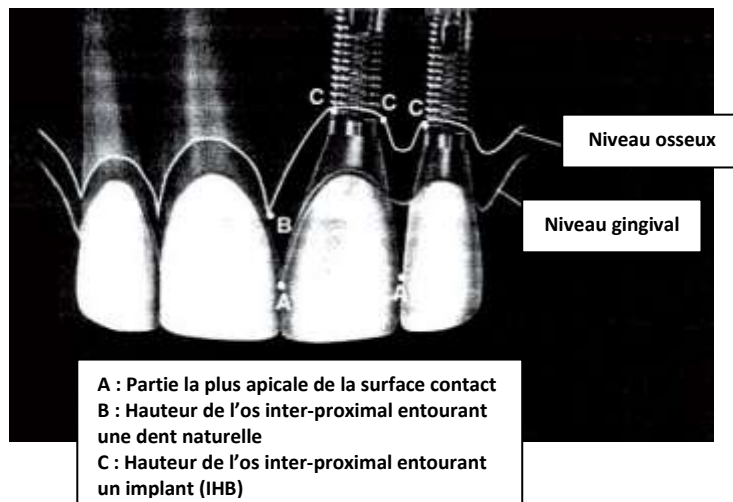
2.3.2.1.8.4 La distance nécessaire entre le point de contact et la crête alvéolaire

- En 1992, Tarnow et coll. ont montré, sur des dents naturelles, dans le sens vertical, qu'il existe une relation entre la présence de la papille et la distance entre le point de contact interdentaire et le sommet de la crête osseuse sous-jacente **(242)**.
- Salama et coll. ont suggéré qu'une relation similaire à celle décrite par Tarnow et coll. sur les dents naturelles, existe aussi autour des restaurations implanto-portées **(212)**. D'après leurs recherches, la hauteur, la largeur et la profondeur des contours papillaires sont eux aussi en effet corrélés à la distance entre la base de la zone de contact et le sommet de la crête osseuse sous-jacente.

Cette distance doit être d'environ 4.5 mm entre 2 implants adjacents et de 5.5 mm entre un implant et une dent, afin de préserver la papille de façon prévisible.

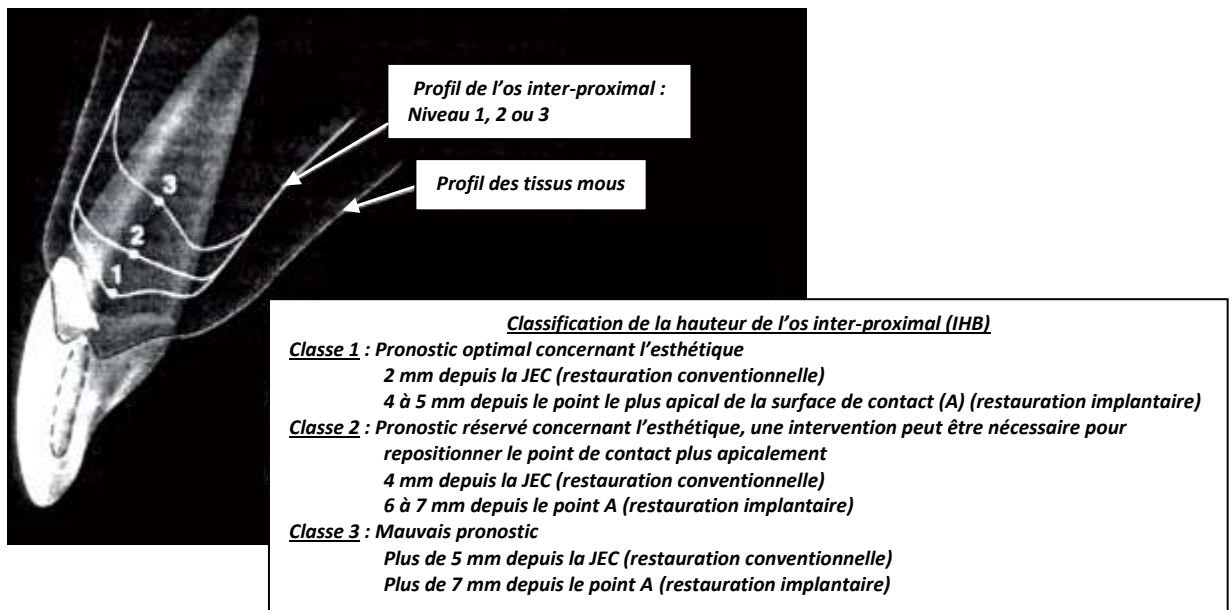
Ces différences proviennent des interactions qui existent lorsqu'un implant est placé à côté d'une dent naturelle au parodonte sain. En effet, lorsqu'un implant est placé à côté d'une dent naturelle, c'est la hauteur de la crête qui se situe juste à côté de la dent qui détermine la hauteur papillaire (plutôt que celle du côté de l'implant).

L'implant situé entre deux dents naturelles, plutôt qu'à proximité d'un autre implant représente donc la situation la plus favorable.



Localisation anatomique de la hauteur de l'os inter-proximal (dent ou implant)

Fig. 13, d'après **(212)**



Classification de la hauteur de l'os interproximal (IHB)

(les classes étant définies selon le niveau de la JEC et de la localisation du futur point de contact)

Fig. 14, d'après (212)

2.3.2.1.8.5 *Autres facteurs influents*

- La présence ou l'absence de la papille est influencée par de nombreux facteurs (hormis le volume osseux nécessaire au soutien tissulaire) : la dimension horizontale et verticale de l'espace inter-proximal, la taille et la forme de la surface de contact, la présence ou la persistance d'une attache sur la dent adjacente.

Facteurs influençant la présence ou l'absence de la papille interdentaire ou interimplantaire	
Hauteur de la crête alvéolaire	
<i>Sens vertical</i>	1 à 3 mm (Gargiulo et coll. 1961) 2.1 à 4.1 mm (Becker et coll. 1997)
<i>Sens horizontal</i>	3 mm (Tal 1984)
Dimensions de l'espace interdentaire (distance comprise entre le point de contact et la crête alvéolaire)	
<i>Dent naturelle</i>	<5 mm (Tarnow et coll. 2003)
<i>Implant unitaire</i>	<5 mm (Choquet & Hermans 2001)
<i>Deux implants</i>	<3.5 mm (Tarnow et coll. 2003)
Aspect des tissus mous	
<i>Biotype plat/festonné</i>	Le biotype plat est plus favorable (Salama et coll. 1995, Kois 2001)
<i>Biotype épais/fin</i>	Le biotype épais est plus favorable (Koïs 2001)
Épaisseur de la table vestibulaire	
<i>Épaisseur minimale nécessaire</i>	>1.8 mm au maxillaire antérieur (Spray et coll. 2000)
Morphologie coronaire	
<i>Carrée/triangulaire</i>	Les dents de forme carrée sont plus favorables à la présence papillaire

Fig. 15, d'après (272)

2.3.2.1.9 La forme et le volume de la crête osseuse

- La crête osseuse sera évaluée selon la direction de la lyse osseuse (horizontale et/ou verticale) et examinée selon l'axe anatomique, la forme du procès alvéolaire, et la position de la dent par rapport à celui-ci. Cela conditionne le bon positionnement tridimensionnel de l'implant.

2.3.2.1.9.1 Classification des pertes de substance alvéolaires

(2) (224)

- Les défauts communément retrouvés sur les crêtes édentées antérieures ont été décrits et classifiés par Seibert. Cette classification présente toutefois l'inconvénient de ne pas quantifier la perte de substance.
 - *Classe I* : perte tissulaire dans le sens vestibulo-lingual avec préservation de la hauteur apico-coronaire de la crête.
 - *Classe II* : perte tissulaire dans le sens apico-coronaire avec préservation de l'épaisseur vestibulo-linguale de la crête.
 - *Classe III* : combinaison des classes I et II, perte en hauteur et en épaisseur de la crête. Dans le sens vestibulo-lingual, la crête est considérée déficiente si elle n'est pas en continuité avec le contour osseux de la dent adjacente. Dans le sens apico-coronaire, elle est considérée comme étant déficiente s'il elle n'est pas en continuité avec le contour gingival de la dent adjacente.
- Le défaut le plus fréquent est celui de classe III (55.8%), par rapport à ceux de classe I (32.8%) et de classe II (2.9%). Par ailleurs, après une extraction dentaire, on observe une importante incidence de défauts osseux (91%). En majorité il s'agit de défauts de classe III qui sont les plus difficiles à traiter. Car la crête doit être restaurée à la fois dans le sens vestibulo-lingual mais aussi dans le sens apico-coronaire.
- Mais il existe de nombreuses autres classifications des pertes de substance osseuse alvéolaires, ce qui témoigne de la difficulté à schématiser. Dans tous les cas, leur intérêt réside dans la description précise des défauts osseux, ce qui permet au praticien d'adapter sa thérapeutique.

2.3.2.1.9.2 La forme de la crête

(12) (63) (177) (220)

- La forme de la crête est directement liée aux pertes alvéolaires qu'elle présente. Or, la forme de la crête influe sur le positionnement implantaire.
- La perte d'os alvéolaire peut précéder l'extraction à cause de la maladie parodontale, d'une lésion péri-apicale ou d'un traumatisme dentaire et osseux. Les dommages causés aux tissus osseux au cours de l'extraction peuvent également être à l'origine de perte osseuse. Mais c'est essentiellement le remodelage post-extractionnel qui influence la forme de la crête.

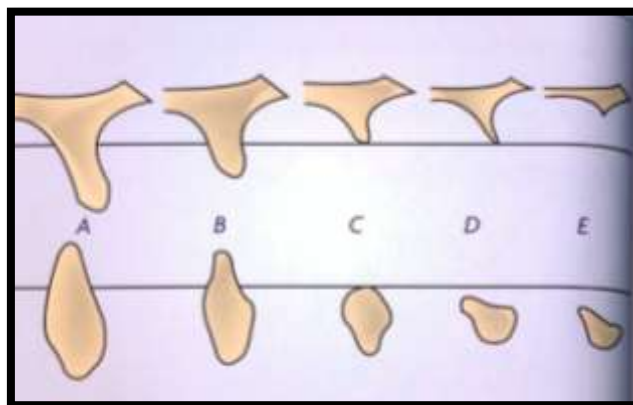
- **Le remodelage osseux post-extractionnel**
- Après une avulsion dentaire, il survient toujours un remodelage alvéolaire. Il associe une résorption ostéoclastique de l'os alvéolaire, à une apposition osseuse dans l'alvéole d'extraction.
- ***L'apposition alvéolaire post-extractionnelle***
- L'essentiel du gain osseux se produit dans les 3 à 12 mois suivant l'extraction, et plus particulièrement dans les 3 premiers mois.
- Le niveau de l'os régénéré dans l'alvéole n'atteint jamais celui des faces mésiales et distales des dents adjacentes au site d'extraction. Par ailleurs, les niveaux osseux en mésial et distal de l'alvéole déshabillée sont presque les mêmes que ceux de l'os régénéré dans l'alvéole après 12 mois de cicatrisation. Ces observations suggèrent que le niveau de la crête osseuse cicatrisée dépend plus de celui du site d'extraction plutôt que du niveau osseux des dents adjacentes.
- Entre 6 et 12 mois, une partie de cet os néoformé subit un remodelage.
- ***La résorption alvéolaire post-extractionnelle***
- La résorption post-extractionnelle est un processus chronique, progressif, irréversible et cumulatif.
- Elle répond à plusieurs règles générales :
 - La résorption crestale antérieure est 4 fois plus rapide à la mandibule qu'au maxillaire
 - A la mandibule, la résorption osseuse est centrifuge, c'est-à-dire qu'elle est plus rapide en lingual.
 - Au maxillaire, la résorption est centripète, c'est-à-dire qu'elle est plus importante en vestibulaire.
Par ailleurs la résorption est aussi interne du fait de la pneumatisation des sinus en l'absence de dents.
Au maxillaire, la résorption est plus importante en épaisseur qu'en hauteur.
 - La résorption s'opère surtout dans le sens sagittal à la mandibule, et plus vestibulairement dans le sens horizontal au maxillaire.
 - La majeure partie de la résorption post-extractionnelle se produit au cours de la première année suivant l'extraction.
 - Pour Schropp et coll. **(220)**, au cours des 12 mois suivant l'extraction, l'épaisseur de la crête alvéolaire diminue de 50%, cela correspond à une perte de l'ordre de 5 à 7 mm. Les 2/3 de cette résorption qui correspondent à 30% de l'épaisseur originelle de la crête, surviennent au cours des 3 premiers mois suivant l'extraction. Le pourcentage de réduction est un peu plus important dans les secteurs molaires que prémolaires, et à la mandibule qu'au maxillaire.

- Les facteurs influençant la résorption des crêtes résiduelles peuvent être divisés en 4 catégories : anatomiques, métaboliques, fonctionnels, et prothétiques.
 - Les facteurs anatomiques comprennent la taille et la forme de la crête, le type de d'os, le biotype parodontal. Les patients avec une gencive épaisse, un os alvéolaire épais, et une forme de dent carrée ont tendance à avoir une résorption post-extractionnelle moins importante que les patients avec une gencive fine, un os fin et une forme de dent étroite.
 - Les facteurs métaboliques comprennent l'âge, le sexe, l'équilibre hormonal, l'ostéoporose ...
 - Les facteurs fonctionnels comprennent la fréquence, la direction, et la quantité des forces appliquées sur la crête.
 - Les facteurs prothétiques comprennent le type de prothèse, la forme et le type de dents, la distance inter-occlusale, etc. ...

Lorsque des facteurs anatomiques, biologiques et mécaniques coexistent, la vitesse de résorption sera plus importante. Au contraire, si certains cofacteurs sont absents, et même si d'autres cofacteurs sont présents à grande échelle, la vitesse de résorption peut être moins importante voire ne pas se produire.

- **Classification Lekholm et Zarb (128)**

- En 1985, Lekholm et Zarb ont présenté une classification de l'os des maxillaires, basée sur la forme et la qualité de l'os, destinée à l'analyse de l'ancrage osseux potentiel implantaire. Ils ont décrit 5 types de profils osseux :
 - Type A : La crête alvéolaire est pratiquement intacte
 - Type B : La crête présente une résorption modérée
 - Type C : La crête est très résorbée, et il ne reste que de l'os basal
 - Type D : la résorption de l'os basal a débuté
 - Type E : La résorption de l'os basal est très avancée



Types de morphologies osseuses au maxillaire et à la mandibule

Fig. 16, d'après (63)

2.3.2.1.9.3 *Le volume osseux disponible*

- Le site osseux receveur doit posséder une quantité d'os suffisante en direction mésio-distale, bucco-linguale et apico-coronaire pour recevoir l'implant. Il ne doit pas y avoir de défauts parodontaux autour de la dent. Si ces critères ne sont pas respectés, le praticien doit recourir à des techniques pour augmenter le site receveur.

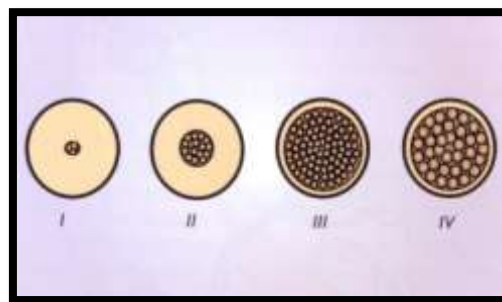
2.3.2.1.9.4 *La qualité osseuse*

- La réponse osseuse autour de l'implant est différente selon qu'elle a lieu dans un os cortical ou spongieux. La typologie osseuse a été classée par Lekholm et Zarb selon la répartition entre os cortical et os spongieux **(128)**:

- Type I : l'os est constitué essentiellement d'os compact dense
- Type II : une couche épaisse d'os compact entoure un noyau d'os trabéculaire dense
- Type III : une fine couche d'os cortical entoure un noyau d'os trabéculaire dense
- Type IV : une fine couche d'os cortical entoure un noyau d'os trabéculaire de faible densité

L'inconvénient de cette classification est que c'est une classification histologique difficile à appliquer en pratique.

- Brånemark et coll. proposent une classification basée sur la densité osseuse et le rapport entre l'os cortical et l'os trabéculaire **(43)**.
 - *Os de type I* : Il est constitué presque exclusivement d'os cortical dense peu vascularisé.
 - *Os de type II et III* : Ils sont constitués d'une proportion variable d'os cortical et spongieux. Ils permettent une stabilisation primaire de l'implant et une vascularisation satisfaisantes.
 - *Os de type IV* : Il correspond à l'os papyracé décrit par Gaspard (1978) avec une corticale presque inexistante et un réseau interne de trabécules peu développé. L'os ne possède pas de densité suffisante pour permettre la stabilisation primaire de l'implant.



Types de qualités osseuses

Fig. 17, d'après (63)

- Par ailleurs la stabilité primaire de l'implant est directement liée à la quantité d'os alvéolaire disponible au moment de la pose de l'implant. Les implants doivent être placés dans l'os préexistant, puisque l'os régénéré ne permettra pas la stabilité primaire implantaire, mais plutôt sa couverture.

2.3.2.1.10 Le sommet de la crête osseuse

- Il sert de référence pour le calcul de la distance entre la crête osseuse et le point de contact interdentaire. Ce pic osseux fait office de soutien papillaire, et est important dans le défi esthétique de l'aménagement papillaire.

2.3.2.1.11 Recherche des obstacles anatomiques

- Ils sont généralement recherchés radiographiquement. Au scanner, les erreurs de mesure sur des coupes de 1 mm d'épaisseur étant de +/- 1 mm, il est nécessaire de ménager une marge de sécurité de 2 mm entre l'implant et les structures anatomiques majeures.
- Les obstacles anatomiques à considérer et rechercher sont :
 - Le canal palatin antérieur
 - Le plancher des fosses nasales
 - Le sinus maxillaire
 - Le nerf mentonnier
 - Le nerf alvéolaire inférieur
 - Les dents adjacentes
 - Les dents incluses ou odontomes

2.3.2.1.12 La hauteur crête osseuse-dent antagoniste

(156)

- 5 à 7mm sont nécessaires (selon le pilier implantaire choisi) entre la crête osseuse et la dent antagoniste.
- La hauteur idéale de l'espace prothétique implantaire (mesurée entre le col implantaire et la dent antagoniste) pour une prothèse fixée, est comprise entre 8 et 12mm. Cette dimension permet de libérer 2mm pour obtenir des tissus mous idéaux en préservant un espace biologique au dessus de la crête osseuse, 2mm d'épaisseur prothétique occlusale ou d'épaisseur de céramique, et au moins 5mm de hauteur pour le pilier prothétique. Lorsque la hauteur de l'espace prothétique est trop importante, l'augmentation osseuse est préférable au remplacement prothétique simple, puisque l'augmentation chirurgicale de la hauteur de la crête, en réduisant la hauteur de cet espace, améliore la biomécanique implantaire.

Si l'espace prothétique est trop important et qu'aucune augmentation chirurgicale de la crête n'est envisagée, des dents de remplacement doivent être allongées. Il en résulte une augmentation du poids (risque de descellement) et du coût de la restauration, et une augmentation des forces s'exerçant sur l'implant (risques de fractures, dévissage, perte osseuse, échec implantaire).
- Aussi, la compensation des égressions dentaires et le rattrapage des courbes d'occlusion des dents résiduelles constituent une des étapes essentielles de la préparation pré-implantaire.

2.3.2.1.13 La relation intermaxillaire

- La relation dento-dentaire doit être enregistrée dans le cadre d'une dimension verticale bien établie. Une analyse verticale céphalométrique à visée prothétique permet de définir la typologie des patients (DVO, orientation du plan d'occlusion, rapports antérieurs, courbes de compensations). Une téléradiographie de profil est indispensable pour situer le patient dans la classe squelettique appropriée. La classe I est bien entendu le cas le plus favorable.

2.3.2.2 Considérations prothétiques

2.3.2.2.1 Le profil d'émergence

- Le profil standardisé des implants n'est que très rarement en adéquation avec l'anatomie radiculaire des dents naturelles qu'ils remplacent. Il en résulte un changement de direction entre la fixture et la prothèse pour assurer un profil d'émergence physiologique.
- C'est l'implant qui assure, dans sa portion gingivale, la transition entre le diamètre de l'implant et celui de la couronne prothétique, afin de reproduire le diamètre de la dent naturelle manquante. La différence entre le diamètre du col implantaire et le diamètre de la future restauration constitue le carrefour implant-prothèse.
- Le profil d'émergence est assuré par le col implantaire, le pilier prothétique et la restauration prothétique.
- Ses rôles sont nombreux :
 - Soutenir les tissus environnants
 - Prévenir la récession gingivale
 - Pérenniser la santé gingivale
 - Souligner le caractère harmonieux et esthétique de la restauration
 - Favoriser l'autonettoyage ainsi que le contrôle de plaque
 - Ménager les papilles interdentaires
 - Respecter des principes biomécaniques en limitant les contraintes en flexion. Pour cela, la direction des forces occlusales doit se répartir dans l'enceinte du corps de l'implant.
- Le profil d'émergence prothétique idéal doit être plat, progressif, naturel, et se confondre avec le profil d'émergence de la dent naturelle qu'il remplace.

2.3.2.2.2 Le diamètre des implants

- Généralement les implants sont cylindriques, mais cette morphologie ne correspond pas à l'anatomie dentaire puisque les dents, même mono-radiculées, ne sont pas parfaitement cylindriques. La zone critique constituée par le pilier implantaire et le profil d'émergence prothétique doit compenser ces différences morphologiques. Selon le système choisi, ces différences seront plus ou moins importantes.
- Le diamètre implantaire sera choisi en fonction des critères suivants :
 - Le profil d'émergence prothétique et l'anatomie de la dent à remplacer (le diamètre implantaire doit être adapté au diamètre cervical de la dent à remplacer afin d'obtenir un profil d'émergence approprié et un résultat esthétique satisfaisant)
 - La surface d'ancrage de la dent à remplacer
 - L'espace mésio-distal disponible
 - L'espace vestibulo-lingual disponible
 - La qualité osseuse (l'augmentation du diamètre implantaire permet de favoriser la stabilité primaire implantaire dans un os peu dense)
 - La hauteur osseuse résiduelle (une faible longueur implantaire peut être compensée par une augmentation du diamètre implantaire)
 - Des critères biomécaniques (l'augmentation du diamètre permet de diminuer le bras de levier exercé au niveau de l'implant et d'augmenter l'assise prothétique)

2.3.2.2.3 La longueur implantaire

- Historiquement, il était recherché de placer les implants les plus longs possibles. Mais d'autres écoles ont rapporté l'utilisation d'implants courts (jusqu'à 6 mm) avec le même taux de succès.
- La tendance actuelle est à l'utilisation d'implants de longueur comprise entre 6 et 10 mm, quelque soit la hauteur coronaire à restituer.
- Les progrès faits grâce aux modifications d'état de surface, et en utilisant des implants de diamètre important, permettent d'obtenir un meilleur taux de succès malgré la faible surface implantaire développée.
- Dans tous les cas, l'implant doit rester à distance des structures anatomiques.

2.3.2.2.4 La jonction implant-pilier (JIP)

- C'est le début de l'évasement prothétique du profil d'émergence sous-gingival
- Sa position dépend du degré d'enfouissement implantaire souhaité.

2.3.2.2.5 Le pilier prothétique

(181)

- Sa morphologie profile le berceau gingivoprothétique.
- De nombreux systèmes de piliers prothétiques ont été développés pour obtenir des résultats esthétiques prévisibles. La majeure différence réside dans le niveau de connexion et dans la possibilité de corriger les problèmes d'angulation.
- Souvent en titane, il peut, selon les exigences esthétiques, être en alumine ou en zircone. Dans les zones à vocation esthétique, ce type de pilier sera préféré à un pilier titane dans le cas de biotype parodontal fin, à cause de la transparence de celui-ci.

2.3.2.2.6 La jonction pilier-couronne(JPC)

- Elle est assimilée à la limite cervicale de la future restauration prothétique.
- Elle est nécessaire dans l'évaluation esthétique.

2.3.2.2.7 La couronne prothétique

- Elle peut être vissée ou scellée.
- Ses critères de réussite esthétique sont les mêmes que pour une prothèse fixée classique (forme, taille, teinte, luminosité, saturation...)

2.3.2.3 Considérations chirurgicales : impératifs lors du positionnement

2.3.2.3.1 L'ouverture buccale

- Elle doit correspondre idéalement à 45 mm (3 doigts). Ce facteur est capital pour un bon positionnement de l'implant.

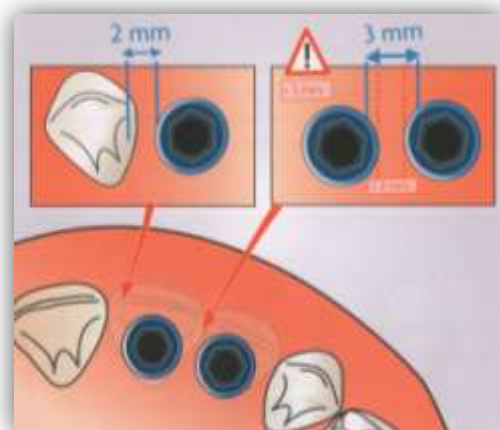
2.3.2.3.2 Le positionnement de l'implant (83) (181)

- Le but de la chirurgie implantaire étant la restauration prothétique implanto-portée, le positionnement de l'implant est guidé par le contexte prothétique tout en restant adapté à la situation anatomique osseuse et des tissus mous.

2.3.2.3.2.1 Dans le sens mésio-distal

- Orienter l'implant parallèlement à l'axe des dents naturelles.
- Implanter au milieu de l'espace
- Ménager 2 mm au minimum entre les spires implantaires et les racines des dents naturelles adjacentes.
- Ménager 3 mm entre les spires de 2 implants adjacents
- Il existe plusieurs raisons expliquant la nécessité de respecter ces distances :
 - Une zone de résorption osseuse s'établit autour de la jonction implant-pilier. Cette résorption en cratère est horizontale et s'étend sur 1.5 mm autour de l'implant. Entre deux implants, la rencontre des lyses osseuses de deux implants séparés par une distance inférieure à 3 mm se traduit par la résorption de la crête osseuse interimplantaire (240). Or cette dernière joue un rôle essentiel dans le soutien de la papille et son absence signifie une perte de la papille interimplantaire.
 - L'espace mésio-distal nécessaire entre un implant et une dent est moins important que celui nécessaire entre deux implants car dans le premier cas, la vascularisation de l'os environnant l'implant peut provenir du ligament parodontal adjacent.
 - Ces distances minimales facilitent l'insertion des vis de cicatrisation, des piliers, la prise d'empreinte, et la réalisation du point de contact prothétique qui sont plus aisées lorsqu'un certain espace de travail est disponible.
 - Une distance adéquate conduit à un résultat esthétique et facilite l'hygiène à cet endroit.

**Distances à respecter,
dans le sens mésio-distal,
entre éléments adjacents
lors d'implantation**
Fig. 18, d'après (62)

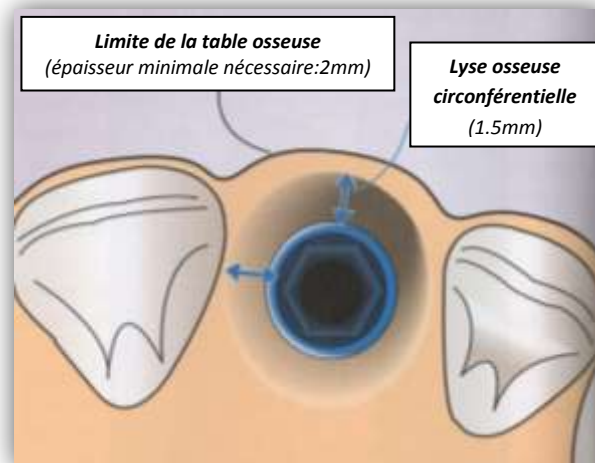


2.3.2.3.2.2 Dans le sens vestibulo-lingual

- L'implant doit être dans la continuité de la future dent prothétique (le cas échéant, des piliers angulés seront utilisés).
- L'implant doit être dans l'axe de la crête.
- L'appui bicortical sera privilégié.
- Selon Grunder et coll. **(96)** et Saadoun et coll. **(207)**, pour soutenir les contours gingivaux au moins 2 mm d'os sont nécessaires autour de la tête de l'implant.
- Il existe plusieurs raisons à la nécessité de respecter cette épaisseur minimale d'os autour de l'implant :
 - Quand l'épaisseur de la table vestibulaire est inférieure à 2 mm, la lyse osseuse circonférentielle de 1.5 mm précédemment décrite atteint la corticale vestibulaire sur toute son épaisseur. De ce fait, l'interface os-implant se déplace apicalement avec les tissus mous sus-jacents. Lorsque son épaisseur est supérieure à 2 mm, la lyse osseuse circonférentielle n'atteint pas la corticale vestibulaire. Sa hauteur n'est donc pas affectée, et l'os peut assurer le soutien de la gencive marginale. L'esthétique est alors préservée.
 - Selon Spray et coll., en présence d'une crête osseuse trop fine (<2mm), sa vascularisation est réduite et insuffisante **(231)**. Il peut en résulter une résorption osseuse.

Épaisseur minimale de la table vestibulaire requise pour implanter

Fig. 19, d'après **(62)**



2.3.2.3.2.3 Dans le sens apico-coronaire

- Le positionnement selon cet axe est plus délicat du fait du nombre de paramètres à considérer.
- En effet, il dépend :
 - du biotype parodontal
 - de la hauteur des tissus mous et de l'os crestal
 - du besoin esthétique
 - du profil d'émergence prothétique
 - de la hauteur inter-arcade
 - du système implantaire choisi (forme de l'implant, implant enfoui/non enfoui, système de connexion liant l'implant et la supra structure prothétique)

- En règle générale, le col implantaire doit se situer 2 à 4 mm en dessous de ligne passant par la ligne de jonction amélocémentaire vestibulaire des dents adjacentes.
- En cas de récession gingivale ou de résorption osseuse au niveau des dents adjacentes, le niveau de la gencive marginale des dents adjacentes sert de référence. Le col de l'implant est alors placé 3 mm apicalement à ce repère, cela correspond à la dimension de l'espace biologique.
- Plusieurs raisons expliquent ce placement :
 - Un enfouissement suffisant permet à la restauration implanto-portée d'émerger de la gencive avec un profil d'émergence naturel. En effet cette distance permet une transition graduelle entre le diamètre de la plateforme implantaire et le diamètre prothétique au niveau de la limite gingivale qui est plus important. Par conséquent lorsque des dents de plus petit diamètre sont remplacées, une distance de transition moins importante est nécessaire.
 - L'enfouissement ne doit pas être trop important puisque, classiquement, on observe une résorption à la première spire 1 an après la pose, qu'il faut compenser, pour cela, un excès tissulaire estimé à 20% sera recherché. Toutefois, cela n'est valable que pour les systèmes dont la connectique n'est pas stable - c'est-à-dire les systèmes enfouis avec hexagone interne ou externe - et lorsque le système n'est pas enfoui, cela n'est plus vrai. Par conséquent, il n'existe pas de « gold standard » concernant le positionnement vertical de l'implant et son enfouissement, celui-ci dépendra essentiellement du système implantaire choisi.

2.3.2.3.2.4 *L'axe implantaire* (178)

- Dans le **sens mésio-distal**, il est **parallèle au grand axe des dents adjacentes**.
- Dans le **sens vestibulo-lingual**, l'axe de l'implant coïncide normalement avec **celui de la crête alvéolaire** afin d'éviter la perforation des tables corticales ou la lésion des structures anatomiques adjacentes.
- Cet axe détermine un point d'émergence au niveau de la future couronne.
Ce point d'émergence influence le choix du type de prothèse supra-implantaire (transvissée ou scellée).
Pour une prothèse vissée, l'émergence de l'axe implantaire doit se projeter au niveau du cingulum des dents antérieures (1/3 palatin). Si l'axe est trop vestibulé, la gestion de l'esthétique sera très délicate, puisqu'elle se fait à l'aide d'un composite qui recouvre la vis de la prothèse.
Avec les prothèses scellées, un problème d'axe compromet moins l'esthétique finale, et l'axe implantaire peut même être orienté vers le bord incisif de la prothèse.
- Dans le **sens vestibulo-lingual**, le placement idéal d'un implant respecte donc une **inclinaison vestibulo-linguale à partir du bord incisif**.
- Par ailleurs il existe d'autres raisons expliquant l'intérêt de placer l'implant selon un axe palatin (5 à 10°) ou lingual au bord incisif : ce positionnement présente des avantages mécaniques et chirurgicaux. En effet, le laboratoire dispose de plus d'espace pour travailler la céramique et monter les composants prothétiques, le clinicien a plus de place pour établir le profil d'émergence correct et le chirurgien impose moins de pression sur les tissus vestibulaires.

- L'utilisation de piliers angulés peut corriger un profil d'émergence défectueux (notamment dans le secteur incisivocanin). Mais cette correction de l'axe implantaire, par rotation autour du point fixe matérialisé par la vis du pilier implantaire, peut compromettre l'esthétique, et fragilise le pilier implantaire.
- Dans les **zones postérieures**, pour les deux types de prothèse, l'axe de l'implant doit **émerger au centre de la couronne**, au niveau de la face occlusale.

2.3.2.3.3 La reconstruction des tissus durs (186) (226)

2.3.2.3.3.1 La préservation alvéolaire (129) (130)

- L'utilisation de techniques de préservation alvéolaire réduit ou évite la nécessité de recours à des procédures d'augmentation alvéolaire. Par la suite, elle sera donc toujours recherchée en première intention.
- Leur objectif principal est la préservation du site implantaire, qu'il s'agisse de l'anatomie osseuse que de l'architecture des tissus mous, en ayant recours à une extraction immédiate, en maintenant l'enveloppe tissulaire disponible ou en l'améliorant lorsque des procédures d'augmentation alvéolaires seront inévitables.
- Il existe divers moyens de préservation alvéolaire :
 - Une **extraction atraumatique** permet de réduire ou d'éviter la résorption osseuse induite par le traumatisme de l'extraction. Pour cela une grande attention doit être portée à la technique utilisée pour l'extraction. C'est ainsi qu'il est préconisé de détacher les tissus mous de la dent par une incision. Si un élévateur est utilisé pour l'extraction, le praticien doit éviter de blesser les tissus gingivaux, la crête osseuse et la corticale osseuse vestibulaire. L'instrument de choix pour réaliser une extraction la plus atraumatique possible est le périotome. Son utilisation est indiquée pour l'extraction de dents mono-radiculées, surtout lorsque la surface dentaire résiduelle est insuffisante pour utiliser l'élévateur sans endommager les tissus durs et mous environnants.
 - Le **timing de l'extraction** est aussi décisif. Afin de préserver de futurs sites implantaires, il faut **savoir sacrifier à temps**, des dents supportant des restaurations très importantes ou étant compromises d'un point de vue parodontal. La capacité du praticien à prendre des décisions thérapeutiques critiques avant même l'extraction de la dent, est décisive pour l'obtention d'un meilleur résultat d'un point de vue esthétique, de la durée et du coût du traitement.
 - L'alvéole dentaire doit être ensuite méticuleusement **révisée** afin d'éliminer le tissu de granulation, puisque ce tissu infecté empêche la cicatrisation alvéolaire avec un os mature.

- Une technique de préservation du site d'extraction qui utilise le **comblement osseux** grâce à des substituts osseux (allogreffe, xéno greffe, matériau synthétique), est uniquement utilisée dans le but de maintenir la forme de la crête alvéolaire après l'extraction dentaire. La préservation du site ne concerne pas seulement le maintien de la crête osseuse, mais aussi celui des tissus mous sus-jacents après l'extraction, dans le but d'un placement implantaire et d'une restauration prothétique idéaux.
- **La régénération osseuse guidée**, peut être utilisée au moment même de l'extraction afin de diminuer la résorption post-extractionnelle. Toutefois, il faut savoir accepter des compromis thérapeutiques. En effet, pour obtenir une fermeture primaire des tissus mous au dessus de la membrane de ROG, les lambeaux doivent être tractés de façon importante, ce qui peut provoquer des problèmes mucogingivaux et diminuer la profondeur vestibulaire. Cela peut nécessiter une seconde intervention chirurgicale d'augmentation gingivale, et/ou d'expansion vestibulaire. Les membranes sont non résorbables (ePTFE) ou résorbables. Dans le premier cas, leur rigidité permet le maintien de l'espace à régénérer, alors que dans le deuxième, une seconde intervention chirurgicale est évitée.
- Si la dent extraite doit être remplacée par un implant, la résorption alvéolaire post-extractionnelle peut être minimisée grâce à **l'implantation immédiate**.

2.3.2.3.3.2 *La régénération osseuse guidée*

- Les crêtes alvéolaires déficientes peuvent être traitées grâce à la régénération osseuse guidée, associée ou pas avec des matériaux de comblement. La ROG peut être réalisée avant l'implantation, ou de façon concomitante.
- La régénération osseuse guidée est une technique qui dérive de la régénération tissulaire guidée et qui repose sur les principes de l'exclusion tissulaire grâce à une membrane, ce qui favorise la cicatrisation ainsi que la formation osseuse.
- Lors de régénération tissulaire guidée, la membrane prévient la colonisation de la surface radiculaire décontaminée par les cellules (épithéliales et conjonctives) des tissus gingivaux. Les cellules provenant du desmodonte résiduel et des espaces osseux médullaires vont permettre le déclenchement d'une véritable régénération parodontale avec un nouveau ciment, des fibres de collagène qui s'y insèrent et un os néoformé (Melcher **(151)**, Gottlow et coll. **(93) (94)**, Karing et coll.**(115)**, Nyman et coll. **(167)**).

L'intérêt d'un matériau de comblement pour aider à la formation de la nouvelle attache est discuté (Bowers et coll. **(36)**).

Une des variantes de la RTG est la restauration de l'os perdu autour des implants ou dans une zone présentant un déficit osseux pour la préparer à l'implantation (Caudill et Meffert **(50)**, Nevins et Mellonig **(161)**, Buser et coll. **(45)**) : c'est la régénération osseuse guidée (ROG).

- Facteurs influençant le résultat (45) :
 - Gotlow et coll. ont démontré que le volume et la forme du tissu régénéré sous la membrane dépend de la préservation et de la configuration d'un espace artificiel sous la membrane.
 - La stabilisation et l'adaptation précise de la membrane sur la crête environnante au défaut osseux est très importante.
 - La couverture de la membrane pendant les 6 à 12 mois de cicatrisation, est un facteur indispensable au succès de la technique. Pour assurer la couverture de la membrane, une fermeture des lambeaux étanche mais sans tension doit être réalisée. Cette fermeture primaire est rendue possible grâce à une dissection du lambeau en épaisseur partielle.
 - La suppression de la corticale permet de faire saigner la surface osseuse ce qui favorise la présence de cellules indifférenciées et de vaisseaux sanguins en provenance des espaces médullaires.
 - L'utilisation de greffes d'os autogène participent au maintien de l'espace sous la membrane, et stabilisent le caillot, ce qui est tout aussi important.
- La régénération osseuse guidée est une méthode thérapeutique fiable qui peut être utilisée seule dans une approche séquentielle afin d'augmenter dans un premier temps la crête, ou en conjonction avec la mise en place de l'implant lorsque la stabilité primaire est possible.
- Les avantages de cette technique est qu'elle représente un moyen fiable d'augmentation alvéolaire (si la technique est respectée), et qu'elle peut corriger un défaut alvéolaire en pré, per et post-implantaire.
- Les inconvénients de ce traitement sont qu'il est très long puisque 9 à 12 mois supplémentaires sont nécessaires à la maturation osseuse, et qu'il est coûteux.

Schématisation de la régénération osseuse guidée (ROG)

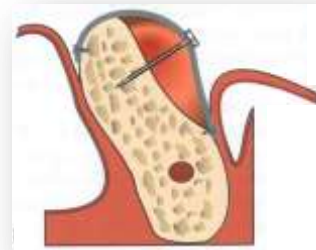


Fig. 20, d'après (62)

2.3.2.3.3.3 Les greffes osseuses d'apposition

- Il est préférable de recourir à une approche séquentielle pour les reconstructions osseuses, surtout lorsqu'il s'agit de reconstructions de gros volume, plutôt qu'à une reconstruction simultanée avec la pose de l'implant. D'ailleurs, parfois, lorsque le volume à reconstruire est trop important, plusieurs interventions chirurgicales peuvent être nécessaires.
- Les sites donneurs sont divers :
 - Site de prélèvement intra-oral : prélèvement symphysaire, prélèvement au niveau du corpus, prélèvement ramique, prélèvement au niveau de tori ou d'exostoses.
 - Site de prélèvement extra-oral : prélèvement pariétal, prélèvement iliaque, prélèvement costal.

- Cette technique sert de référence en matière d'augmentation osseuse, et peut être utilisée pour augmenter verticalement et horizontalement des maxillaires atrophiés avant ou au moment de la mise en place de l'implant (Adell et coll. (4) ; Keller et coll. (116) (117) ; Antoun et coll. (8) ; Daelemans et coll. (59)).
- Mais elle présente certains inconvénients. En effet, il s'agit d'une technique mutilante, présentant une forte morbidité et qui nécessite un second site d'intervention ainsi qu'une deuxième intervention chirurgicale.

Schématisation de la greffe osseuse d'apposition
(ici, greffe apico-coronaire)

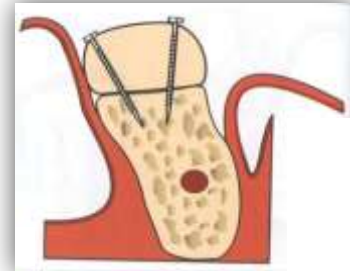


Fig. 21, d'après (62)

2.3.2.3.3.4 La distraction alvéolaire (105) (106)

- Dans les années 50, Ilizarov définit les fondements biologiques ainsi que de l'utilisation clinique de la distraction osseuse.
- Cette technique est surtout adaptée aux sites antérieurs. Un minimum de 3 mm d'os est nécessaire à la régénération osseuse ainsi qu'à la fixation du dispositif de distraction. La technique peut donc être utilisée en présence de crêtes étroites.
- La distraction osseuse présente plusieurs avantages par rapport à la greffe osseuse en onlay, lorsque le gain est recherché en vertical. En effet, le gain osseux vertical n'est pas limité par des facteurs tels que la taille du greffon, ou l'extension des tissus mous existants, il n'y a pas le problème de morbidité au niveau du site donneur, et la chirurgie peut être réalisée au cabinet dentaire.
- Cependant, la distraction osseuse présente certains inconvénients. En effet, elle requiert la compliance du patient. De plus, le gain osseux est unidirectionnel, et d'autres procédures chirurgicales d'augmentation osseuse peuvent être nécessaires avant la pose de l'implant (greffe osseuse d'apposition onlay afin de reconstruire le défaut dans les 3 dimensions : la distraction osseuse est d'abord réalisée pour augmenter verticalement la crête, puis la greffe en apposition complète la réparation du défaut secondairement).

Schématisation du système de distraction osseuse

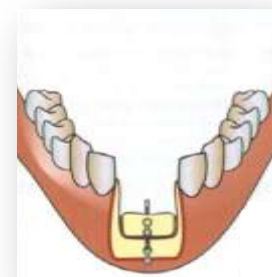


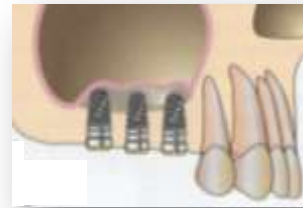
Fig. 22, d'après (62)

2.3.2.3.3.5 *Le comblement de sinus*

- En plus des résorptions vestibulaires et verticales habituelles et caractéristiques du remodelage des crêtes édentées, au niveau du maxillaire postérieur, s'ajoute une résorption interne due à l'expansion des sinus maxillaires. Une approche thérapeutique de ce phénomène, développée par Boyne et James en 1980, consiste en l'augmentation interne de la crête grâce aux procédures d'élévation sinusienne **(38)**.
- Ces procédures peuvent être de 2 types :
 - Technique de Summers (technique peu invasive, à l'aveugle qui déplace la membrane sinusienne par adjonction verticale soit d'os autogène, soit de substitut osseux).

Schématisation de la technique de Summers

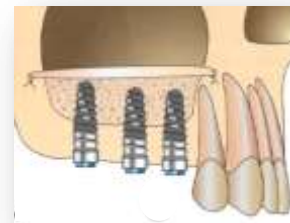
Fig. 23, d'après **(62)**



- Technique du *sinus lift* (technique invasive de comblement sous-sinusien d'os autogène ou de substitut osseux par voie latérale).

Schématisation de la technique du sinus lift

Fig. 24, d'après **(62)**



- Ces techniques présentent certains inconvénients :
 - La perte de hauteur alvéolaire (résultant de la résorption osseuse post-extractionnelle) a pour conséquence une augmentation de l'espace inter-arcade, mais le comblement de sinus ne permet pas de corriger cette augmentation. Il en résulte une restauration prothétique dont le rapport couronne clinique/implant est défavorable d'un point de vue biomécanique.
 - Les thérapeutiques qui se limitent à ce type de procédure conduisent aussi à des implants placés palatinement. En effet, une reconstruction totale nécessite aussi, en plus de l'augmentation verticale, une augmentation vestibulaire des dimensions osseuses afin de permettre une mise en place de l'implant et une restauration optimales.

2.3.2.3.3.6 *L'égression orthodontique forcée*

- Cette technique sera détaillée ultérieurement.

2.3.2.3.4 La reconstruction des tissus mous (203) (226)

2.3.2.3.4.1 Les greffes tissulaires

- Les procédures de chirurgie plastique parodontale ont été introduites entre 1971 et 1986 pour reconstruire les déformations et les défauts des crêtes partiellement édentées. Elles ont depuis évolué et occupent une place majeure dans l'arsenal thérapeutique des reconstructions tissulaires.
- Il existe diverses techniques de greffes mucogingivales utilisées et éprouvées depuis de nombreuses années :
 - **Les greffes gingivales libres.**

Elles permettent une augmentation du tissu kératinisé.

Elles permettent de corriger les défauts alvéolaires en direction apico-coronaire, ce qui est le plus difficile à obtenir. La quantité d'augmentation apico-coronaire obtenue est directement corrélée à l'épaisseur de la greffe utilisée, et de la quantité du greffon qui survit lors de la cicatrisation.

Si nécessaire, cette technique peut être répétée à 2 mois d'intervalle afin de reconstruire la hauteur de la crête alvéolaire en plusieurs temps.
 - **Les greffes de conjonctif enfoui.**

Elles permettent de traiter les défauts alvéolaires vestibulo-linguaux.

Une amélioration limitée dans le sens apico-coronaire peut être obtenue si le greffon passe au dessus de la crête, et si le lambeau recouvrant la greffe est suffisamment élastique pour être étiré de la sorte.

Les greffes tissulaires enfouies, permettent la conservation de la couleur et de l'aspect de surface des tissus existants.
 - **Les greffes conjonctives d'interposition.**

Elles permettent d'obtenir une plus grande augmentation bucco-linguale au sommet de la crête alvéolaire.

Le greffon est prélevé au palais ou au niveau des tubérosités maxillaires.

Le taux de réussite de cette technique est plus important que pour les greffes en onlay qui ne reçoivent leur vascularisation que par une seule face lors de la cicatrisation (alors qu'ici le greffon est vascularisé par toutes ses faces sauf une).
 - **Les greffes pédiculées** déplacées verticalement ou latéralement.
 - Les techniques de **régénération papillaire.**
- Pour la correction des déficiences gingivales des sites potentiellement implantables, les procédures chirurgicales conventionnelles telles que les greffes de tissu conjonctif, les greffes gingivales libres, et les lambeaux déplacés coronairement sont les modalités de traitement les plus fréquemment employées.
- Selon les besoins spécifiques au patient, l'augmentation des tissus mous peut se placer avant, pendant ou après l'implantation dans la séquence thérapeutique.
 - Pour les **déficiences sévères**, ou lorsque des **implants en 1 temps chirurgical** sont choisis, il est préférable d'augmenter le site avant ou pendant l'implantation.

Pour cette correction pré-implantaire, les greffes en onlay ou de conjonctif enfoui sont les plus utilisées.

- Pour les **implants en 2 temps chirurgicaux**, la majorité des procédures d'augmentation des tissus mous se déroule lors du stade 2 chirurgical (découverte implantaire).
Une technique pourrait être de comprendre un maximum de tissu kératinisé dans le lambeau en décalant l'incision palatinement ou lingualemment. La dissection du lambeau doit se faire en épaisseur totale au niveau de la tête de l'implant, et en épaisseur partielle au niveau vestibulaire. Le lambeau est repositionné apicalement et vestibulairement. Les avantages de cette technique sont un gain tissulaire vestibulaire et une correction des déficiences préexistantes de la profondeur vestibulaire ou de l'alignement de la jonction mucogingivale.
Cette technique peut aussi être associée à des greffes de conjonctif enfoui.

2.3.2.3.4.2 Cas particulier de l'aménagement papillaire : « le défi esthétique » (272)

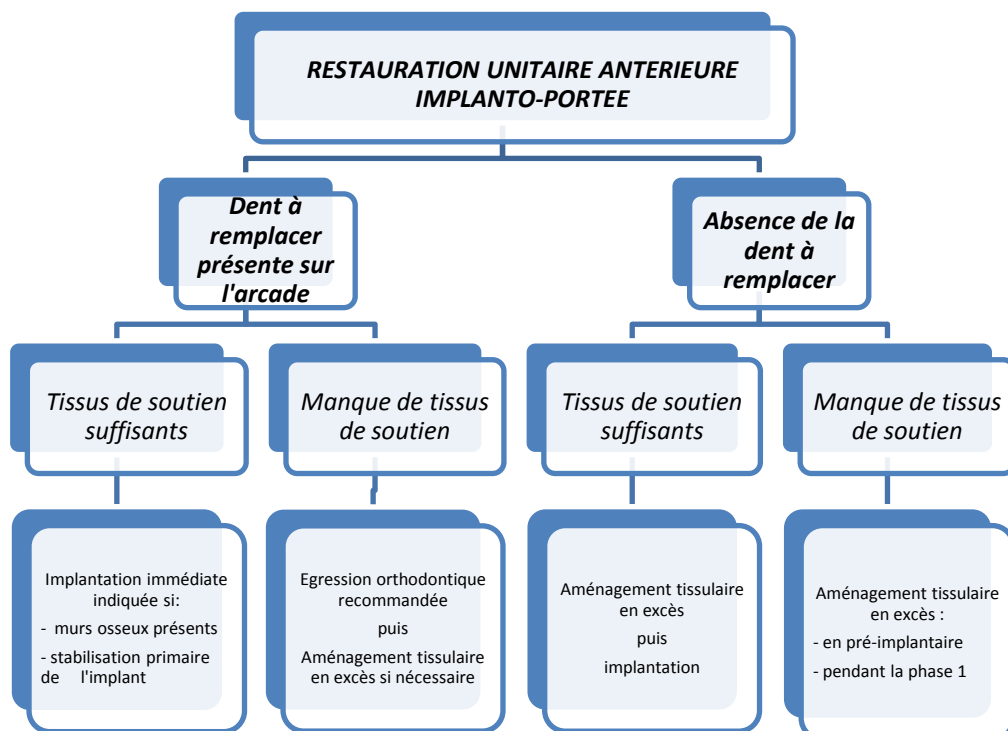
- Les causes de perte de la papille sont diverses, elles sont soit absolues, soit relatives.
 - Les causes absolues : la chirurgie parodontale, la chirurgie osseuse, l'extraction dentaire traumatique.
 - Les causes relatives : le biotype gingival, la taille de l'embrasure parodontale (dépend de la forme de la dent, de sa taille, et des divergences radiculaires).
- Or la perte de la papille peut causer, outre des problèmes esthétiques, des problèmes phonétiques.
- Il faut préserver les papilles par des incisions adaptées (lambeau esthétique d'accès). Mais il est aussi possible de les restaurer par un réaménagement tissulaire en phase pré, per ou post-implantaire :
 - **En phase pré-implantaire** : par des techniques chirurgicales mucogingivales de surcontour, par un festonnage de l'os crestal pour modeler des pics osseux qui feront office de soutien papillaire, par extrusion orthodontique lente (lorsque la dent à extraire est encore présente). Cette égression radiculaire forcée, permet une translation coronaire de l'ensemble tissu dur/tissu mou, générant ainsi de façon prévisible un excès tissulaire vertical (technique développée ultérieurement).
 - **En phase per-implantaire (phase 1 et/ou 2)** : par des techniques chirurgicales mucogingivales de reconstruction/régénération, par un enfouissement implantaire contrôlé, par des techniques de stimulation visant à régénérer la papille.
 - **En phase post-implantaire** : grâce à des piliers de cicatrisation anatomiques, grâce à une mise en forme du berceau prothétique par une prothèse provisoire personnalisée, grâce à un temps suffisant de maturation des tissus. Verticalement, la stimulation de croissance papillaire s'effectue si la distance de 4 à 5 mm entre le point de contact de la restauration provisoire et le sommet de la crête osseuse est respectée ; latéralement, la stimulation est assurée par une pression douce grâce aux contours axiaux de la prothèse transitoire.
- Dans des conditions anatomiques favorables, les techniques de préservation papillaire ou de modification du contour de la restauration provisoire ne sont pas nécessaires à la régénération de cette architecture, laquelle redevient normale seule avec le temps généralement en 6 mois à 1 an. Jemt montre que le facteur temps est important dans la maturation et la régénération papillaire **(113)**.

2.3.2.3.4.3 L'égression orthodontique forcée

- Cette technique sera détaillée ultérieurement.

2.3.2.3.5 Critères de choix et timing de la technique d'augmentation tissulaire (22) (226)

- Le succès de la fabrication d'une restauration implanto-portée dans la zone esthétique nécessite un diagnostic et un plan de traitement précis. La planification du traitement avant les phases chirurgicales et prothétiques, est essentielle à l'obtention d'un résultat thérapeutique esthétique.
- La qualité du résultat esthétique dépendant de celle de la planification de la reconstruction chirurgicale, celle-ci doit déterminer :
 - Le **type de matériau ou de tissu** qui doit être implanté.
 - **Technique et localisation du prélèvement.** Le site donneur recherché en première intention est intra-buccal, mais si les maxillaires sont fins ou qu'une grande quantité de tissu est nécessaire, il peut être nécessaire de prélever l'os autogène dans un site extra-oral, d'utiliser de l'os allogène ou encore de l'os synthétique.
 - La **quantité de tissus** nécessaires au comblement du défaut, et leur **placement** pour restaurer la crête dans ses dimensions originelles.
 - Le **nombre d'interventions** nécessaires à la restauration de la crête. Si une procédure chirurgicale en un temps n'est pas suffisante à augmenter la crête, plusieurs interventions seront nécessaires.
 - La **planification de la chirurgie** d'augmentation par rapport à la chirurgie implantaire. Dans les cas où des déhiscences simples, ou de petits défauts osseux sont présents, et que l'os restant permet une stabilisation primaire de l'implant, les procédures d'augmentation osseuse peuvent être effectuées au moment de la chirurgie implantaire.



Critères de choix de la technique d'augmentation tissulaire.

Fig. 25, d'après (22)

2.4 Les critères du succès implantaire : un concept global

(22) (63) (181) (217)

- Les restaurations prothétiques doivent s'intégrer harmonieusement dans les particularités du cadre facial pour répondre aux exigences fonctionnelles et esthétiques. Ce concept global sous entend :
 - Une intégration morphologique
 - Une intégration biologique
 - Une intégration esthétique
 - Une intégration fonctionnelle

2.4.1 Intégration morphologique

(147)

- **Intégration morphologique exobuccale**
- La restauration ne doit pas perturber l'aspect exobuccal du patient. Cela concerne les tissus mous de la face (joues, lèvres, philtrum, sillons naso-géniens), la symétrie faciale (verticale et horizontale), le profil, la dimension verticale d'occlusion, les expressions faciales.
- **Intégration morphologique endobuccale**
- Le positionnement de l'implant doit permettre un support osseux suffisant, un axe implantaire compatible avec une restauration prothétique adaptée, et une préservation des structures anatomiques.
- Une hauteur et une épaisseur alvéolaire adaptée, et la qualité de l'alvéole sont indispensables pour un placement idéal de l'implant, et le résultat clinique final. De plus, le profil des tissus mous est très largement influencé par le tissu osseux sous-jacent. Par conséquent, la correction des déficiences osseuses permet non seulement un placement idéal de l'implant, mais aussi la création d'un profil des tissus mous plus naturel, ce qui influence l'anatomie coronaire et donc l'esthétique. D'autres facteurs sont importants tels que la relation avec les dents adjacentes, avec les structures faciales comme la ligne du sourire.
- La restauration doit reproduire l'aspect des dents adjacentes.
- La restauration ne doit pas perturber l'occlusion ni les rapports intermaxillaires.

2.4.2 Intégration biologique

- L'intégration biologique de l'implant consiste essentiellement en son ostéointégration. Mais elle repose aussi sur sa muco-intégration implantaire. Celle-ci consiste en l'établissement d'une attache mucoépithéliale au niveau du col de l'implant et du pilier prothétique qui protège l'implant des attaques bactériennes.
- Cliniquement, l'absence de saignement est un indicateur fiable de la stabilité implantaire, mais l'absence de mobilité et d'image radiologique radio-claire sont des signes à rechercher aussi.
- Les échecs de l'intégration biologique de l'implant sont représentés par :
 - La fibro-intégration au lieu de l'ostéointégration, c'est-à-dire l'interposition d'un tissu fibreux autour de l'implant.
 - La mucosite (inflammation de la muqueuse péri-implantaire) pouvant évoluer en péri-implantite. Elle se présente sous forme d'une lésion osseuse irréversible en forme de cupule associée à une flore pathogène (Mombelli et coll., (157))

2.4.3 Intégration esthétique (concerne surtout les secteurs antérieurs)

(83) (85) (86) (272)

- L'objectif de l'implantologie moderne n'est plus seulement l'ostéointégration, mais aussi l'esthétique de la restauration.
- Bien que le remplacement de dents manquantes par des implants soit devenu une technique courante, la restauration de dents antérieures par une prothèse implanto-portée est très délicate et reste un des challenges les plus difficiles.
- Même si l'esthétique est une notion subjective, il existe des éléments qui conditionnent son succès :
 - **Les tissus durs**
 - Il s'agit de la quantité d'os alvéolaire résiduel disponible au niveau de la crête édentée, afin de permettre un placement tridimensionnel idéal de l'implant.
 - En effet, le contour gingival suivant celui de l'os sous-jacent, un facteur clé du succès esthétique de l'implant sera la présence ou l'absence d'os alvéolaire adéquat, qu'il s'agisse de sa hauteur, de son volume ou de l'épaisseur de sa corticale osseuse
 - **Les tissus mous**
 - Il s'agit de l'aspect des tissus mous et de leur type.
 - L'environnement tissulaire de la restauration doit avoir, dans les 3 dimensions, un profil identique à celui des tissus qui entourent les dents controlatérales.
 - La restauration du contexte gingival concerne les papilles interdentaires, la forme festonnée de la gencive marginale, la hauteur de gencive attachée et son bombé radiculaire, sa couleur, et son épaisseur, tous devant être identiques à ceux des dents naturelles adjacentes dans les 3 dimensions.
 - **La restauration prothétique**
 - La restauration définitive doit être en harmonie avec les dents naturelles.
 - Sa taille et sa forme doivent mimer les dents adjacentes.
 - La teinte est choisie selon l'âge, le teint du patient et les teintes des dents adjacentes.
 - Les céramiques ont beaucoup évolué et participent à l'aspect naturel des restaurations prothétiques. Les céramiques simulent les dents naturelles dans leurs propriétés physiques et optiques qu'il s'agisse de l'opalescence, de la fluorescence, de la saturation et de la teinte.
 - Par ailleurs, la restauration elle-même participe à la reconfiguration du profil des tissus mous puisque la céramique supporte au moins les 3mm les plus coronaires de la gencive marginale libre de l'interface gencive/restauration.

- Le guide de référence pour un traitement planifié des problèmes esthétiques est *le triangle esthétique (272)*.

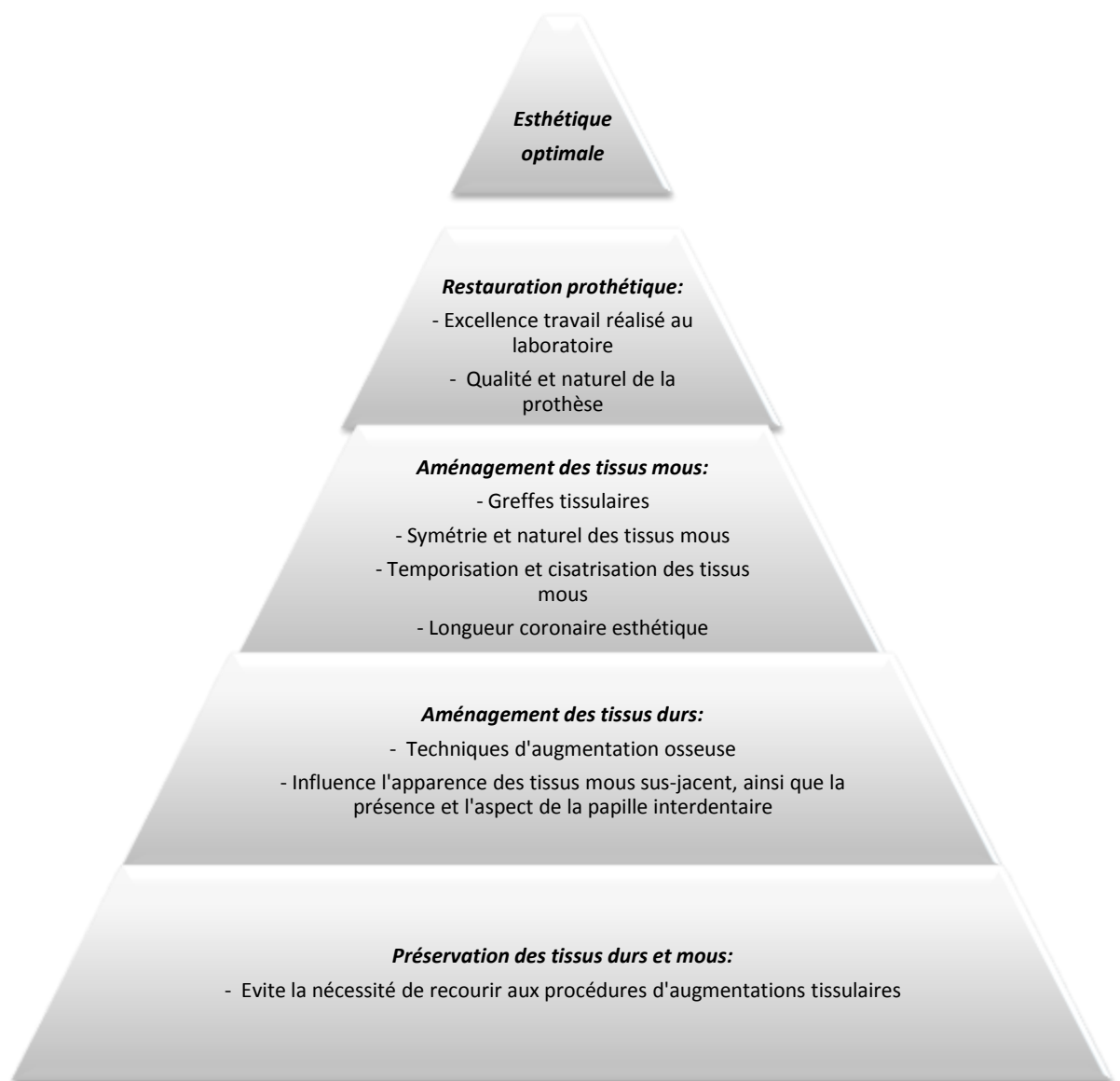
Il a été développé pour résoudre les problèmes esthétiques autour des dents naturelles et des implants.

La base du triangle réside en un contrôle des tissus durs pour créer les fondations de la préservation des tissus mous adjacents (y compris la papille).

Le second niveau du triangle esthétique concerne le contrôle des tissus mous grâce à un examen minutieux de l'épaisseur tissulaire, de leur symétrie, de la nécessité de greffes de tissus mous ou d'amélioration et de réaménagement du site implantaire.

Enfin, l'extrémité du triangle concerne les procédures restauratives qui peuvent corriger les problèmes esthétiques résiduels.

La triade os, gencive, restauration, et ses relations avec les dents adjacentes constituent donc les fondements d'une restauration esthétique.



Guide de référence de la planification des problèmes esthétiques : le triangle esthétique.

Fig. 26, d'après (272)

2.4.4 Intégration fonctionnelle

(15) (85) (87) (86)

- Comme pour toute restauration prothétique, l'objectif de la restauration implanto-portée est le rétablissement des grandes fonctions que sont la mastication, la déglutition, la phonation et l'esthétique.
- Le fait que l'implant soit ostéointégré, ne garanti pas pour autant le succès prothétique donc le succès implantaire, qui en plus d'être esthétique, doit être fonctionnel.
- Selon Bahat et coll. **(15)** et Garber et Belser **(87)**, la philosophie implantaire originelle a subi un changement radical : le placement de l'implant est désormais guidé par la prothèse. Cela implique que pour toute planification thérapeutique ou décision clinique, la forme finale de la restauration aura été décidée au préalable et détermine les procédures suivantes. L'implant est simplement considéré comme une extension apicale de cette restauration fonctionnelle, autour duquel un support osseux est développé afin de le situer idéalement, tandis que les tissus mous environnants sont développés de sorte à simuler ceux des dents adjacentes naturelles.

3 MOUVEMENTS ORTHODONTIQUES ET LEURS CONSEQUENCES SUR LE PARODONTE : INTERET DANS L'AMENAGEMENT TISSULAIRE

3.1 Biomécanique élémentaire

(20) (55) (60) (245)

3.1.1 Centre de résistance

- Le centre de résistance peut être comparé au centre de masse ou de gravité d'un corps (Bonfont et Guyomard **(34)**, Kuhlberg et Nanda **(124)**).
La notion de centre de résistance apparaît lorsque la dent est placée dans son milieu osseux. C'est le point où se trouve concentrée toute la résistance de cette dent à son propre déplacement d'ensemble.
C'est donc le point à partir duquel un système de forces produit un déplacement en translation pure.
- Le centre de résistance est un point fixe intradentaire dont la position dépend :
 - de la longueur radiculaire
 - de la hauteur de l'os alvéolaire
 - de la densité de l'os alvéolaire
- Il est situé approximativement, pour une dent mono-radiculée, entre le tiers et la moitié de la longueur radiculaire à partir de la crête alvéolaire et, pour une dent pluri-radiculée, à 1 ou 2 mm de la furcation.
- Le centre de résistance se déplace apicalement en cas de support parodontal réduit.

3.1.2 Centre de rotation

- Une force simple appliquée à distance du centre de résistance de la dent détermine un centre de rotation, à un instant donné, autour duquel tourne la dent, ce point étant situé plus ou moins apicalement par rapport au centre de résistance, en fonction du point d'application de la force.
- Le déplacement de la dent dépend donc de la position du centre de la rotation. Il n'est pas forcément situé à l'intérieur de la dent : ce peut être un point extradentaire. Ce n'est pas non plus un point fixe. Il est fonction du système de forces utilisé. Par exemple, si une dent se déplace en translation, c'est-à-dire parallèlement à son grand axe, le centre de la rotation est situé à l'infini.
- Une rotation pure autour du centre de rotation peut être produite en appliquant, à un endroit quelconque de la dent, un couple de force.

3.1.3 Le point d'application

- Le point d'application de la force exercée sur la dent en orthodontie se situe au niveau du verrou quelle que soit la technique utilisée, vestibulaire ou linguale.

3.1.4 Direction

- C'est la ligne d'application de la force
- La résultante d'un système de force peut avoir une direction :
 - Verticale (dans le sens de l'éruption ou dans le sens opposé)
 - Horizontale ou oblique (dans le sens mésio-distal ou vestibulo-lingual)

3.1.5 Intensité

- Lorsqu'on applique une force sur une couronne dentaire, elle se transforme en pression au niveau du desmodonte (force par unité de surface). Cette pression est très inégalement répartie selon le type de force et le milieu, mais en orthodontie on cherchera toujours à utiliser des forces dites *biologiques*. On appelle **force biologique**, une force comprise entre un seuil minimal (suffisant pour induire l'apparition de cellules résorptrices du tissu osseux), et un seuil maximal (dépendant du patient et à partir duquel des lésions irréversibles apparaissent au niveau de la dent, de l'os et du desmodonte).
- Pour chaque type de déplacement et chaque catégorie de dent, il existe une force optimale, idéale. La **force idéale** est inférieure à la pression sanguine, afin de ne pas bloquer l'afflux sanguin en provenance du ligament, mais elle est supérieure aux forces que supportent physiologiquement les dents afin d'engendrer un mouvement.
- Ce qu'on appelle force légère ou force lourde dépend du mode d'application et de l'arrangement mécanique de l'unité dentaire recevant la force (une force localisée destinée à déplacer une dent unitaire mono-radiculée doit représenter qu'une petite fraction de celle destinée à déplacer un bloc de dents).

- Les forces légères présentent les avantages suivants :
 - Le déplacement dentaire souhaité est obtenu plus rapidement qu'avec des forces lourdes.
 - Les forces légères sont moins traumatisantes pour les tissus de soutien.
 - La période de hyalinisation sera plus courte si des forces légères sont utilisées, alors que des forces lourdes sont utilisées, on observera une période initiale de hyalinisation plus longue. Parfois même, si les forces sont excessives, on assistera à la formation de zones hyalinisées secondaires.
 - L'inconfort et la douleur sont moins importants pour le patient. En effet, des terminaisons nerveuses non myélinisées persistent dans les zones hyalinisées, et elles sont moins comprimées lors de la période initiale avec des forces légères.
 - Le risque de résorption radiculaire est moins important.

3.1.6 Le moment de la force

- Si le point d'application de la force pouvait passer par le centre de résistance de la dent, il n'y aurait pas de moment et la dent se déplacerait en translation pure proportionnellement à l'intensité de la force et dans sa direction. Mais lorsqu'une force agit sur une dent sans passer par le centre de résistance de celle-ci, elle provoque un mouvement de version, de bascule autour du centre de rotation.
- Le moment d'une force exercée sur la dent est calculé comme étant le produit de l'intensité de cette force par la distance qui sépare le point d'application de la force et le centre de la résistance de la dent : $M = F \times d$.
- Le rapport M/F décrit l'effet réel du système de forces au niveau du centre de résistance de la dent.
- En faisant varier la valeur du moment par rapport à la force, on obtient différents types de déplacements dentaires. Entre la translation pure et la rotation pure, il existe une grande variété de mouvements possibles (Kuhlberg et Nanda (124)).

3.1.7 Le rythme d'application et durée de la force

- Le rythme d'application de la force peut être de 3 sortes :
 - Force continue : l'application de la force est régulière, l'énergie délivrée par le dispositif orthodontique est très progressivement décroissante.
 - Force discontinue : l'application de la force est caractérisée par l'alternance de périodes d'activité et de périodes de repos qui permettent une réorganisation tissulaire, l'énergie libérée par le système mécanique diminue très rapidement, dès que la dent commence à se déplacer.
 - Force intermittente : l'application de la force est caractérisée par l'alternance quotidienne de périodes d'activité et de périodes de repos.
- La durée de la force, ou la durée de traitement, est souvent considérée comme étant un facteur plus décisif que la magnitude de la force d'un point de vue des réactions tissulaires adverses, surtout dans les cas de longues durées de traitement et de densité osseuse alvéolaire importante.

3.1.8 L'ancrage

- Le principe de l'ancrage est fondé sur la troisième loi édictée par Newton selon laquelle « à toute action correspond une réaction d'intensité égale et de direction opposée ».
- Les conséquences pratiques de ce principe sont que, quelle que soit la thérapeutique orthodontique utilisée, l'application d'une force sur une dent, un groupe de dents ou une arcade, engendre une force de même intensité, de même direction, mais de sens opposé. Cette réaction étant rarement désirée, on recherchera souvent à l'empêcher grâce à l'élaboration d'un ancrage.
- Le mouvement dentaire planifié est souvent réalisé en comprenant plus de dents ou des dents plus importantes dans l'ancrage, afin d'augmenter le nombre de surfaces radiculaires résistantes. De cette manière, la force de réaction au mouvement dentaire ne produit que de faibles voire aucun changement tissulaire au niveau des tissus de soutien des dents d'ancrage, alors que la force développée est optimale pour obtenir le ou les mouvements dentaires souhaités.
- Mais l'ancrage dentaire n'est pas le seul moyen d'ancrage, et il existe divers types d'ancrage à disposition du praticien : les ancrages physiologiques ou les ancrages mécaniques.

3.1.8.1 Les ancrages passifs

3.1.8.1.1 L'ancrage dentaire

- Selon Langlade, la dent étant ancrée dans l'os alvéolaire par l'intermédiaire de son ligament parodontal, sa résistance au déplacement sera définie par la longueur, le nombre et le volume de ses racines.
- La résistance au déplacement dépend de :
 - **La morphologie radiculaire** : longueur, nombre et volume de racines. D'après Freeman, plus la surface radiculaire développée est grande, plus la résistance radiculaire offerte sera élevée.
 - **La position de la dent** : les dents maxillaires résistent moins au déplacement que les dents mandibulaires.
 - **L'inclinaison de la dent**

3.1.8.1.2 L'ancrage osseux

- Selon sa structure, l'os ne présente pas la même résistance. L'os spongieux maxillaire est moins résistant au déplacement dentaire que l'os cortical de la mandibule.
- Cela explique d'ailleurs qu'à la mandibule il est possible d'obtenir un ancrage cortical, en linguoversant les molaires.

3.1.8.1.3 L'ancrage musculaire

- C'est Ricketts qui introduit la notion d'ancrage musculaire grâce à la sangle labio-jugale.
- L'ancrage musculaire varie avec la typologie. Chez les sujets brachyfaciaux il sera plus important.

3.1.8.1.4 L'ancrage occlusal

- L'engrènement cuspidien stabilise les arcades. Il constitue une résistance au déplacement.
- Une courbe de Spee prononcée, ainsi que des cuspides hautes participent à l'ancrage.

3.1.8.2 Les ancrages actifs

- C'est l'ancrage produit par des dispositifs mécaniques orthodontiques pour renforcer l'ancrage physiologique.

3.1.8.2.1 Les dispositifs intra-arcade

- Il s'agit surtout de Quad-Hélix ou d'arc transpalatin au maxillaire, et d'arc lingual à la mandibule.
- Ils sont utilisés lorsque le mouvement dentaire doit être réalisé dans les limites de l'arcade.

3.1.8.2.2 Les dispositifs inter-arcade

- Il s'agit d'élastiques inter-maxillaires de classe III, lorsqu'une force intermédiaire est développée au maxillaire.

3.1.8.2.3 Les dispositifs extra-oraux

- Il s'agit du masque de Delaire ou de forces extra-orales.
- L'ancrage est obtenu grâce à un appui péricrânien ou cervical.

3.1.8.2.4 Les mini-implants **(111)**

- Le concept de composants métalliques vissés au maxillaire ou à la mandibule comme moyen d'ancrage, remonte à 1945 avec la publication par Gainsforth et Higley, d'un article rapportant l'utilisation de vis en vitalium pour réaliser des déplacements dentaires chez le chien **(84)**. Malgré le succès de l'expérience, les mouvements dentaires obtenus ont été limités par la perte des implants dans le mois suivant le début du déplacement dentaire.
- Vingt ans plus tard, Linkow décrit l'utilisation d'implants endo-osseux en titane de très faible diamètre afin de permettre un ancrage orthodontique **(133)**.
- Les implants destinés à l'ancrage orthodontique, doivent dans l'idéal être biocompatibles, peu coûteux, faciles à mettre en place et à déposer sous anesthésie locale, être assez petits pour être placés à différents endroits dans la bouche, permettre une ostéointégration en quelques jours, et être stables dans tous les plans malgré les charges orthodontiques supportées.
- Les implants permettent de remplacer des unités dentaires absentes et constituent un renfort d'ancrage.

3.2 Les précautions à prendre

3.2.1 Orthodontie de l'adulte

(48) (55) (60) (252)

- Les adultes diffèrent des enfants par leur physiologie parodontale. Il en résulte des différences lors du traitement orthodontique de l'adulte :
 - Le parodonte de l'adulte est souvent un parodonte réduit.
 - La réponse tissulaire aux forces orthodontiques est plus lente.
 - La période de latence est plus importante, la réponse à l'application de la force est retardée.
 - Les phénomènes d'apposition osseuse deviennent moins performants.
 - La durée de traitement peut être allongée, le parodonte adulte étant moins cellulaire et plus fibreux.
 - Toutefois, les dents se déplacent tout aussi bien chez l'adulte que chez l'enfant si les précautions nécessaires sont prises.

- D'un point de vue mécanique, certaines précautions doivent être prises lors du traitement orthodontique de l'adulte :
 - Augmenter le nombre de dents servant d'ancrage.
 - Diminuer l'intensité de la force.
 - Utiliser des forces les plus continues possibles.
 - Abaisser le rapport charge/flexion du dispositif (diminuer le diamètre du fil, augmenter la longueur du fil, modifier la nature du fil).
 - Utiliser des dispositifs esthétiques.

3.2.2 Orthodontie en parodonte pathologique (60) (188) (251) (252)

- Le traitement orthodontique d'un patient présentant une maladie parodontale ne doit pas débuter avant que l'infection n'ait été contrôlée. En effet, le mouvement dentaire réalisé en présence d'inflammation parodontale non contrôlée, peut provoquer une aggravation de la profondeur de la poche parodontale, une perte osseuse, une perte d'attache, un émoussement radiculaire plus rapides qu'en cas d'inflammation parodontale chronique seule. Les signes cliniques d'inflammation et de mobilité dentaire seront donc recherchés et contrôlés régulièrement pendant le traitement.
- Par ailleurs en situation de parodonte affaibli, le support osseux est réduit, le centre de résistance se déplace apicalement. Le moment, toujours défini par la formule $M = F \times d$, augmente puisque la force appliquée ne passe pas par le centre de résistance et que d (distance qui sépare le centre de résistance du point d'application de la force) augmente également.
- Le traitement orthodontique en parodonte réduit est donc possible à condition de respecter un certain nombre de critères spécifiques :
 - Utiliser des forces encore plus faibles au début du traitement (Philippe **(180)**).
 - Réduire l'intensité des forces. Normalement, l'intensité des forces utilisées en orthodontie est comprise entre 15 et 150 g au maximum (Proffit **(187)**), en parodonte réduit, leur intensité doit être diminuée.
 - Avoir un moment ou une force les plus constants possibles lors du mouvement.
 - Déplacer le point d'application des forces vers le centre de résistance de la dent (Deblock et Petitpas **(64)**).
 - Réduire l'amplitude des déplacements dentaires à réaliser (Philippe **(180)**).
- Par conséquent, dans le cadre du déplacement dentaire en parodonte réduit, les forces délivrées par les appareils doivent répondre à des données précises et être contrôlées en direction et en intensité. Les appareils qui délivrent des forces incontrôlées et imprécises, tels que les appareils amovibles, ne sont pas utilisés.
- *Cas particulier du traitement orthodontique comme thérapeutique adjonctive au traitement parodontal.* Le traitement orthodontique alors mis en œuvre diffère du traitement orthodontique classiquement réalisé chez l'adolescent :
 - La croissance et le développement ne sont pas des facteurs qui influencent le traitement.
 - Le traitement est plus court puisqu'en général 3 à 6 mois de traitement suffisent.
 - Des sectionnels suffisent à conduire le traitement.

- Lors de la détermination du mouvement, la structure de la crête alvéolaire est tout aussi importante que les malpositions dentaires.
- L'intercuspidation idéale de la dent déplacée n'est pas l'objectif du traitement.

3.3 Les dispositifs mécaniques

3.3.1 Dispositifs amovibles

- Ils sont composés d'une base en résine, de crochets de rétention (simples, boules, Adams), et d'un dispositif exerçant la force.
- Les possibilités de dessin sont infinies, et dépendent de l'effet recherché et de la situation clinique.
- Ils sont retirés pour être nettoyés.
- Ils présentent l'avantage de pouvoir être utilisés en denture mixte ou lorsque des dents sont manquantes, mais l'inconvénient de délivrer des forces peu précises.

3.3.2 Dispositifs fixes

(60)

- Les techniques orthodontiques fixes sont nombreuses, mais on retrouve toujours les mêmes éléments constituant le dispositif.
- **Les bagues**
- Avant l'avènement des techniques de collage, l'orthodontie avait recours à des bagues pour réaliser les mouvements dentaires.
- Il s'agit d'une bague métallique, scellée à la dent (généralement les premières molaires) et l'encerclant.
- Elle comporte des tubes vestibulaires (pour les forces extra-orales, l'arc continu, l'arc de base ou les élastiques inter-maxillaires) et un fourreau palatin au maxillaire (pour le Quad-Helix par exemple).
- **Les brackets**
- Ils sont constitués d'une base servant au collage, et d'une face vestibulaire comprenant une potence (qui soutient les ailettes), une gorge (qui reçoit le fil) et des ailettes (qui retiennent la ligature).
- Leur gorge mesure 0.018x0.025 inches ou 0.022x0.028 inches.
- Les brackets sont de formes variées : monoplots, multiplots.
- Ils sont constitués de différents matériaux : alliages métalliques, résines, céramique ou de plusieurs d'entre eux associés (attache céramique à gorge métallique).
- Les attaches sont positionnées sur la face vestibulaire ou linguale, et on parle de technique vestibulaire ou de technique linguale.
- En technique vestibulaire, il existe différents types d'attaches. Lorsque les informations des trois ordres sont contenues directement dans les attaches, il s'agit de techniques non informées. Ces dernières nécessitent des adaptations au niveau du fil qu'il faut alors plier.

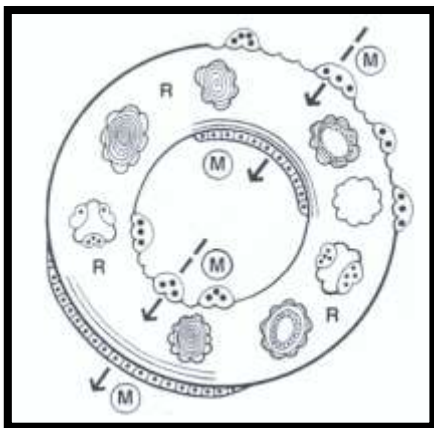
- **L'arc**
- Les arcs peuvent être continus, s'ils relient toutes les dents de l'arcade ou sectionnels, si une seule partie de l'arcade est concernée par le mouvement dentaire.
- Ils peuvent être ronds, carrés ou rectangulaires, selon les propriétés recherchées.
- La taille de leur section influera sur leur rigidité et leurs propriétés mécaniques.
- Ils peuvent être souples (Ni-Ti), rigides (acier ou Elgiloy) ou intermédiaires (TMA).
- Les arcs Ni-Ti, grâce à leur propriété de mémoire de forme, sont indiqués lorsque qu'un nivellement est recherché.
- **Les ligatures**
- Elles solidarisent les attaches à l'arc.
- Elles peuvent être simples, doubles, métalliques ou élastomériques.
- Dans le cas des brackets auto-ligaturants, elles ne sont pas nécessaires.

3.4 Les différents mouvements orthodontiques et leurs conséquences tissulaires

3.4.1 Remaniement et remodelage osseux normaux (245)

3.4.1.1 Définitions

- Qu'il soit cortical ou trabéculaire, l'os croît, s'adapte et se renouvelle par deux mécanismes fondamentaux distincts : le modelage et le remodelage.
- Au cours du **modelage osseux**, des sites indépendants de résorption et d'apposition modifient la forme de l'os (forme et/ou taille).
- Par contre, le **remodelage osseux** est un phénomène spécifique composé de phases couplées de formation et de résorption (l'os est résorbé et redéposé en même temps), dans le but de remplacer l'os préalablement existant.
- Le modelage osseux est le processus qui prédomine lors de la croissance faciale ainsi que lors de l'adaptation à des forces appliquées à l'os (c'est le cas des déplacements orthodontiques) ; tandis que le remodelage permet de réguler l'homéostasie phosphocalcique.



**Section schématique d'os cortical
présentant des zones de modelage et de
remodelage**

M : Zone de modelage, la résorption et la formation osseuse ne sont pas couplées
R : Zone de remodelage de l'os préexistant selon le cycle ARIF

Fig. 27, d'après Roberts WE et all. :
Indiana dent Assoc 1989;68:19-24

3.4.1.2 Les facteurs influents

- Les mécanismes de modelage et de remodelage sont régulés et contrôlés par une interaction de signaux métaboliques et mécaniques.
- Le modelage osseux est essentiellement influencé par des facteurs biomécaniques. Cependant, les hormones et d'autres facteurs métaboliques, bien qu'ayant un rôle secondaire, sont très influents.
- Le remodelage dépend essentiellement de médiateurs métaboliques.
- En 1892, Julius Wolff énonce qu'une traction graduelle sur des tissus vivants crée un stress qui peut stimuler ou maintenir la régénération ou la croissance de certains tissus (269). Ce principe est appelé la **loi tension-stress**. Les tissus soumis à une traction légère et continue, voient leur métabolisme s'activer c'est-à-dire que la prolifération et la synthèse cellulaire sont stimulées. Ces processus régénératifs dépendent de l'adéquation et de l'équilibre entre l'apport sanguin et l'intensité de la force stimulante. L'application de ce principe a permis pour la première fois de contrôler la réparation osseuse et les procédés de remodelage osseux et des tissus mous dans de nombreuses situations.

FACTEURS INFLUANT LE MODELAGE OSSEUX	
MECANIQUES	Charges maximales reçues ($\mu\epsilon$) (microstrain $\mu\epsilon$: pourcentage de déformation $\times 10^{-4}$)
Atrophie osseuse	<200
Maintien osseux	200-2500
Hypertrophie osseuse physiologique	2500-4000
Surcharge pathologique	>4000
ENDOCRINES	
Hormones métaboliques osseuses	PTH, vitamine D, Calcitonine
Hormones de croissance	Somatotropine, IGF 1, IGF II
Stéroïdes sexuels	Testostérone, Œstrogènes
PARACRINES ET AUTOCRINES	
Grande variété de facteurs locaux	

FACTEURS INFLUANT LE REMODELAGE OSSEUX	
METABOLIQUES	
PTH	↑ de la vitesse de remodelage
Œstrogènes	↓ de la vitesse de remodelage
MECANIQUES	
<1000 $\mu\epsilon$	plus de remodelage
>2000 $\mu\epsilon$	moins de remodelage

Fig. 28, d'après (245)

3.4.1.3 Cycle ARIF (activation, résorption, inversion, formation)

(23) (60) (105) (106) (245)

- Lors du remodelage osseux : apposition=résorption.
Lors du modelage osseux :
 - Si la résultante est une croissance osseuse : apposition>résorption.
 - Si la résultante est une diminution osseuse : résorption>apposition.
- Frost (81) puis Baron (17) (18) ont décrit le cycle du remaniement osseux comme une séquence d'évènements immuables : activation, résorption, inversion, formation (cycle ARIF) au niveau de foyers anatomiquement individualisés (*Bone Remodeling Units*, BRU) qui sont constitués chacun d'un groupe limité de cellules. Chaque unité de remodelage (BRU) permet le remaniement d'un seul foyer.
- **Le cycle du remaniement osseux comprend plusieurs étapes :**
- **Phase de repos**
- L'os est recouvert d'une couche de cellules bordantes plates et fines dérivant des ostéoblastes.
- **Phase d'activation**
- C'est la première étape du cycle du remaniement.
- Elle implique :
 - La détermination de la zone à remodeler
 - Le recrutement des précurseurs des ostéoclastes
 - L'accès à la zone à résorber (Saffar (209))
- Les ostéoblastes réalisent un décapage enzymatique de la zone à résorber, ce qui va rendre possible l'action des ostéoclastes et va également libérer des peptides ayant un pouvoir chimiotactique sur les monocytes sanguins précurseurs des ostéoclastes. Les ostéoblastes contrôleraient et réguleraient donc, localement, la résorption osseuse ostéoclastique (Saffar (209)).
- **Phase de résorption**
- Les pré-ostéoclastes fusionnent et forment des ostéoclastes qui résorbent la matrice osseuse minéralisée. Ces cellules acidifient d'abord un micro-compartiment osseux puis rejettent des enzymes protéolytiques. La phagocytose des produits de dégradation se fait par Les fibroblastes et Les macrophages.
- Le résultat de la résorption est une lacune osseuse dite lacune de Howship.
- La résorption osseuse peut aussi bien être un processus physiologique que pathologique puisque dans les deux cas les ostéoclastes sont présents (McLean (149)).
- **Phase d'inversion**
- Lors de l'inversion (Baron (17) (18)), les ostéoclastes laissent la place aux ostéoblastes qui vont réparer la perte osseuse.
- Cette phase permet le couplage entre la résorption et la formation.
- On observe une ligne cémentante de couplage qui « cimente » l'os ancien à l'os nouvellement formé.

- **Phase d'apposition**

- La matrice osseuse est sécrétée par les ostéoblastes récemment recrutés : elle est alors appelée tissu ostéoïde (matrice organique immature non calcifiée). Elle est ensuite minéralisée.
- Cet os est très résistant à la résorption.
- Il demeure radioclaire jusqu'à ce qu'il se minéralise, il n'est donc observable radiographiquement que 2 à 3 semaines après sa formation effective.
- Lors du remodelage, la quantité d'os formé est égale à celle qui a été résorbée précédemment.
- Au cours du remplissage de la lacune, certains ostéoblastes vont disparaître, d'autres vont s'inclure dans l'os néoformé (ils prennent le nom d'ostéocytes), d'autres enfin deviendront des cellules bordantes caractéristiques d'une surface au repos.

3.4.2 Principes généraux de la réponse biologique au déplacement orthodontique (20) (60) (194) (196) (245)

3.4.2.1 Effets mécaniques immédiats (16) (30) (31)

- Le mouvement dentaire instantané dans le ligament parodontal est appelé déplacement primaire alors que le mouvement suivi d'une réponse biologique est appelé déplacement secondaire.
- Dès l'application d'une force, un déplacement immédiat (déplacement primaire) peut-être observé.

Il y a alors compression du desmodonte sur la face en pression. Sur la face, dite en tension, le desmodonte est étiré (cet étirement permet de résister contre tout déplacement supplémentaire). Ces deux phénomènes se produisent de façon concomitante lors du déplacement dentaire primaire.

Le mécanisme de ce déplacement immédiat est essentiellement hydraulique, c'est-à-dire lié au passage de fluides de la face en pression à la face en tension et à l'écrasement vasculaire au niveau de la face en pression (Bien et Ayers **(31)**, Bien **(30)**).

- Si la force est plus importante, en plus des effets précédemment cités, une déformation de l'os alvéolaire est observée.
- Des forces extrêmes peuvent même entraîner une déformation de la dent (Baron **(16)**).
- Ceci implique qu'il existe une hiérarchie des tissus face aux possibilités de déformation.
- A l'arrêt de la force, la dent revient à sa position initiale en 1 à 2 minutes.

3.4.2.2 Effets biologiques à court terme

3.4.2.2.1 Face en pression

(16) (125) (138) (192) (194) (195) (206) (243) (245)

- Le mouvement dentaire secondaire présente deux phases.

3.4.2.2.1.1 Première phase : phase de sidération

- Cette première phase présente trois stades :
 - Le premier est un processus dégénératif : c'est la formation de la zone hyaline
 - Le deuxième est l'élimination de cette zone
 - Le troisième est l'établissement d'une nouvelle attache desmodontale
- **Formation de la zone hyaline**
- Du fait de l'écrasement vasculaire, une zone tissulaire d'extension variable va être partiellement ou totalement privée de l'apport métabolique vasculaire. Les faisceaux de collagène sont comprimés. La substance fondamentale et les cellules situées primitivement entre ces faisceaux sont chassées. Les cellules restantes au niveau de cette zone vont voir leur noyau dégénérer avant d'être complètement lysées (Macapanpan et coll. (138), Reitan (192), Kvam (125)).
- Cette zone est alors constituée uniquement de fibres tassées. Elle a un aspect vitreux en microscopie optique, d'où le nom de zone hyaline (Reitan (192)). Il s'agit d'une zone nécrotique, stérile (Thilander et coll. (245)).
- La dégénérescence cellulaire débute là où la pression est maximale et où le rétrécissement de la membrane parodontale est le plus important. Cela peut ne concerner que certaines zones limitées du ligament parodontal, ou s'étendre de la surface radiculaire à l'os alvéolaire. Au microscope électronique, il a été démontré que des changements cellulaires et vasculaires avancés peuvent survenir dans les heures suivant l'application de la force :
 - La diminution du débit sanguin est suivie par la désintégration des parois vasculaires et par la destruction des éléments cellulaires grâce à des mécanismes différents de ceux responsables de la destruction physiologique.
 - Les cellules subissent une série de changements, commençant par une augmentation des mitochondries et du réticulum endoplasmique et se poursuivant par une rupture et une dissolution de la membrane cytoplasmique. Il en résulte des nuclei isolés dans des éléments fibreux compressés (pyknose), ce qui est le premier signe de hyalinisation.
 - Après une période de dégradation nucléaire, seuls restent des éléments cellulaires non identifiables entre les fibres de collagène qui se dégradent lentement.
 - Dans les zones hyalines, les cellules ne peuvent se différencier en ostéoclastes, et aucune résorption osseuse ne peut survenir à partir du ligament parodontal. Le mouvement dentaire est donc stoppé jusqu'à ce que l'os alvéolaire adjacent ne soit résorbé, les structures hyalinisées supprimées, et la zone repeuplée de cellules.
- Après le déplacement immédiat dû à la compression desmodontale, le mouvement dentaire va s'arrêter. Il ne pourra continuer qu'après la destruction de la zone hyaline et la colonisation par de nouvelles cellules osseuses, on parlera alors de déplacement secondaire. C'est ce qui explique le délai observé avant le déclenchement du déplacement dentaire à proprement parler.

- Certains facteurs influencent l'apparition de la zone hyaline :
 - **L'âge** : Chez l'enfant, avec des forces légères, la zone hyaline persiste de 2 à 4 semaines. Chez l'adulte qui présente un renouvellement cellulaire plus long, ou lors de l'application de forces excessives, elle peut s'étendre sur 40 jours, voire plus.
 - La **densité osseuse** : Quand la densité osseuse est importante, elle persiste plus longtemps.
 - **L'intensité de la force** : L'étendue de la zone hyaline est fonction de l'intensité de la force développée. C'est pourquoi il est bon de commencer les traitements avec des forces très légères pour limiter l'importance de cette zone et, par là même, le temps de latence précédant le déclenchement du mouvement dentaire. En clinique orthodontique, quelle que soit l'intensité des forces appliquées, même si elles sont très faibles, la hyalinisation est inévitable.
 - **Le type de mouvement** : Dans un mouvement de version, la zone hyaline est située légèrement en dessous de la crête alvéolaire d'une des faces osseuses et près de l'apex sur l'autre face. Dans le cas d'une translation, elle correspond à une zone verticale allongée, en regard du tiers moyen de la racine selon Reitan (**194**) ou à la jonction du tiers cervical-tiers moyen selon Thilander et coll. (**245**). Elle sera moins étendue et plus éphémère lors des mouvements de translation (Reitan, (**125**)), sûrement grâce à la meilleure répartition de la force sur la surface radiculaire en pression.
 - **L'anatomie radiculaire**. Nombre de racines, forme des racines, ...
- **L'élimination de la zone hyaline**
- Les zones en périphérie des tissus compressés et hyalinisés sont éliminées grâce à un envahissement cellulaire et de vaisseaux sanguins en provenance du parodonte adjacent resté sain. Ces cellules provenant des parties latérales du desmodonte qui n'ont pas été altérées sont responsables de la destruction de la zone hyaline. Il s'agit d'abord des fibroblastes (Ten Cate (**243**)) et des macrophages (Rygh (**206**)) qui phagocytent et éliminent complètement la zone hyaline.
- A la périphérie de la zone hyaline, au niveau des espaces médullaires, la pression est moindre et des ostéoclastes sont toujours présents et actifs. Ces cellules vont recevoir des messages enzymatiques qui parcourent les espaces médullaires. Il va se produire à ce niveau une résorption osseuse. Elle est appelée « *résorption endostée indirecte ou sapante* ». L'os alvéolaire adjacent est donc détruit par une résorption osseuse indirecte qui survient grâce à des cellules qui se sont différenciées en ostéoclastes à la surface des espaces médullaires adjacents, ou, si la paroi alvéolaire et la corticale externe sont fusionnées, grâce à ces cellules provenant de la surface du procès alvéolaire.
- **L'établissement d'une nouvelle attache**
- Le rétablissement de l'attache dentaire dans les zones hyalinisées débute par la synthèse de nouveaux éléments tissulaires dès que les tissus parodontaux dégénérés sont éliminés.

3.4.2.2.1.2 Deuxième phase : phase de remodelage osseux

- L'espace ligamentaire est alors plus large qu'au début du traitement, et le tissu parodontal en réparation est très riche en cellules. Les ostéoclastes attaquent la surface osseuse sur une zone beaucoup plus large qu'auparavant.
- **Le remodelage alvéolaire côté ligamentaire**, concerne deux zones :
 - **La résorption latérale directe** de la lame cribreuse : c'est une résorption classique physiologique dans les secteurs non intéressés par la zone hyaline.
 - **Résorption frontale directe** : elle succède à la résorption indirecte (endostée) de la zone hyaline.
- Une fois la zone hyaline disparue, si la force reste dans des limites raisonnables ou qu'elle est légèrement réactivée, une résorption osseuse a lieu directement au niveau de la paroi pression : elle est appelée « résorption directe ».
Mais si la force est très augmentée de façon soudaine, une nouvelle zone hyaline peut apparaître, surtout en cas de version (Reitan **(194)**).
Cependant, une fois déclenchée, la résorption se produit pendant 10 à 12 jours, même si aucune pression n'est plus exercée (Reitan **(195)**). C'est ce qui explique que les forces intermittentes restent efficaces (Thilander et coll. **(245)**).
- Les techniques histologiques modernes révèlent l'ampleur de la rupture des fibres du côté en pression, de sorte que seules les parties des fibres adjacentes à la racine, sont préservées. Une réorganisation complète du système fibreux a lieu dans le ligament. L'appareil d'attache fibreux se réorganise grâce à la production de nouvelles fibrilles parodontales. Ces dernières sont attachées à la surface radiculaire et aux parties de la paroi alvéolaire où il n'y a pas de résorption directe et où il y a une apposition d'un nouveau tissu dans lequel les fibrilles sont incorporées. En effet, lors de la résorption de l'os alvéolaire du côté en pression, le maintien de l'épaisseur de la lamina alvéolaire est assuré par une apposition osseuse à la surface spongieuse.
- Lorsque l'application de la force est adéquate, un grand nombre d'ostéoclastes sont retrouvés le long de la surface osseuse et le mouvement dentaire est rapide.
- **Le remodelage osseux côté endosté** :
 - Côté médullaire, la résorption endostée faisant face à la zone hyaline se poursuit.
 - A distance, elle s'accompagne d'une apposition de compensation dans les zones médullaires.

**Modifications histologiques du côté de la face en pression
d'après Baron**

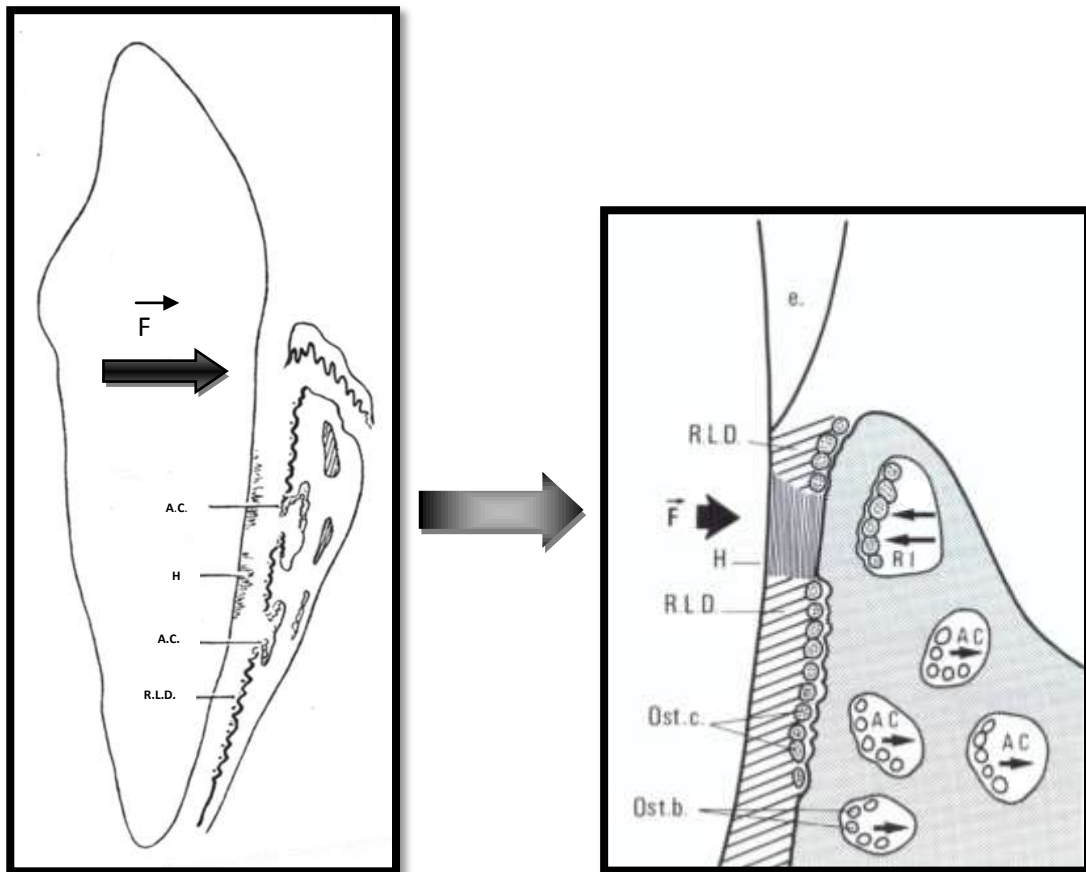


Fig. 29, d'après (245) et (20)

R.L.D : résorption latérale directe
 R.I. : résorption indirecte
 H. : hyalinisation
 A.C. : apposition compensatrice
 Ost.c. : ostéoclastes
 Ost.b. : ostéoblastes
 \vec{F} : direction de la force
 e. : émail

3.4.2.2.2 Face en tension

(16) (17) (118) (138) (206)

- Un élargissement desmodontal est observé. Il est quantitativement égal au rétrécissement du côté opposé. Il n'entraîne pas forcément une augmentation de la tension au niveau osseux mais une compression de la substance fondamentale et un déplacement liquidien.

- Si la force est faible, on observe une apposition ostéoblastique d'emblée. Macapanpan et al. **(138)** ont démontré que la latence des réactions cellulaires est de ce côté beaucoup plus faible : l'augmentation des cellules desmodontales débute quelques heures après le déplacement mécanique initial (la prolifération cellulaire est généralement observée dès 30 à 40 heures chez le sujet jeune) pour atteindre son maximum au bout d'un jour et demi. Les nouvelles cellules mésenchymateuses desmodontales issues de ces mitoses vont se différencier en ostéoblastes (chargés de la synthèse osseuse) et en fibroblastes (chargés de la synthèse des fibres desmodontales). Une force faible permet donc une adaptation directe aux nouvelles conditions mécaniques (Baron **(16)**).
- Si la force est importante, une hyperréaction ostéoclasique se produit pendant un premier temps, suivie par une apposition ostéoblastique après un temps d'adaptation. Les premières cellules à apparaître sont alors des ostéoclastes, et ce, dès le deuxième ou le troisième jour (Baron **(17)**).
- Peu de temps après que la prolifération cellulaire ne débute, le tissu ostéoïde est déposé du côté en tension. La formation de tissu ostéoïde, dépend en partie de la forme et de l'épaisseur des faisceaux de fibres. S'ils sont épais, l'ostéoïde sera déposé le long des faisceaux de fibres étirés, ce qui conduira à la formation d'une lamelle osseuse. Les fibres parodontales d'origine sont incorporées dans les nouvelles couches de pré-os ou d'ostéoïde, lesquelles se minéralisent à partir des zones les plus profondes. De l'os nouveau est déposé jusqu'à ce que le ligament parodontal ait retrouvé une largeur normale, et que simultanément, le système fibreux soit remodelé.
- Le nombre de fibres rompues n'est pas aussi important que du côté en pression, et leur remodelage comprend la résorption et le remplacement du collagène afin d'obtenir un allongement des fibres, mais ce mécanisme n'est pas bien compris. Une synthèse fibrillaire intense a eu lieu afin de maintenir l'épaisseur desmodontale
- Khouw et Goldhaber ont observé une vasodilatation dans les zones en tension **(118)**. Rygh et coll., ont démontré que lors de la phase initiale ou d'une force lourde, le système vasculaire est activé et contribue à la reconstruction du système fibreux **(206)**. Concomitamment à l'infiltration vasculaire, de nombreuses cellules (ex. : macrophages) sont observées autour des vaisseaux. Les cellules et leucocytes qui migrent en dehors des vaisseaux sanguins du ligament parodontal accompagnés de protéines et de fluides, sont capables de produire et de relâcher des facteurs qui interagissent avec des cellules cibles du ligament parodontal et de l'os alvéolaire, afin d'amorcer une réponse adaptée.
- Concomitamment à l'apposition osseuse du côté du ligament parodontal en tension, il se produit un processus de résorption à la surface spongieuse de l'os alvéolaire (face endostée de la paroi alvéolaire en tension). Cela permet de maintenir constantes les dimensions de l'os alvéolaire de soutien. Ce processus correspond à l'apposition endostée se produisant lors de la résorption de l'os alvéolaire du côté en pression. Ces processus sont médiés par les cellules de l'endoste qui recouvrent toutes les surfaces osseuses internes des alvéoles dentaires. En réponse aux forces orthodontiques, un remodelage extensif s'opère dans les couches profondes du périoste qui sont riches en cellules, afin de restaurer l'épaisseur de l'os de soutien.

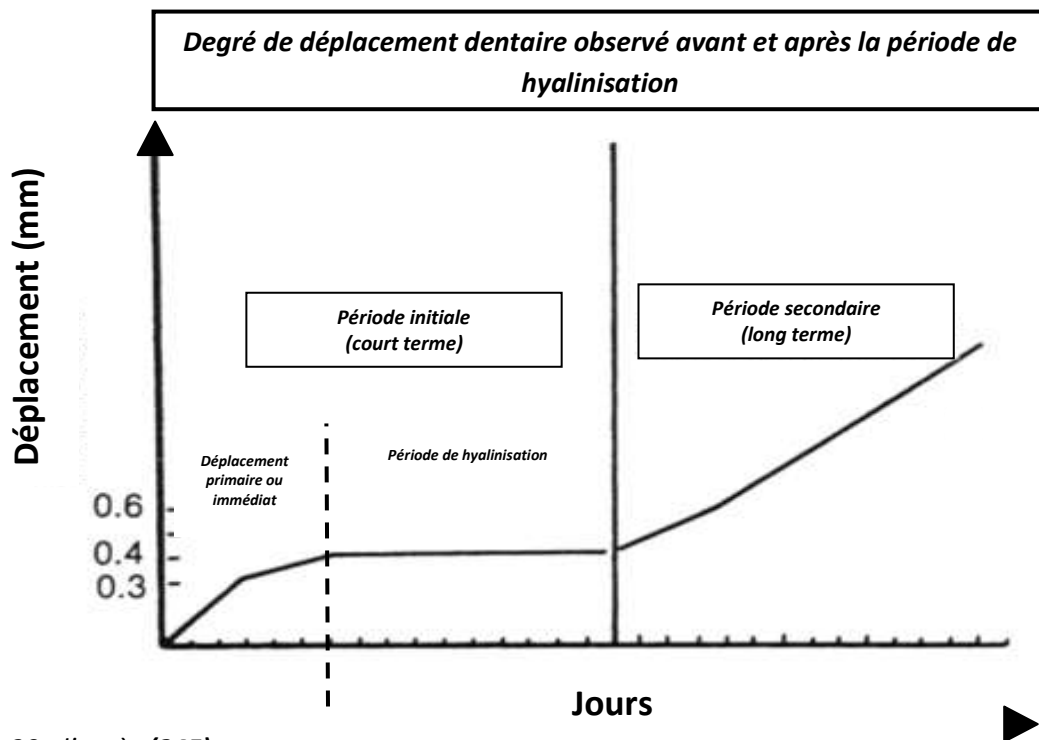


Fig. 30, d'après (245)

3.4.2.2.3 Notion de seuil de force

- La force orthodontique appliquée est modulée par la présence du desmodonte qui amortit cette force de façon irrégulière du fait de son hétérogénéité (vascularisation, orientation et densité des fibres cellulaires).

Il n'y aura réaction tissulaire qu'au niveau des zones osseuses où les pressions transmises seront suffisamment différentes de celles qui s'exercent pendant la fonction normale. Il y a donc un seuil de force qui peut déclencher les réactions cellulaires du remaniement osseux. Chaque patient en présente un qui lui est propre.

- D'après Nefussi, le volume desmodontal serait une constante biologique (160). Sa compression ou son étirement a pour conséquence une série de réactions tissulaires qui seraient destinées à rétablir le volume de l'espace desmodontal, et ce, aux dépens du tissu osseux.

A toute diminution de l'espace desmodontal par compression correspond, avec une certaine latence, une réaction ostéoclasique tendant à rétablir l'espace desmodontal primitif. Le desmodonte a un rôle clé lors du déplacement dentaire provoqué : un rôle ostéogène puisqu'il renferme des cellules précurseurs des ostéoblastes et un rôle d'inhibiteur de l'ossification puisque, en son absence, il atteint la dent, créant l'ankylose, ce qui empêche alors tout mouvement dentaire. C'est pourquoi les implants ostéo-intégrés ne présentent aucun mouvement possible.

- La notion de seuil joue aussi un rôle dans les résorptions radiculaires. Le mouvement dentaire est possible parce que le seuil de résorption osseuse est inférieur à celui de la résorption radiculaire. Il ne faudra pas dépasser ce dernier seuil sous peine d'entraîner une lyse cémentaire et dentinaire (Baron (16)).

3.4.2.3 Effets biologiques à long terme

- Après cette période initiale apparaît une phase d'adaptation cellulaire pendant laquelle le rythme du remaniement osseux est augmenté. Cette accélération est permise par la présence sur le site de nombreuses cellules très actives. Frost a appelé ce phénomène le *Regional Acceleratory Phenomenon (RAP)* (**81**). Dans le meilleur des cas la vitesse de déplacement dentaire = la vitesse de résorption.

3.4.2.3.1 Notion de force optimale

3.4.2.3.1.1 Entretien de la force

- La réponse des tissus parodontaux aux forces orthodontiques dépend de la quantité de force appliquée, de sa durée et de la distance à travers laquelle elle est active. Il a été démontré que la durée de la force influence plus la quantité d'apposition et de résorption que la quantité de force elle-même.
- La logique tissulaire implique en effet, que lorsque le cap des réactions initiales est franchi, il faut entretenir un niveau suffisant de force pour se maintenir au-dessus du seuil cellulaire et utiliser pleinement le *pool* des cellules spécialisées (ostéoblastes ou ostéoclastes) déjà produit.

3.4.2.3.1.2 Intensité optimale des forces

(187) (197) (252)

- Les phases initiales du mouvement dentaire sont essentielles parce que c'est à ce moment que les changements majeurs environnementaux s'opèrent. Les forces légères provoquent un déplacement dentaire doux grâce à une résorption frontale. Les forces lourdes mènent à la nécrose du ligament parodontal, provoquant des douleurs et une importante résorption de l'os alvéolaire entourant la dent déplacée. Les forces légères génèrent une zone de hyalinisation du côté en pression ainsi que des résorptions radiculaires moins importantes que les forces lourdes.
- Si l'intensité et la durée d'application de la force ont un rôle important pendant la phase initiale d'adaptation, il est probable que, une fois cette période passée, l'augmentation de l'intensité de la force ait peu d'inconvénients. La seule limite serait de ne pas franchir le seuil de la résorption radiculaire (Reitan **(196)**).
En fait, l'espace desmodontal recréé à la fin des réactions initiales est plus large que dans la situation physiologique. La force peut alors être augmentée sans pour autant atteindre un niveau de compression tissulaire suffisant pour provoquer une nouvelle hyalinisation. A cela s'ajoute le fait que les ostéoclastes sont maintenant présents le long des travées osseuses et qu'un temps de latence n'est plus nécessaire (Baron **(16)**).
Cependant, avec des contraintes très importantes, des événements nécrotiques au niveau du desmodonte surviennent et vont ralentir le mouvement jusqu'à l'annuler.
- Il serait bon de définir la force optimale permettant le mouvement dentaire le plus rapide possible sans entraîner de perte tissulaire. Le problème n'est donc pas de mobiliser les dents mais de connaître la vitesse à laquelle les mouvements peuvent se faire sans risque pour le parodonte.

Il faut que la vitesse de déplacement soit sensiblement égale à la vitesse de résorption de l'os pour qu'il n'y ait pas de nouvelle hyalinisation.

- Chez le patient présentant un parodonte affaibli, il faudra moduler la force en fonction du support osseux résiduel.
- Proffit (**187**) et Reitan et Rygh (**197**) donnent les indications concernant les forces optimales en fonction des différents types de déplacements. Il s'agirait de forces juste suffisantes pour stimuler l'activité cellulaire sans oblitérer entièrement les vaisseaux sanguins du ligament (Proffit (**187**)).

Forces optimales selon le type de déplacement		
Type de déplacement en parodonte normal	<i>Forces selon Proffit (187)</i>	<i>Forces selon Reitan et Rygh (197)</i>
Version	50-75 g	Au moins 30 g Force optimale : 50-70 g
Gression	100-150 g	–
Redressement radiculaire	75-125 g	–
Rotation	50-75 g	–
Egression lente	25-30 g	
Egression rapide	50-75 g	–
Ingression	15-25 g	–

Fig. 31, d'après (60)

- Ce qui conditionne la réaction tissulaire n'est pas la force développée mais la pression qui s'exerce, c'est-à-dire l'intensité de la force divisée par la surface radiculaire intra-osseuse sur laquelle elle s'applique.
Cette dernière varie selon la dent et l'état parodontal. Plus le parodonte est réduit, plus les forces devront être légères.
- Il a été suggéré que la force orthodontique idéale reste inférieure à 25 g par cm² ce qui correspond à la pression capillaire. Mais il est impossible de quantifier la limite de tolérance puisque cela dépend selon des individus, de leurs prédispositions héréditaires, et de facteurs systémiques.
- Il existe des niveaux de force qui sont physiologiquement acceptables pour le parodonte. Il est important de toujours garder cela à l'esprit car le mouvement dentaire est primitivement un phénomène induit par le ligament parodontal, pour lequel un même niveau de force n'induit pas le même niveau de stress aux tissus de soutien selon la dent que l'on considère :
 - En effet, la longueur radiculaire, la morphologie radiculaire, la quantité de soutien osseux, le point d'application de la force et le centre de rotation sont autant d'éléments qui permettent de déterminer les zones de stress du ligament parodontal.

- Afin d'éviter d'endommager les tissus, il est important de considérer les zones de stress maximal qui peuvent exister au sein du ligament parodontal selon le type de force exercé.

3.4.2.3.2 Modelage des tissus de soutien

3.4.2.3.2.1 Modelage des tissus durs

(80)

- Dans la littérature classique, la dent est déplacée au travers des tissus de soutien. Selon cette conception, la force appliquée déclenche (ou accroît) l'ostéoclasie sur la face radiculaire en pression, et active l'ostéoblastie sur la face en tension. L'os se résorbe devant la dent et se reconstruit en arrière d'elle. La dent peut donc être déplacée tant qu'il reste de l'os à résorber dans la direction du déplacement. Les limites de ce déplacement sont ainsi fixées par les enveloppes corticales, sinusales ou suturales de l'os alvéolaire.

Mais d'après Fontenelle **(80)**, la dent ne se déplace pas au travers de son os de soutien. Tout se passe comme si elle entraînait avec elle son os de soutien et ses limites, qu'elles soient suturales, corticales ou sinusales. Selon la terminologie de Rasmussen et Bordier **(190)**, le déplacement dentaire induit à distance modelage et remodelage. Ainsi, la dent induit la formation de son os de soutien dans le site vers lequel elle est déplacée, tandis qu'elle n'assure plus son soutien dans le site qu'elle a quitté. Grâce à ces remaniements tissulaires, la dent déplacée conserve, en avant et en arrière d'elle, une lame d'épaisseur constante.

- L'orthodontie ne déplace pas les dents comme un élément mobile traversant des tissus de soutien fixe. Elle déplace, modèle, remodèle l'ensemble du complexe dento-parodontal : dents, desmodonte, os de soutien, tissu de recouvrement.

Mais si certaines conditions parodontales ne sont pas réalisées, le mouvement orthodontique n'entraîne pas forcément un déplacement du complexe dento-parodontal. Il provoque plutôt alors un déplacement de la dent, au travers des limites alvéolaires, créant une fenestration avec perte de l'ancrage desmodontal et de l'attache gingivale (Thilander et coll. **(244)**).

Dans ce cas, la dent est alors déplacée au travers de son support mais pas avec son support.

- Le modelage parodontal accompagnant le déplacement dentaire ne peut être obtenu de manière raisonnablement prévisible, que si 3 conditions sont réunies : conditions mécaniques, conditions anatomiques et conditions de contrôle de l'inflammation. En conclusion, le déplacement dentaire, s'il est réalisé suivant des conditions mécaniques limitant au maximum la hyalinisation (Fontenelle **(80)**) permet d'obtenir un remaniement prévisible de l'anatomie parodontale, y compris en présence d'une épaisseur d'os vestibulaire fine.

3.4.2.3.2.2 *Modelage des tissus mous*

(10) (37) (69) (80) (194)

- Si la dent entraîne son os de soutien, elle entraîne aussi l'ensemble du parodonte, y compris les tissus gingivaux (Boyd **(37)**, Fontenelle **(80)**).
- Reitan a démontré (études animales et chez l'homme) que lorsque les dents sont déplacées, les fibres connectant l'alvéole à la gencive sont déplacées et étirées **(194)**.
- Dans une étude, Atherton et Kerr montrent que lorsqu'une dent est versée distalement, la face distale « plonge » sous la gencive alors que la face mésiale est plus exposée. Il en résulte une éversion de l'épithélium gingival de la surface dentaire (faisant apparaître un triangle érythémateux appelé « red patch »). A partir de l'apparition du « red patch », la quantité de dent exposée est égale à celle de gencive qui se sépare de la surface dentaire **(10)**.
- Edwards, dans une étude sur la récidence, étudie les modifications gingivales en utilisant des tatouages gingivaux réalisés avant une rotation dentaire **(69)**. Puisque les tatouages sont déplacés dans la direction de la rotation dans tous les cas, il en conclut que **la gencive attachée, et plus particulièrement la gencive marginale s'étire et se déplace avec la dent au fur et à mesure de la rotation.**
- D'après Reitan, ces changements sont instables pendant un certain moment et nécessitent une période de stabilisation avant d'observer des changements structurels secondaires **(194)**. Cette instabilité est due à la contraction des fibres après le mouvement dentaire, mais qui diminuera au cours de la période de rétention. Toutefois une tendance à la contraction des faisceaux de fibres plus longue persiste au niveau des fibres supra-alvéolaires (qui sont très élastiques et se mêlent aux fibres gingivales libres) qui sont remaniées plus lentement que le reste du ligament parodontal. D'ailleurs leur potentiel de contraction est tellement important que, lorsqu'une force trop importante a été utilisée ou que le mouvement a été trop rapide, les fibres exercent sur la dent un mouvement inverse ce qui a pour conséquence de provoquer des zones de hyalinisation dans les anciennes zones de traction (où de l'os a été néoformé).

3.4.3 **Conséquences tissulaires de l'égression (traction lente OU traction rapide)**

- Dans cette partie, nous ne détaillerons que des conséquences tissulaires de l'égression, les autres déplacements orthodontiques, bien que répondant aux principes généraux énoncés précédemment, ne constituant pas le sujet de ce travail de thèse.

3.4.3.1 **Définition**

(60) (208)

- L'égression est un déplacement d'une ou de plusieurs dents dans le sens apico-coronaire. Selon Biggerstaff et coll., puisqu'il se fait dans le sens de l'éruption dentaire, il est facile à réaliser **(32)**.
- En effet, le mouvement d'égression est le mouvement orthodontique le plus simple à obtenir, puisque les forces extrusives créent uniquement une tension au sein du ligament parodontal contrairement aux autres procédures orthodontiques pour lesquelles les forces compressives mobilisent les ostéoclastes afin de résorber l'os du côté en pression et de permettre le déplacement dentaire, l'apposition osseuse se produisant du côté en tension. Le mouvement dentaire d'extrusion est par conséquent habituellement rapide et facile à obtenir, sauf lorsque les racines sont courbes ou présentent des crochets apicaux.

- Par ailleurs, lorsqu'on exerce une force extrusive, il se produit une force intrusive d'intensité égale et de direction opposée qui se répartit sur les dents servant d'ancrage. Mais, l'égression étant un déplacement facile et rapide, alors que l'ingression est le déplacement le plus lent et difficile à obtenir (il se produit dans une direction qui va à l'encontre des fibres parodontales (Graber et Swain **(95)**), la dent va faire son égression avant même que les dents adjacentes qui soutiennent le système d'ancrage ne puissent se déplacer. En effet, la force d'égression étant légère (25 à 30 g), elle n'est pas suffisante pour provoquer l'intrusion des dents adjacentes. Pour ingresser une dent, la force doit être suffisante pour stimuler la résorption de l'ensemble de la surface alvéolaire.
- Le mouvement d'égression requiert donc des forces de faible intensité afin d'éviter le déchirement du ligament parodontal et par conséquent l'ankylose dentaire.
- Selon Simon et coll., le mouvement de la gencive et de l'os alvéolaire est lié à la vitesse d'égression radiculaire, ainsi qu'à la distance d'égression et à l'intensité de la force appliquée **(228) (230)**. La force nécessaire à l'égression d'une dent ne devrait pas excéder 30 g. Dans ces conditions, l'égression peut être accomplie sans léser l'appareil d'attache parodontal.

3.4.3.2 Parodonte sain : conséquences tissulaires

(10) (21) (23) (27) (44) (69) (74) (80) (98) (103) (107) (109) (152) (165) (173) (193) (194) (196) (200) (208) (230) (233) (232) (234) (245) (252) (253) (263) (271)

3.4.3.2.1 Traction lente

(58) (108) (131) (140) (170) (208) (229) (230) (259)

- Si la racine est extrudée lentement, il y a une croissance compensatoire d'os et de tissu mou comme lors de l'éruption physiologique ou de l'éruption d'une dent sans antagoniste.
- Pour Zachrisson, la crête alvéolaire et la gencive suivent la dent dans son mouvement sur une échelle allant jusqu'à 80% **(271)**.

3.4.3.2.1.1 Description de la force

- La force extrusive doit être dirigée verticalement, et ne pas être gênée par des forces fonctionnelles ou des prématurités occlusales.
- Une force comprise entre 20 à 30 g est suffisante pour provoquer l'égression forcée d'une dent mono-radiculée, sans créer de déchirures ni d'hémorragies dans le ligament.
- Si les racines sont dédoublées ou courbées, une force plus importante ou une durée de traitement plus longue peuvent être nécessaires afin d'obtenir le déplacement escompté.
- La durée de la phase thérapeutique active dépend :
 - de la quantité d'égression souhaitée
 - des caractéristiques de l'hôte
 - de l'âge du patient : le parodonte adulte possède moins de composants cellulaires et des faisceaux de fibres plus rigides, cela peut allonger la durée de traitement
 - de facteurs anatomiques : morphologie dentaire, alignement dentaire, parodonte,...
- La durée d'extrusion peut varier de 1 à 8 semaines.
- Une règle générale basée sur l'expérience clinique dit qu'il faut approximativement une semaine et demie pour chaque millimètre d'égression.

- Il existe un délai entre le déplacement de la dent et celui de l'os, de l'appareil d'attache et de la gencive. Plus vite la dent est égressée, plus grand est ce délai, et plus le temps pour déplacer coronairement le parodonte sera important.

3.4.3.2.1.2 *Conséquences au niveau du tissu osseux*

- Les effets de l'égression orthodontique sur les tissus parodontaux ont été évalués dans des études expérimentales ainsi que dans des études cliniques.
Les premières études d'Oppenheim 1940 **(173)**, Ritchey & Orban 1953 **(200)**, et Reitan 1967 **(196)**, démontrèrent qu'il résulte de l'extrusion dentaire, une apposition osseuse à l'apex (ou en inter-radicaire) ainsi qu'au niveau de la crête alvéolaire de la dent relocalisée, de sorte que la relation entre la crête alvéolaire et la jonction émail-cément reste constante et physiologique.
Zachrisson a mis en évidence que la relation entre la jonction cémento amélaire et la crête alvéolaire est constante, puisqu'elles restent espacées de 1 à 2 mm **(271)**.
- Selon Reitan, concernant les aspects fondamentaux de la réaction tissulaire au cours du traitement orthodontique, il existe des règles générales qui s'appliquent à tout type de mouvement. Dans le cas de l'égression, un des principes ostéophysologiques est que les fibres du ligament parodontal restent liées à l'os par la formation d'os nouveau à l'extrémité de ces fibres. En effet, dès lors qu'une tension est appliquée au ligament parodontal, ses faisceaux de fibres s'étirent et les ostéoblastes sont activés et produisent du tissu osseux dans les endroits de l'alvéole où existe ou persiste le ligament parodontal.
Ce phénomène est observé lorsque des forces orthodontiques sont exercées en respectant des niveaux de forces et des vitesses de déplacement dentaire raisonnables. En effet, les forces légères et uniformes conservent l'intégrité des fibres, et le stimulus peut être transmis à l'os alvéolaire.
Le stimulus d'égression est aussi bien transmis à l'os formant l'alvéole qu'au fond de l'alvéole elle-même, de ce fait, l'ensemble de l'os est impliqué et suit le mouvement dentaire en direction occlusale.
- L'os est directement formé sur la surface interne de l'alvéole : la matrice est généralement déposée le long des faisceaux principaux de fibres étirés ce qui aboutit à la formation d'une nouvelle lamelle osseuse. Concernant les faisceaux de fibres moins importants, une matrice plus uniforme est formée le long de la surface osseuse préexistante.
Selon Storey, cette apposition osseuse est un mécanisme de compensation visant à rétablir la largeur de la membrane parodontale, et de ramener les fibres parodontales à leur longueur initiale **(235)**.
L'espace libéré apicalement est constitué partiellement d'un tissu ostéoïde qui n'est pas perceptible radiographiquement. Après 2 à 4 semaines, la calcification osseuse commence à être visible dans la région apicale. Un os mature est obtenu 24 semaines après le début de la stabilisation.
- Aucune résorption osseuse ne se produit au niveau de l'alvéole comme cela se produit pourtant pour tous les autres mouvements dentaires. La seule résorption observée est celle qui permet de remplacer l'os fasciculé en os lamellaire, et un réalignement avec les trabécules voisines.

Conséquences tissulaires du mouvement d'égression d'une incisive supérieure

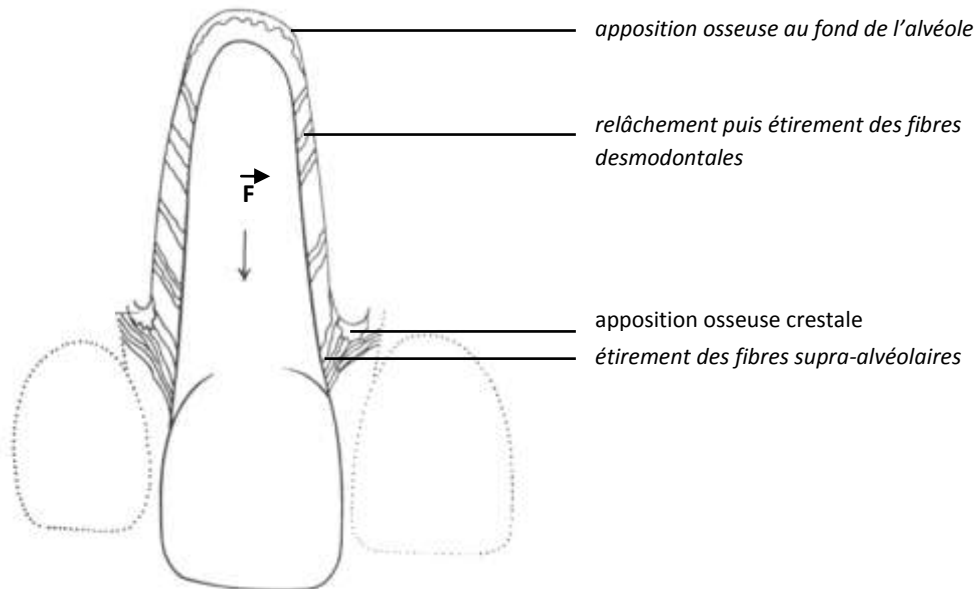


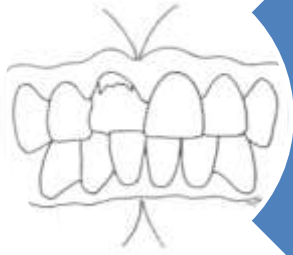
Fig. 32, d'après (196)

3.4.3.2.1.3 Conséquences au niveau de l'attache

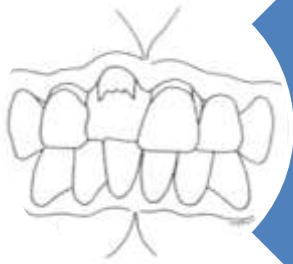
- Les fibres parodontales ont une direction oblique, leur point d'attache osseux se situant coronairement à celui radiculaire. Lors de l'égression dentaire, ces fibres se relâchent et donc dans un premier temps aucun stimulus n'est transmis à l'os. Le stimulus n'est transmis que plus tard, lorsqu'avec la progression de l'extrusion, les fibres sont étirées. Cela explique la latence observée cliniquement. Une fois le mouvement désiré obtenu, un réarrangement total des tissus est nécessaire puisque les fibres sont orientées à l'opposé de leur position originelle.
- Chez les jeunes individus, l'égression dentaire implique un déplacement et un étirement des faisceaux de fibres supra-alvéolaires plus long que celui des fibres principales des tiers radiculaires moyens et apicaux. Ces dernières peuvent être étirées pendant un certain temps lors du mouvement dentaire, mais elles se remodelent après une relativement courte période de rétention. Seuls les faisceaux de fibres supra-alvéolaires restent étirés pendant une période plus importante. Chez les patients adultes, les faisceaux de fibres sont aussi étirés durant l'égression, mais ils sont moins facilement étirés et remodelés après le traitement.

3.4.3.2.1.4 Conséquences au niveau de la gencive

- Les premières études sur les effets des mouvements orthodontiques sur la gencive ont été menées par Erickson et coll. **(74)**, Thomson et coll. **(246)**, Reitan **(193)**.
- Reitan et coll. ont démontré que le mouvement d'éruption dentaire produit un étirement des fibres gingivales et parodontales, ce qui conduit à un déplacement coronaire de la gencive et de l'os.
- Edwards, dans une étude sur la récurrence, étudie les modifications gingivales en utilisant des tatouages gingivaux réalisés avant une rotation dentaire **(69)**. Puisque les tatouages sont déplacés dans la direction de la rotation, il en conclut que la gencive attachée, et plus particulièrement la gencive marginale s'étire et se déplace avec la dent au cours du déplacement dentaire.
- Batenhorst et coll. étudie quant à lui les modifications des tissus durs et mous lors de la version vestibulaire chez le singe **(21)**. Il remarque qu'une égression inattendue se produit lors de la période de stabilisation, et les mesures confirment que la hauteur de gencive attachée augmente alors que la ligne de jonction mucogingivale reste stable. Cette étude conclut que lorsqu'une dent est égressée, la gencive et la crête alvéolaire la suivent, le changement dans la position des tissus mous résulte d'une augmentation de la hauteur de gencive attachée et pas d'un déplacement de la jonction mucogingivale. L'égression conduit donc un déplacement coronaire de la marge gingivale grâce à une prolifération du tissu gingival plutôt qu'à son déplacement coronaire puisque la ligne de jonction mucogingivale reste stable. (Batenhorst et coll. **(21)**, Vanarsdall et Corn **(253)**, Hall **(98)**, Fontenelle **(80)**).
- Par conséquent, la gencive et les tissus de soutien suivent le déplacement en direction coronaire jusqu'à une position pouvant être plus coronaire qu'au niveau des dents adjacentes.



Situation initiale:
fracture radiculaire
Options thérapeutiques:
élongation coronaire
ou égression orthodontique

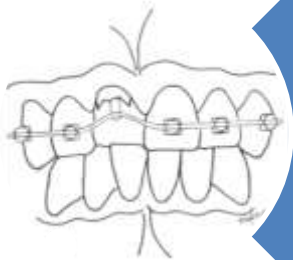


Résultat clinique après une élongation coronaire chirurgicale
(noter la récession associée)

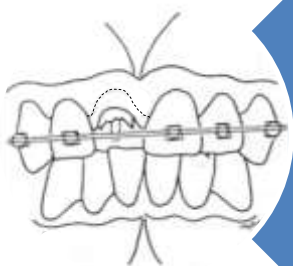


Aspect clinique de la restauration prothétique lorsqu'une élongation coronaire a été réalisée
(noter la longueur de la couronne clinique et l'ouverture des embrasures)

Elongation coronaire



Dispositif de traction orthodontique



Aspect clinique après l'égression radiculaire
(noter le gain de gencive kératinisée)

Egression orthodontique

Fig. 33, d'après (108)

3.4.3.2.1.5 *Conséquences au niveau de la pulpe*

- Une dent vitale doit être égressée doucement de 2 à 3 mm sur 4 à 8 mois afin de préserver la vitalité pulpaire.
- La pulpe des dents égressées peut être modifiée légèrement. En effet une perturbation du métabolisme calcique peut être observée conduisant à l'observation de pulpolithes (la force orthodontique est en effet assez similaire aux traumatismes occlusaux chez l'adulte).
- Concernant l'extrusion de dents dévitalisées, des recherches ont été réalisées pour savoir si le processus différait de l'égression de dents vitales.

En 1942, Steadman conclut que le mouvement orthodontique de dents dévitalisées produit en général une irritation chronique puisque la dent dévitalisée se comporte comme un corps étranger **(232)**.

Huetner et Young ont réfuté cette conclusion en étudiant le mouvement orthodontique de dents vitales et non vitales chez le singe : aucune différence n'a pu être observée entre le mouvement orthodontique de dents vitales ou dévitalisées **(103)**.

Simon a rapporté les résultats cliniques et histologiques de la procédure d'égression de dents traitées endodontiquement chez le chien **(230)**. Il conclura que l'égression de dents traitées endodontiquement ne pose aucun problème apparent, même en présence de sur-obturations.

3.4.3.2.1.6 *Les résorptions radiculaires*

- Les résorptions radiculaires observées, lors d'égression, peuvent être attribuées à la relaxation des fibres parodontales associée à l'élargissement de l'espace ligamentaire. En effet, cela a pour conséquence de diminuer la stabilité de la dent et sa résistance aux chocs occlusaux au cours desquels la dent est compressée par intermittence contre la membrane parodontale. Ces résorptions radiculaires sont réversibles dès lors que la cause est éliminée.

3.4.3.2.1.7 *Indications* **(150) (107) (108)**

- L'égression orthodontique peut être un outil pour modifier les niveaux gingivaux et recréer une harmonie esthétique. En effet, ce procédé modifie la position de la gencive et de l'os crestal sous-jacent. Les forces de traction appliquées sur la dent entraînent l'os crestal avec elle dans une nouvelle position, la gencive quant à elle suit le mouvement vertical de la dent et de l'os. Cette technique peut s'appliquer à diverses situations en dehors des indications orthodontiques :
 - Correction des défauts parodontaux localisés (défauts infra osseux isolés)
 - Élimination d'une discoloration gingivale due soit à une inflammation chronique, une coloration radiculaire ou une migration apicale du parodonte
 - Création d'un environnement gingival sain autour de la nouvelle restauration
 - Création d'une harmonie gingivale (repositionnement de la limite gingivale)
 - Préservation ou maintien de la papille interdentaire
 - Extraction dentaire atraumatique grâce à l'égression, lorsqu'une radiothérapie la contre-indique du fait du risque d'ostéoradionécrose (Simon **(228)**).
 - Préparation d'un site implantaire esthétique (*sera développé ultérieurement*)
- **NB.** : L'éruption forcée d'une dent combinée avec une rotation vestibulaire de la racine (torque vestibulaire) permet d'obtenir une augmentation des volumes osseux vestibulaire et coronaire ainsi qu'un épaissement des tissus mous qui facilite l'implantation **(166)**.

3.4.3.2.2 Traction rapide

(47) (53) (58) (60) (68) (101) (108) (114) (137) (139) (159) (183) (184) (275)

3.4.3.2.2.1 Description de la force

- Lorsqu'une dent est égressée en utilisant des forces plus importantes, on parle alors d'extraction orthodontique. La direction et la mécanique des forces sont identiques que pour l'égression classique bien que le mouvement soit plus rapide.
- Le déplacement rapide lors de l'extrusion dentaire est possible car le remodelage osseux n'est réalisé que grâce à la tension qui s'exerce sur les fibres parodontales, alors que lors des traitements orthodontiques conventionnels, pour que le mouvement survienne, une apposition osseuse du côté en tension ainsi qu'une résorption osseuse du côté en pression doivent se produire.
- Dès que des forces de 50 à 60 cN (1 cN = 1 g) sont appliquées, c'est-à-dire des forces environ deux fois supérieures à celles requises pour une égression normale, on parle de traction rapide. Lors de traction rapide, la dent se déplace de 3 à 4 mm par mois. De plus, les dommages causés au niveau des fibres du ligament parodontal sont limités, de sorte que les séquelles comme l'ankylose, la résorption radiculaire sont évitées.
- La traction rapide correspond à l'éruption forcée d'une dent en dehors de son alvéole sans son parodonte (Ingber **(107)**, Melsen **(153)**).
- D'après Potashnick & Rosenberg, avec des forces de forte intensité les tissus de soutien ont moins tendance à migrer avec la dent **(184)**.
- Plus vite la dent sera égressée de son alvéole, plus grand sera le délai entre le mouvement de la dent et celui de la dent accompagnée de son appareil d'attache, mais plus l'inflammation parodontale sera marquée, et plus la période de stabilisation plus devra être importante.
- En parodonte réduit, ce type de mouvement n'est pas recommandé sauf dans le cas d'une fracture sous-gingivale.
- Une grande prudence doit accompagner ce geste, et l'ancrage doit être étendu.

3.4.3.2.2.2 Conséquences tissulaires

- **Au niveau osseux**
- Lors de traction rapide, la force est tellement importante que de nombreuses fibres parodontales sont déchirées. Là où les fibres sont déchirées, elles perdent leur point d'attache à l'os et au ciment. De ce fait, la transmission du stimulus est partiellement éliminée.
- La formation d'ostéoïde n'est observée que là où des fibres sont restées intactes. Dans ces zones des quantités limitées d'ostéoïde sont déposées.
- Il en résulte une surface osseuse irrégulière où des dépôts d'ostéoïde alternent avec des rainures qui correspondent respectivement aux zones où les fibres sont intactes ou déchirées.
- Ce processus est aussi caractérisé par un délai entre le mouvement dentaire et l'apposition osseuse au niveau de la crête alvéolaire. Cela s'explique par le fait que si la dent est déplacée rapidement, son mouvement dépasse la vitesse d'apposition osseuse.

- **Au niveau gingival**
- Dans le cas de traction rapide, lorsque la dent est déplacée coronairement, l'appareil d'attache n'accompagne pas le mouvement dentaire. Par conséquent, la limite gingivale de la dent subissant une extraction orthodontique reste dans la même position, comparativement aux dents adjacentes, au cours du mouvement.
- Par conséquent, la dent se déplace à travers l'appareil d'attache et l'os crestal et la gencive conserve son niveau d'origine.
- Mais une croissance des tissus mous peut être observée lors de la période de stabilisation puisque les fibres supra-alvéolaires (surtout dentogingivales) conservent leur niveau d'attache avec la dent égressée.
- **Au niveau de la racine**
- Avec l'égression rapide peut se poser le problème de la résorption radiculaire si les forces utilisées trop importantes.
- **La contention**
- L'extrusion rapide provoque l'étirement et le réaménagement des fibres parodontales, et comme les fibres parodontales marginales se trouvent dans un état d'étirement important, la récurrence peut suivre l'égression.
- C'est pourquoi une période de contention doit être respectée après l'extrusion afin que l'os puisse remplir l'espace qui a été créé apicalement à la position radiculaire suite à l'égression, et que l'appareil d'attache se remodele.
- Après une extrusion orthodontique rapide, une période de rétention de 6 mois doit être respectée. Au terme de cette stabilisation, à la radiographie, la trabéculatation osseuse est normale à l'apex, le ligament parodontal est normal, et la lamina dura est dense.

3.4.3.2.2.3 Indications

- Heithersay **(101)** et Ingber **(107) (108)** ont en premier suggéré l'utilisation de l'égression forcée comme moyen de traitement des dents non restaurables et des défauts osseux isolés. Simon a présenté les indications de l'égression radiculaire lesquelles comprennent tous les problèmes du tiers cervical radiculaire s'étendant jusqu'à 4 mm sous le niveau osseux.
- En effet, la traction rapide permet l'augmentation de la longueur clinique d'une dent pour restaurer l'espace biologique et réaliser une reconstruction prothétique dans de bonnes conditions d'environnement parodontal :
 - fractures sous-gingivales
 - caries sous-gingivales
 - résorption internes ou externes
 - perforations iatrogènes...

3.4.3.3 Parodonte pathologique : conséquences tissulaires

(8) (10) (11) (14) (21) (27) (28) (32) (44) (67) (71) (73) (80) (89) (104) (107) (108) (109) (120) (142) (144) (145) (146) (155) (173) (182) (184) (185) (196) (203) (204) (223) (225) (248) (250) (251) (252) (254) (253) (255) (256) (257) (261) (262) (265) (267)

- Il a été décrit que l'extrusion dentaire unitaire peut être utilisée comme mesure adjonctive dans la thérapie parodontale de défauts angulaires sans compromettre l'appareil d'attache parodontale de la dent adjacente (Ingberg **(107) (108)**, Potashnick & Rosenberg **(184)**, Kochavi & Stern **(120)**, Biggerstaff et coll. **(32)**, Seibert & Lindhe **(225)**).
- Mais un remodelage osseux favorable ne se produira pas tant que l'inflammation sera présente. En effet, le principe biologique de base de ces techniques est que l'appareil d'attache suit le déplacement de la dent, dans le cas d'un parodonte sain. Il est donc indispensable avant de démarrer la procédure orthodontique, que le patient soit capable de réaliser un contrôle de plaque correct, et que tout le tartre ait été éliminé.

3.4.3.3.1 Conséquences au niveau osseux : le nivellement des défauts intra-osseux

- Les tissus ne suivent la dent que lorsque le parodonte est complet (os, desmodonte, et attache épithéliale). Par conséquent, dans la zone correspondant à la lyse parodontale et à la perte de l'attache épithéliale, la dent se déplace à travers les tissus et non pas avec. Ainsi l'égression, en cas de lésion avec perte d'attache, permet de sortir la dent de la lésion ; alors qu'il y aura, au niveau de l'attache desmodontale conservée au fond de la lésion, une apposition osseuse.
- Cette apposition est décrite par Oppenheim **(173)**, Reitan **(196)**, Mantzikos et Shamus **(144)** lors de leurs études concernant l'égression sur parodonte pathologique. Dans ces conditions, l'égression conduit à un déplacement coronaire de l'os à la base du défaut ainsi qu'au sommet de la crête osseuse qui n'est pas concernée par le défaut, au fur et à mesure que la dent se déplace coronairement.
- Les observations radiologiques sont retardées de 6 mois par rapport aux observations cliniques mais on observe alors : un retour de la hauteur coronaire de l'os inter-proximal, la réduction ou l'élimination de la lésion osseuse verticale et une réduction de l'épaisseur de l'espace ligamentaire.
- Cette possibilité d'induire un modelage au niveau alvéolaire a fait de l'égression le mouvement dentaire le plus utilisé à des fins tissulaires (Mailland **(248)**).
- Les études cliniques et en laboratoire sur les mouvements dentaires et leurs conséquences sur les lésions parodontales ont produit des résultats encourageants :
 - Van Venrooy et Yukna ont démontré que l'égression orthodontique de dents mono-radiculées touchées par la maladie parodontale conduit à une production osseuse coronairement au sommet de la crête originelle **(255)**. L'éruption forcée peut être utilisée comme moyen d'amélioration des défauts osseux.
 - Geraci a créé artificiellement des défauts osseux à 2 parois manquantes chez le singe, et a prouvé que le déplacement dentaire dans ces défauts artificiellement produits conduit à une cicatrisation complète et à une régénération osseuse **(89)**.
 - Brown a étudié les effets du mouvement orthodontique sur des défauts osseux existants chez l'homme **(44)**. Ses travaux démontrent, entre autres, des changements dans l'architecture des tissus durs parodontaux.

- Polson et coll. ont étudié le déplacement dentaire dans les défauts intra-osseux. Ils trouvent, dans ce cas, que seul l'os alvéolaire fixé et relié à la racine par les fibres parodontales accompagne la dent **(182)**.
 - Everett et Baer ont rapporté des succès cliniques chez des patients sujets à la maladie parodontale et où l'éruption a fait partie de la thérapeutique **(14)**.
 - Ross, Malamed et Amsterdam ont traité du processus naturel d'éruption dentaire et du mouvement associé de l'os alvéolaire de soutien en direction coronaire **(204)**. Ils ont observé que les poches infra-osseuses sont réduites lorsque la dent concernée est égressée et que concomitamment, un curetage est effectué.
 - Hutcherson a montré que l'orthodontie peut induire des changements favorables sur la trabéculatation osseuse **(104)**.
 - Swartz et Gratzinger **(223)** ont démontré radiologiquement que des changements positifs se sont produits au niveau du procès alvéolaire et de la lamina dura.
 - Berliner et Prichard ont séparément publié une série de cas, où une augmentation quantitative de l'os de soutien de dents touchées par la maladie parodontale chronique a pu être observée **(28) (185)**.
- L'égression n'est pour autant pas une panacée permettant une thérapeutique de toutes les lésions dans toutes les circonstances. Elle permet de sortir la partie non attachée de la dent hors de la lésion en entraînant le fond de la lésion vers le niveau crestal correspondant aux dents voisines. La lésion est ainsi supprimée mais le support de la dent est réduit.
 - Il peut être intéressant de spéculer sur la quantité d'éruption nécessaire à la production de changements osseux. Il est difficile de connaître le ratio idéal entre la quantité d'éruption forcée et la profondeur du défaut qui est corrigée grâce à cette thérapeutique, mais il existe toutefois une corrélation entre les deux. D'un point de vue purement géométrique, il est possible qu'un ratio de 1 : 1 soit suffisant pour obtenir un nivellement du défaut, toutefois, des variables biologiques telles que la nature de la lésion, la réponse du patient, et l'intensité de la force peuvent altérer cette relation.
 - Cependant, en présence d'inflammation, il est peu probable que le nivellement de la lésion ne se produise. En effet plusieurs cliniciens ont démontré qu'en présence de maladie parodontale inflammatoire, le mouvement dentaire peut aggraver le défaut osseux.

3.4.3.3.2 Conséquences au niveau de la gencive : le « red patch »

- Lors de rétraction canine, Atherton observe que du côté en tension la dent s'éloigne de la gencive de telle sorte que l'attache épithéliale semble peler de la surface dentaire, faisant apparaître un tissu néoformé se présentant sous la forme d'un triangle érythémateux le appelé « red patch », ce tissu se kératinisera par la suite **(10)**.
- Selon Mantzikos et Shamus, lors de l'éruption forcée d'une dent parodontalement compromise, on observe 4 stades relatifs à la gencive **(144) (142)**:
- **Avant l'égression**
- La gencive est de couleur rose pâle normale, la papille est émoussée dans les embrasures et ne reproduit pas le contour gingival dentelé habituel, et on observe une alvéolyse verticale et horizontale. Il est indispensable de contrôler et de juguler le processus inflammatoire lié à la maladie parodontale afin de préserver les tissus de soutien lors du mouvement orthodontique, même si l'égression est le mouvement le plus favorable pour le parodonte (Vanarsdall et Van Venrooy **(254)**).

- **La rougeur gingivale au collet**
- Une quantité d'égression considérable de la dent parodontalement compromise est nécessaire avant qu'elle n'entraîne son parodonte.
- Ce laps de temps avant que la rougeur gingivale au collet n'apparaisse et ne vienne modifier l'apparence de la gencive est en relation directe avec la profondeur de la poche parodontale.
- Pendant ce temps, la profondeur de poche se réduit.
- **Le « red patch »**
- Alors que la profondeur de la poche se réduit, le « red patch » apparaît coronairement à l'ancienne marge gingivale.
- C'est un tissu immature qui provient de l'éversion de la paroi interne de la poche. Il est souvent considéré comme dégénératif.
- Il revêt l'apparence d'un triangle typique à l'aspect plus ou moins érythémateux selon la vitesse d'éruption.
- Ce tissu est non kératinisé et ne comprend que quelques cellules dans son épaisseur ce qui explique sa couleur rouge vive car il laisse transparaître les vaisseaux sous-jacents.
- **La kératinisation**
- Le « red patch » est un tissu fin comprenant une faible épaisseur de cellules et non kératinisé, il peut être considéré comme dégénératif, alors que normalement l'épithélium oral est un tissu prolifératif et mature.
- Ce tissu non kératinisé reste érythémateux pendant 28 à 42 jours avant que la kératinisation ne survienne et que son apparence ne devienne normale.
- La kératinisation semble être génétiquement déterminée selon le type d'épithélium mais peut être modifiée par l'environnement local et somatique.
- **Après le stade du « red patch »**, la dent est accompagnée dans son mouvement par la gencive. Les résultats cliniques obtenus indiquent une augmentation de la quantité de gencive attachée puisque le niveau de la jonction mucogingivale reste constant et qu'il y a un repositionnement coronaire de la limite gingivale (Batenhorst et coll. **(21)**). On observe aussi une augmentation de la papille interdentaire, donc une diminution des embrasures interdentaires.

3.4.3.3.3 Conséquences au niveau de l'attache

- En 1984, Polson et coll. ont étudié la réponse parodontale consécutive à la translation orthodontique dans un défaut osseux angulaire **(182)**. Les conclusions sont que le **mouvement orthodontique dans une lésion osseuse angulaire ne permet pas de gain d'attache** (c'est un long épithélium de jonction qui est obtenu). Pourtant, **il est possible de déplacer une dent au parodonte réduit sans perte d'attache supplémentaire**. Ceci a été confirmé par Ericsson et coll. **(73)**.
- En 1993, Wennström et coll. ont constaté, dans une étude animale, que le mouvement de translation orthodontique sur un parodonte infecté avec des lésions angulaires augmente la perte d'attache **(265)**. **Le mouvement dentaire dans et avec des lésions angulaires infectées accentue le risque de perte d'attache supplémentaire.**

- L'égression orthodontique d'une dent avec des lésions intra-osseuses est moins problématique. En 1974, Ingber recommande cette technique face à des lésions angulaires à une ou deux parois et difficiles à corriger par une thérapeutique parodontale conventionnelle seule **(107)**. **L'extrusion orthodontique d'une dent entraîne un déplacement coronaire de l'attache conjonctive intacte** et une réduction de la profondeur du défaut osseux.
- L'amélioration de l'attache parodontale induite par le déplacement orthodontique a été rapportée dans différentes études cliniques (Vanarsdall **(253)**, Wagenberg et coll. **(256)** et **(257)**, Diedrich **(8)**) et expérimentations animales (Van Venrooy et Yukna **(255)**).
- Lors du redressement de l'axe d'une molaire avec une lésion osseuse angulaire mésiale, la composante d'égression est très importante. Dans cette situation, le déplacement de la dent en dehors de la lésion osseuse en direction disto-occlusale réduit le contour oblique de la crête alvéolaire (Brown **(44)**, Marks 1980 **(145)**, Wise et Kramer **(267)**, Diedrich **(67)**, Vanarsdall **(250)**, Marks et Rosen **(146)**, Werhbein et Diedrich **(261)** **(262)**). En raison de la tension des fibres de collagène du ligament parodontal, l'os alvéolaire suit la dent au niveau de sa face mésiale **sans changement du niveau d'attache**.

3.4.3.3.4 Conséquences au niveau du sulcus : diminution de la profondeur de poche

- En 1973, Brown publie une étude sur les effets du mouvement orthodontique sur des défauts osseux existants chez l'homme **(44)**. Ses travaux démontrent, entre autres, une potentielle réduction de la profondeur de poche.
- Van Venrooy et Yukna ont observé histologiquement que la dent égressée présente des profondeurs de poche moins importantes **(255)**. **Cette amélioration de l'environnement parodontal est due à la fois à des changements physiologiques et microbiologiques locaux :**
 - La diminution de la profondeur de poche retrouvée cliniquement et histologiquement résulte du déplacement de l'épithélium sulculaire et des fibres apicales à l'épithélium de jonction sur et avec la dent parodontalement compromise en égression (Atherton et Kerr **(11)**).
 - Le mouvement d'égression convertit la plaque microbienne sous-gingivale en plaque supra-gingivale, ce qui diminue sa pathogénie et ses effets sur les tissus environnants.
- Emslie, dans un article sur les meulages sélectifs comme moyens thérapeutiques de la maladie parodontale, a conclu que de favoriser occasionnellement la suréruption dentaire de façon localisée permet, de réduire la profondeur de poche **(71)**.

3.4.3.3.5 Autres conséquences cliniques

- Van Venrooy et Yukna ont observé que la dent égressée présente une inflammation gingivale moins marquée, et plus de saignement au sondage **(255)**.

3.4.3.3.6 Indications

- L'extrusion dentaire unitaire est utilisée spécifiquement pour corriger un défaut osseux unitaire isolé. Si l'inflammation est contrôlée, l'égression dentaire est le type de mouvement le moins risqué ou hasardeux pour corriger des défauts osseux isolés provoqués par la maladie parodontale ou une fracture dentaire.
- L'éruption forcée peut être utilisée pour restaurer la papille de dents atteintes de destructions sévères liées à la maladie parodontale.
- Elle est aussi indiquée dans l'augmentation du site implantaire avant la pose de l'implant. En effet, l'égression orthodontique peut être utilisée pour manipuler des dents compromises afin de modifier les défauts locaux environnants, ce qui permet d'améliorer la prédictibilité du placement implantaire dans ces sites.
- En conclusion, le traitement orthodontique complet ou le mouvement dentaire limité peuvent constituer une aide à la prévention ou à l'interception de la progression de la maladie parodontale, ou même une thérapeutique parodontale à part entière. Cependant, pour obtenir les avantages de mouvements dentaires correctement réalisés, le parodonte doit être correctement préparé. L'activité de la maladie doit en effet avoir été préalablement réduite grâce au détartrage, surfaçage, curetage.

3.4.4 La récidive

- Lorsque le déplacement orthodontique souhaité est obtenu, une attention particulière doit être portée aux risques de récidive, et aux moyens de maintenir la dent dans sa position finale : la fibrotomie ou la contention.

3.4.4.1 La fibrotomie

- En 1979, Edwards intronise la fibrotomie **(70)**. Cette procédure chirurgicale pour a pour objectif de sectionner l'attache fibreuse conjonctive depuis la crête osseuse, une fois que la dent est dans sa position finale. De cette manière, les tensions des fibres supra-alvéolaires sont éliminées, et l'os ainsi que les fibres peuvent se réorganiser dans leur nouvelle position. Dans son étude, Edwards réalise des fibrotomies circonférentielles chez des patients ayant suivi un traitement orthodontique. Il note une meilleure stabilité après les fibrotomies.
- Dans des expériences animales, Wise (chez le chien) et Boese (chez le singe) ont démontré que la suppression des éléments supra-alvéolaires peut avoir un effet stabilisateur **(266) (33)**.
- Rinaldi réalise, quant à lui, une étude sur l'effet pathologique potentiel des fibrotomies circonférentielles supra-crestales chez l'homme **(199)**. Il en conclut que la profondeur de poche est maintenue à un niveau physiologique, et que la santé parodontale n'est pas compromise par les procédures de fibrotomies supra-crestales.
- Toutefois, la fibrotomie supra-crestale, n'a aucun effet sur les fibres desmodontales dont il faudra absolument attendre le renouvellement avant de déposer la contention (Boese **(33)**).
- Certains praticiens déconseillent cette méthode.

3.4.4.2 La contention

- **Le remodelage des tissus fibreux**
- Lors d'une rotation, l'étirement important des fibres desmodontales explique la forte tendance à la récurrence après correction des rotations. De plus, la présence de fibres élastiques et oxytalane dans la région marginale a tendance à accentuer la contraction des structures supra-alvéolaires, ce qui peut aussi conduire à la récurrence.
- Le remodelage des tissus fibreux lors de la période de stabilisation survient plus rapidement dans les régions moyennes et apicales que dans celles marginales.
- En effet, Reitan a démontré que les fibres parodontales apicales et moyennes restent étirées pendant 3 à 5 mois après le mouvement dentaire (193). Mais le remaniement complet du système supra-alvéolaire requiert 8 mois, puisque les fibres gingivales libres restent étirées et déplacées pendant 232 jours en moyenne voire plus (Reitan et Rygh (197)). Cette différence est importante d'un point de vue clinique puisque les fibres non renouvelées ont tendance à se contracter même après une période de rétention de 2 à 3 mois.
- Le temps de contention devra donc être long pour permettre le renouvellement de la quasi-totalité de ces fibres.
- A la suite du remodelage, on observe un réarrangement des spicules osseuses, ainsi qu'un relâchement des faisceaux de fibres comme si aucun mouvement n'avait été effectué.
- **Le remodelage du tissu osseux**
- La période de contention permet aussi la stabilisation des résultats alvéolaires obtenus : après 24 semaines la minéralisation est complète.
- **La contention : généralités**
- Il a été démontré que le remaniement des fibres supra-alvéolaires se produit lorsque la dent est maintenue dans sa nouvelle position tout en conservant une mobilité physiologique.
- Malgré la contention, il peut être préférable de sur-corriger une rotation pour éviter la récurrence du fait du réarrangement supra-alvéolaire qui est plus long et difficile à obtenir complètement.
- Aussi, les traitements précoces, lorsque la racine n'est pas complètement érigée, peuvent éviter cette tendance à la récurrence.
- Toutefois la récurrence reste très individu-dépendante.
- **La contention post-égression**
- Selon Stevens et Levine, concernant l'égression forcée, la récurrence ne survient pas si le mouvement a été réalisé lentement (234). En effet, si le mouvement est effectué sur une durée suffisante, le remplissage osseux à l'apex de l'alvéole se produit au fur et à mesure que la dent est déplacée coronairement.
- Simon et Lythgoe (230), dans une étude histologique chez le chien, ont rapporté que le ligament parodontal d'une dent égressée se réorganise après 7 semaines de contention. Par conséquent, dans la plupart des cas, 2 mois de contention suffisent.
- Mais Feiglin dans son rapport démontre que la racine peut encore se ré-ingresser à 6 mois (78).

- Dans une étude, Simon recommande une période minimale de 8 à 12 semaines de rétention **(228)**. En effet, bien que la stabilisation radiculaire soit satisfaisante après 6 à 8 semaines, il est plus sage de respecter une période de contention de 12 semaines afin de permettre une réparation complète de la jonction dentogingivale. De plus, cette période de contention permet au processus de réhyalinisation de survenir ce qui empêche la réinvasion.
- D'après Lemon, une bonne règle générale pourrait être de stabiliser la dent pendant un mois pour chaque millimètre d'égression obtenu **(131)**.

4 L'EGRESSION ORTHODONTIQUE PRE-IMPLANTAIRE

(6) (13) (47) (51) (52) (53) (61) (76) (83) (85) (86) (102) (111) (123) (132) (136) (141) (142) (143) (144) (150) (165) (166) (172) (174) (179) (181) (191) (202) (210) (212) (213) (214) (217) (222) (226) (258) (270) (273) (274)

4.1 **Historique : vers la découverte de l'aménagement tissulaire pré-implantaire par égression orthodontique.**

- **Historique de la découverte des effets tissulaires de l'égression forcée :**
- Peu d'attention a été portée aux changements favorables obtenus au niveau des structures de soutien grâce aux mouvements dentaires. Le premier rapport publié sur les observations histologiques chez l'animal en réponse à l'application d'un dispositif orthodontique remonte à 1904. Standstedt y rapporte l'apposition osseuse qui se produit chez le chien au-dessus de l'ancien os alvéolaire du côté en tension **(216)**.
- Plusieurs années plus tard, en 1940, dans la première description d'éruption forcée d'une dent vitale chez l'homme, Oppenheim décrit les changements histologiques se produisant au niveau des fibres du ligament parodontal et du ciment **(173)**. Il observe aussi une apposition osseuse coronaire, uniforme et orientée selon la direction de la force, lors de l'application d'une traction légère.
- En 1967, Reitan commente les modifications des fibres de l'appareil d'attache et du ciment après le mouvement orthodontique d'une dent vivante **(196)**. Il observe qu'en utilisant une force légère et continue, il se produit une formation osseuse résultant du mouvement radiculaire.
- En 1973, Heithersay est le premier à décrire une technique destinée à l'éruption forcée de dents non vitales, dans le but de traiter les fractures radiculaires transversales au niveau de la crête alvéolaire ou de la gencive **(101)**. Heithersay suggère que les caries radiculaires, les perforations, les résorptions à ce niveau peuvent aussi répondre aux indications de cette technique.
- En 1974, Batenhorst et coll., en étudiant les effets histologiques de l'égression dentaire chez le singe, remarquent une augmentation en hauteur de la gencive attachée lors de l'extrusion **(21)**.
- En 1974 et 1976, dans deux études liées, Ingber traite du problème parodontal de correction des défauts infra-osseux isolés, et suggère que l'égression forcée peut être une alternative thérapeutique **(107) (108)**. Cette proposition est basée sur le fait que l'élongation des fibres parodontales provoque une apposition osseuse en leur point d'attache. Il note aussi que l'éruption dentaire est le type de mouvement orthodontique qui est le moins récidivant.

- En 1978, Simon et coll. décrivent plusieurs exemples de défauts infra-gingivaux ou infra-osseux d'origine pathologique ou traumatique qui ont été restaurés grâce à l'égression **(229)**. Dans un rapport datant de 1980, Simon et coll. étudient, sur les coupes histologiques, l'effet, sur l'os alvéolaire environnant, de l'égression de dents endodontiquement traitées chez le chien **(137)**. Ils observent un comblement osseux dans la zone apicale au mouvement, et pour certaines dents, un déplacement coronaire de l'alvéole dentaire. L'importance de ces effets dépend de la rapidité du mouvement et de la distance sur laquelle il est réalisé.
- En 1982, Potashnick et Rosenberg mettent en évidence l'importance de considérer la dent, son appareil d'attache, la gencive, la force et le stress nécessaires dans les cas où l'égression dentaire est utilisée **(184)**.
- En 1984, Polson et coll. démontrent que seul l'os alvéolaire qui est relié à la racine par l'intermédiaire des fibres ligamentaires, accompagnera la dent dans son mouvement **(182)**.
- En 1987, Pontoriero et coll. montrent que grâce à cette technique, la morphologie de la crête alvéolaire peut être contrôlée et remodelée **(183)**.
- En 1997, Zachrisson met en évidence que lors de l'élimination de la poche infra-osseuse grâce à l'égression orthodontique, la relation entre la jonction émail-cément et la crête osseuse reste constante. En d'autres termes, l'os suit la dent dans son déplacement **(271)**.
- En définitive, il existe actuellement une utilisation totalement différente des mouvements orthodontiques.

C'était pourtant une vieille idée, plus ou moins clairement exprimée (Brown 1973 **(44)**), que d'utiliser ces remaniements secondaires au déplacement, dans la thérapeutique des lésions osseuses et, plus récemment dans celle des lésions muco-gingivales (Hall 1981 **(98)**). Cela provient du fait que, si l'orthodontie obtient des déplacements dentaires, c'est grâce au remaniement des tissus de soutien de la dent, lesquels peuvent être utilisés pour améliorer des défauts parodontaux.

Malheureusement, les publications des études effectuées tant en ce qui concerne les tissus osseux ainsi que les tissus muco-gingivaux sont largement contradictoires. Si certaines font état d'amélioration d'autres, et souvent mieux documentées, font état d'aggravation des lésions.

- **Historique de l'utilisation des modifications tissulaires obtenues grâce à l'égression forcée afin de développer les sites implantaires déficients :**
- En 1988, Brånemark, pour sa technique d'implantation, recommande une période de cicatrisation d'un an après l'extraction de la dent compromise **(171)**. Mais, durant cette période, se produit un affaissement de la crête édentée dû à la résorption de la fine crête alvéolaire vestibulaire. Cette procédure est très longue et donc difficilement acceptable pour de nombreux patients.
- Les premiers protocoles d'implantation recommandent l'utilisation d'une période de cicatrisation de 3 à 6 mois sans subir de charges fonctionnelles, ainsi qu'une procédure chirurgicale en deux temps. Mais, les techniques chirurgicales devenant de plus en plus sophistiquées, beaucoup de cliniciens ont rapporté la mise en charge immédiate ou précoce des implants.

- Par ailleurs, dans les cas de résorption osseuse alvéolaire sévère, des traitements supplémentaires tels que les greffes osseuses, la régénération osseuse guidée, et la distraction osseuse peuvent être réalisés seuls, à la suite ou en même temps afin de préparer et de reconstruire le site implantaire. Mais généralement, dans les cas de résorption osseuse sévère, les taux de succès sont relativement faibles et la durée de traitement est plus ou moins allongée selon la ou les méthodes d'augmentation alvéolaire utilisées.
- En 1995, Mantzikos et Shamus préconisent l'égression forcée (traditionnellement inventée pour réaliser une élongation coronaire), comme nouvelle procédure pour développer le site osseux implantaire. Selon eux, dans les cas de crêtes déficientes, l'augmentation osseuse obtenue via l'égression orthodontique permet un placement idéal de l'implant **(141)**.
- Puis, à partir de 1995, Salama et Salama ont rapporté des cas cliniques pour lesquels l'éruption forcée de dents compromises permet de développer le site implantaire **(211)**. D'après eux, l'égression forcée de dents compromises est une méthode efficace pour augmenter le volume osseux disponible dans des sites où les défauts alvéolaires compromettent un placement implantaire correct, ainsi que pour augmenter la gencive kératinisée en même temps que l'os alvéolaire.
- Enfin, en 1997, Celenza décrit l'utilisation de cette technique pour produire des changements des tissus durs et mous afin de développer le site implantaire **(50)**.

4.2 Définition

- L'extrusion orthodontique est encore désignée dans la littérature comme synonyme d'éruption forcée, de remodelage par extrusion orthodontique, ou d'extraction orthodontique.
- Ces termes désignent **le mouvement contrôlé d'une dent ou d'une racine en direction coronaire et axiale, sous l'effet d'une force orthodontique soutenue, physiologique, et préservant l'appareil d'attache parodontal.**
- Ingber définit l'égression forcée comme un mouvement orthodontique en direction coronaire grâce à l'application d'une force légère et continue (30 g) afin d'induire des changements tissulaires et osseux **(109)**. Il ne s'agit pas d'un traitement orthodontique conventionnel où le résultat souhaité est le déplacement d'une dent dans une autre position. L'objectif de l'éruption forcée est de modifier les tissus mous et le tissu osseux, plutôt que de déplacer la dent par rapport au maxillaire ou à la mandibule. A la différence de l'égression orthodontique classique qui se limite généralement à des déplacements de 1 à 3 mm, lors d'égression forcée il est fréquent d'obtenir 5 mm d'éruption.
- Salama et Salama ont été les premiers à décrire l'égression orthodontique comme moyen de préparation des sites implantaires **(210)**.
Ils ont nommé cette technique **remodelage par égression orthodontique**.
C'est une **technique non chirurgicale d'augmentation osseuse du site implantaire et d'amélioration des tissus mous péri-implantaires, faisant appel à l'égression forcée telle que la définit Ingber.**

4.3 Indications

- Le remodelage par égression orthodontique forcée utilise l'appareil d'attache résiduel de dents compromises pour améliorer le site implantaire.
Comme l'objectif ultime de la technique est essentiellement esthétique, les dents concernées seront celles ayant des attentes esthétiques importantes à savoir les dents antérieures. Pour autant, la technique peut indiquée et utilisée dans les secteurs postérieurs. Les indications de cette technique sont celles qui sont communes à l'extraction dentaire, au remodelage par déplacement orthodontique, et à l'implantation immédiate dans le cas de restauration unitaire.
- **Indications extractionnelles**
- Malgré la fiabilité et le succès des thérapeutiques implantaire, l'extraction dentaire, doit représenter la solution de dernier recours, lorsque les thérapeutiques conventionnelles ont échoué. Les indications d'extraction peuvent être d'ordre mécanique ou biologique.
- Les complications dentaires mécaniques comprennent :
 - les fractures radiculaires horizontales, transverses ou longitudinales ne pouvant être soignées
 - les perforations radiculaires
 - les pathologies iatrogènes (fractures d'instruments endodontiques, les restaurations prothétiques trop importantes)
- Les complications biologiques comprennent :
 - les maladies parodontales avancées
 - les infections péri-apicales (échec ou complication du traitement)
 - les caries profondes ou étendues
 - les résorptions internes ou externes
- **Indications orthodontiques**
- Les dents utilisées étant souvent parodontalement compromises, certaines précautions sont à prendre.
- En effet, la dent doit avoir la moitié à un tiers de son attache épithéliale apicale intacte, afin de pouvoir transférer et transmettre la tension à la crête alvéolaire, et d'induire un remodelage.
- De plus, le processus inflammatoire doit être contrôlé avant de débiter le mouvement.
- **Indications implantaire (implantation immédiate)**
- **Sites extractionnels de type 2**
- Pour Salama et Salama, les sites extractionnels de type 2 constituent l'indication principale du remodelage par égression orthodontique.
- En effet, lorsque l'épaisseur et/ou la hauteur de l'os alvéolaire interdentaire sont compromises, empêchant une implantation idéale et esthétique, l'extrusion orthodontique est un outil permettant l'élimination ou la diminution de la sévérité de la lésion anatomique.

- **Sites extractionnels de type 1**
- L'égression orthodontique, lorsqu'elle est réalisée préalablement à l'implantation immédiate dans un site de type I, donne au clinicien les avantages d'un support osseux augmenté qui compense la perte d'os inévitable après l'extraction ainsi que l'implantation.
- Cette précaution est particulièrement indiquée chez les patients asiatiques (dont les parois osseuses vestibulaires sont particulièrement fines au maxillaire antérieur) ainsi que pour des biotypes fins et festonnés, pour lesquels, même si l'os alvéolaire vestibulaire persiste après la mise en place de l'implant, une récession gingivale de 1 à 3 mm apparaît toujours après la connexion du pilier en raison du remodelage des tissus péri-implantaires.

4.4 Contre-indications

- Les contre-indications au remodelage tissulaire par égression orthodontique, recouvrent à la fois celles de l'implantologie (et de surcroît de l'implantologie immédiate) et celles de l'orthodontie (essentiellement l'ankylose).
- Mais les contre-indications directes de l'égression orthodontique en vue de la préparation du site implantaire sont peu nombreuses.
- La principale est sans doute la présence d'une maladie **inflammatoire non contrôlée et non contrôlable** (maladie parodontale, infection péri-apicale), car le mouvement exacerbe le défaut préexistant.
Toutefois la maladie parodontale non traitée n'est pas une contre-indication formelle au mouvement d'égression puisque c'est le seul mouvement orthodontique qui améliore l'environnement parodontal (il convertit la plaque microbienne sous-gingivale en plaque supra-gingivale, ce qui diminue sa pathogénie et ses effets sur les tissus environnants).
- Il en découle qu'en présence d'une dent irrécupérable dépourvue d'os environnant ou de fibres desmodontales en suffisance pour une extrusion, il vaut mieux procéder d'abord à une augmentation de crête par des moyens chirurgicaux conventionnels. En effet, l'éruption forcée ne fait que restituer l'attache existante, elle n'en crée pas de nouvelle. **Des dents ayant moins d'1/3 de leur attache apicale persistant**, ne permettront pas de transférer et transmettre la tension à la crête alvéolaire, et d'induire un remodelage.
- La compliance du patient étant essentielle, sans coopération de sa part, la procédure ne pourra être mise en œuvre.
- Bien évidemment, les dents conservables grâce à des techniques chirurgicales (chirurgie parodontale, endodontique...) ou orthodontiques (élongation coronaire), seront gardées.

4.5 Avantages

4.5.1 Mise à profit de dents réputées inutiles

- Bien que sujettes à la maladie parodontale les rendant non conservables, les dents parodontalement compromises ne sont pas pour autant inutiles pour le patient.
- Le remodelage par égression orthodontique, met à profit le potentiel régénérateur résiduel de l'attache dentaire restante, afin d'améliorer la configuration du site implantaire.

4.5.2 Outil simple d'augmentation tissulaire

- C'est un outil simple qui facilite le traitement de cas qui sans cela auraient été problématiques d'un point de vue restauratif et esthétique.
- Cette technique ne nécessite pas forcément un matériel spécialisé, et est donc à la portée de chaque omnipraticien.

4.5.3 Procédure non chirurgicale

- L'extrusion orthodontique, améliore de façon non chirurgicale la procédure implantaire à venir. Elle évite le recours à des procédures chirurgicales de greffe (Buskin et coll. **(47)**).
- Le fait de ne pas recourir à une procédure d'augmentation chirurgicale présente certains avantages. En effet la réduction et la simplification des procédures permettent :
 - **De diminuer considérablement les risques et d'améliorer la santé tissulaire.** En effet les manipulations chirurgicales et les traumatismes tissulaires et vasculaires qu'elles engendrent sont réduits au minimum.
 - **De diminuer la durée de traitement.** La phase d'éruption dure généralement de 4 à 6 semaines. Elle est suivie d'une période de stabilisation de 6 semaines avant que la dent ne soit extraite et remplacée par l'implant. Cette méthode prolonge apparemment le traitement, mais elle est nettement plus courte que l'augmentation de crête par RTG laquelle nécessite 6 à 9 mois avant de poser un implant.
 - **De diminuer le coût du traitement.**
 - **De diminuer la douleur liée au traitement.**
 - **De faciliter l'accès aux techniques de reconstruction tissulaire pour le patient et le praticien.** Ces méthodes sont en effet beaucoup plus simples que les méthodes chirurgicales conventionnelles.

4.5.4 Fiabilité et prévisibilité de l'augmentation tissulaire obtenue

- En comparaison avec les procédures d'augmentation alvéolaire, l'extrusion orthodontique pré-implantaire peut faciliter l'implantation, et donner des résultats plus prévisibles.
- Cette technique présente l'avantage d'éviter une intervention chirurgicale tout en obtenant des résultats similaires à ceux obtenus avec des greffes osseuses autogènes, allogènes, ou alloplastiques. Mais pour Celenza, la néoformation osseuse due à l'éruption forcée est meilleure que celle obtenue avec les greffes osseuses autogènes et les allogreffes car des ostéocytes sont présents dans les lacunes de l'os vivant **(50)**.
- De plus, par rapport aux approches conventionnelles de greffes osseuses, l'éruption forcée associée à la mise en charge immédiate permet d'obtenir de meilleurs résultats concernant la régénération des tissus mous, sans présenter les risques liés à la chirurgie, d'où sa fiabilité.

4.5.5 Extension des indications de l'implantation immédiate

- En transformant les sites extractionnels de type 2, en sites de type 1, l'extrusion forcée permet l'implantation immédiate dans des sites qui présentaient pourtant un défaut alvéolaire et au niveau desquels, elle était préalablement contre indiquée.
- Cette exception, ne concerne que les sites de type 2 où le défaut est modéré, car il reste encore un appareil d'attache suffisant pour modifier l'environnement parodontal. La manipulation orthodontique de cette attache permet en effet d'augmenter verticalement le capital osseux et gingival. En restituant à un niveau plus coronaire l'environnement alvéolaire, le site de type 2 est transformé en site de type 1, c'est-à-dire un site au potentiel régénérateur accru et au niveau duquel l'implantation immédiate est possible.

4.5.6 Amélioration des conditions, de la fiabilité et des résultats de l'implantation immédiate

- L'avantage principal de l'égression orthodontique préalable à l'implantation, consiste en l'amélioration du niveau de l'os alvéolaire et des tissus sus-jacents. Ces modifications tissulaires présentent elles mêmes de nombreux avantages.

4.5.6.1 Avantages du nivellement ou de l'augmentation osseux obtenus grâce à l'égression

- L'égression orthodontique peut être utilisée pour améliorer la forme de la crête alvéolaire non seulement en direction coronaire, mais aussi en épaisseur, en combinant l'extrusion avec un torque radicaire vestibulaire (166) (274).

Effets du torque radicaire vestibulaire :
Augmentation en épaisseur de l'os alvéolaire

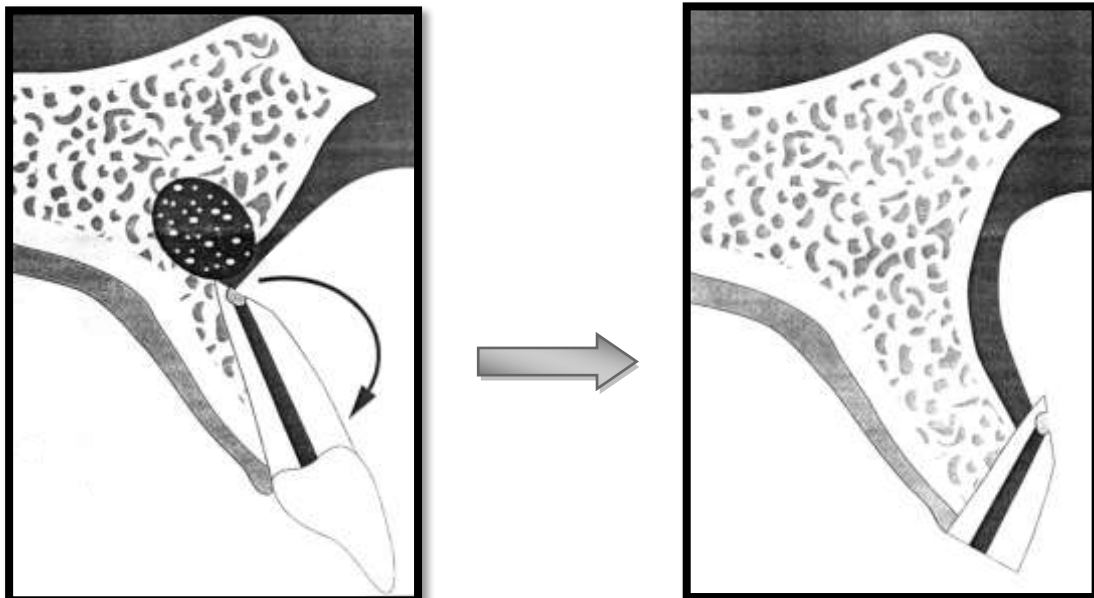


Fig. 34, d'après (274)

4.5.6.1.1 Placement implantaire

- Selon Mantzikos et Shamus 1999, l'extrusion orthodontique contrôlée, appliquée sur des dents programmées pour l'extraction, est une méthode efficace d'augmentation de la crête alvéolaire en vue de la création d'un lit osseux approprié pour l'insertion d'implants dans une position correcte **(144)**.
- L'amélioration du volume osseux à disposition pour le futur lit implantaire concerne les 3 dimensions de l'espace, puisqu'elle se produit en direction mésio-distale, vestibulo-palatine et apico-coronaire.
- Cette augmentation du niveau osseux permet d'obtenir une meilleure angulation implantaire ce qui optimise le résultat esthétique final et la biomécanique de la restauration implanto-portée.
- En effet, d'un point de vue biomécanique, l'angulation de l'implant étant en adéquation avec le plan occlusal, cela évite les charges en dehors de l'axe implantaire.
- Aussi, ce remodelage vertical permet un placement implantaire idéal par rapport à la jonction mucogingivale des dents adjacentes.
- Par ailleurs, l'augmentation de la crête alvéolaire vestibulaire permet un placement plus idéal de la tête implantaire (*développé au paragraphe suivant*).

4.5.6.1.2 Enfouissement implantaire

- Un tel remodelage osseux vertical, particulièrement dans la zone stratégique du versant vestibulaire et du sommet de la crête, permet un placement plus idéal de l'implant par rapport à la jonction émail-cément des dents adjacentes (1 à 3 mm apicalement selon le type d'implant).
- De plus, l'augmentation des niveaux osseux permet un enfouissement complet des spires implantaires avec au moins 1 mm d'os en vestibulaire et lingual.
- Régénération du défaut en épaisseur et en hauteur, permet non seulement de placer l'implant plus coronairement (sans pour autant compromettre l'esthétique), ce qui permet de stabiliser l'environnement tissulaire péri-implantaire (puisque la profondeur sulculaire est diminuée), mais aussi d'enfouir l'implant de façon à obtenir un profil d'émergence esthétique et une bonne stabilité implantaire.

4.5.6.1.3 Longueur implantaire

- Si le rapport diamètre/longueur implant est défavorable, la mise en place d'implants plus longs peut être intéressante. C'est sur ce point que l'aménagement tissulaire pré-implantaire représente un intérêt majeur :
 - En présence de défaut modéré, cette technique permet la pose fiable d'implants plus longs du fait du rehaussement coronaire de la crête osseuse.
 - Un implant de longueur adaptée pourra être placé sans risquer de comporter une partie exposée.

4.5.6.1.4 Stabilisation primaire

- Lors d'extraction implantation immédiate, suite à l'extraction l'alvéole est systématiquement trop vaste pour s'adapter précisément à la surface implantaire, surtout dans ses 2/3 coronaires. La forme conique de l'alvéole exclut son ajustement précis autour de l'implant qui est quand à lui généralement cylindrique. Ce problème est aggravé par l'expansion quasiment inévitable de l'alvéole survenant lors des manœuvres d'extraction.
- Mais, l'extrusion dentaire diminue ou minimise l'espace entre l'implant et les parois de l'alvéole en repositionnant coronairement une partie étroite de la racine avant l'extraction, ce qui aboutit à une alvéole de plus petit diamètre (Salama et Salama **(210)**). Cela permet d'avoir une meilleure stabilisation de l'implant lors de sa mise en place (stabilité primaire) et d'éviter les micromouvements néfastes à l'ostéointégration (stabilité secondaire).
- De plus, l'extrusion dentaire aide ou améliore la stabilité primaire dans l'alvéole en développant de l'os au-delà de l'apex radulaire (Salama et Salama **(210)**).

4.5.6.1.5 Ostéointégration

- Des études récentes montrent que la pose immédiate d'implant dans une alvéole avec déhiscence s'accompagne d'une cicatrisation par interposition d'un fourreau fibreux entre la surface initialement exposée de l'implant et l'os d'augmentation récente. Mais en obtenant un contact périphérique naturel et étroit entre l'implant et l'os adjacent au niveau voulu, on parvient à une meilleure stabilisation initiale de la fixture et probablement à une ostéointégration plus précoce sur une plus grande surface.
- Avec l'implantation immédiate on peut observer cet espace entre l'alvéole et l'implant. Lorsque l'implant est en place, l'épithélium et le conjonctif envahissent l'espace, et le niveau de l'ostéointégration migre apicalement.
- Grâce à l'égression pré-implantaire, ce problème est évité car l'alvéole est remplie d'os (au fur et à mesure de l'égression), et lors de l'implantation, la forme de l'alvéole est adaptée à celle de l'implant.
- Par ailleurs, l'extrusion orthodontique augmentant le renouvellement des cellules du secteur, elle améliore le potentiel d'une cicatrisation rapide (Salama et Salama **(210)**).

4.5.6.1.6 Biomécanique

- Bahat et coll. ont établi que l'augmentation des tissus durs dans les 3 dimensions avant la mise en place implantaire est nécessaire afin d'améliorer la biomécanique implantaire, c'est précisément ce que permet d'obtenir l'égression forcée **(15)**.

4.5.6.1.7 Profil d'émergence

- Lors de l'aménagement du site implantaire, l'éruption dentaire forcée permet d'améliorer le profil d'émergence de l'implant et de la restauration prothétique implanto-portée (en augmentant la quantité de tissus mesurée de la crête osseuse à la tête de l'implant, en améliorant l'angulation implantaire par rapport aux dents adjacentes, et en améliorant la distance inter-arcade mesurée entre la tête de l'implant et les dents antagonistes).

4.5.6.1.8 Esthétique

- L'amélioration des volumes osseux est un excellent moyen de restaurer des contours tissulaires naturels et harmonieux.

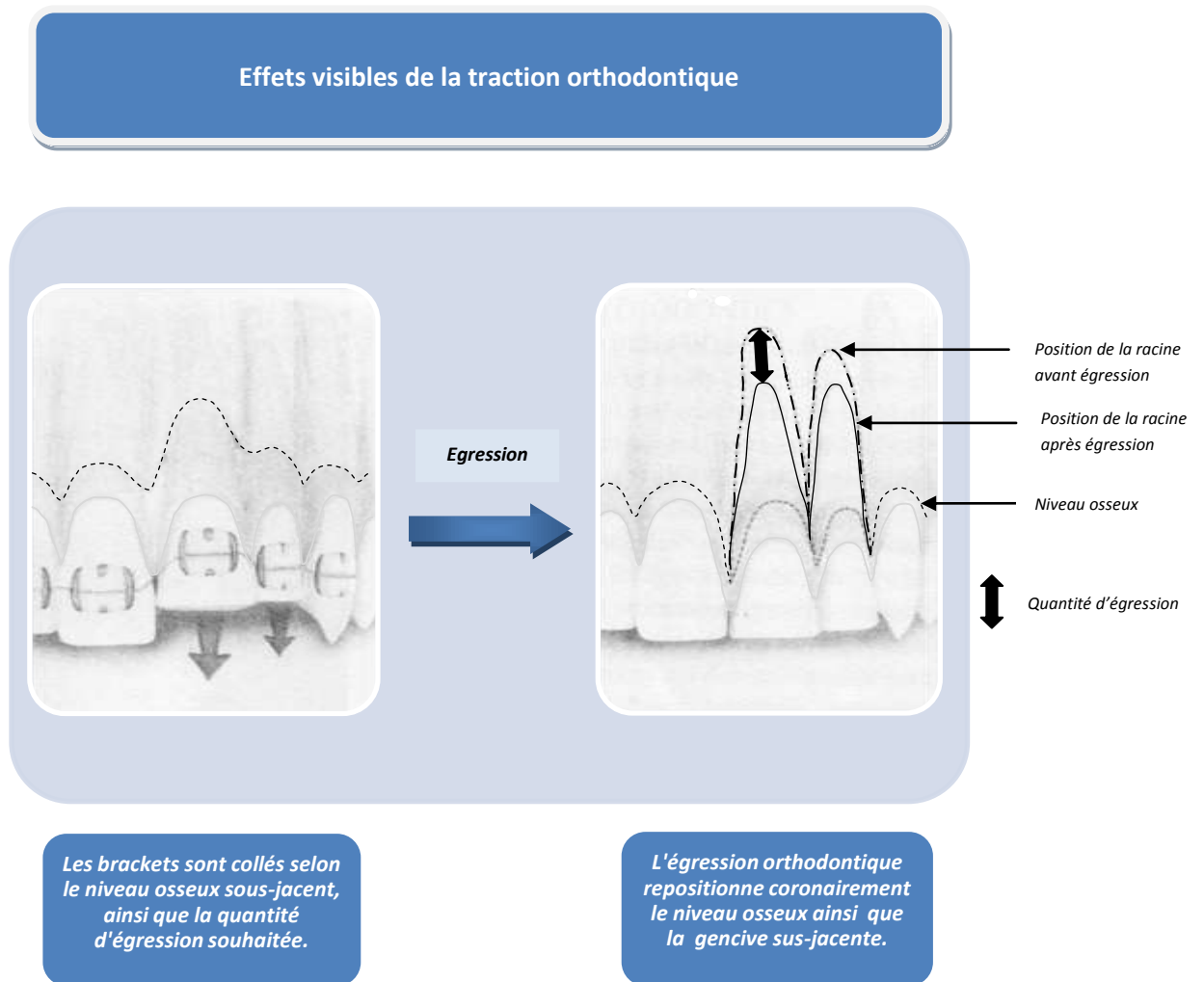


Fig. 35, d'après (214)

4.5.6.2 Avantages de la préservation ou de l'augmentation gingivale

- En effet, l'éruption forcée peut être utilisée pour augmenter la limite gingivale, reconstruire la perte de la papille interdentaire, et augmenter la hauteur de gencive kératinisée.

4.5.6.2.1 Avantages esthétiques

- Les deux composants esthétiques principaux de la gencive sont l'harmonie du feston gingival et la présence papillaire.
- **Le feston gingival**
- Grâce à l'égression forcée, le feston gingival a meilleur aspect, son harmonie est rétablie.
- Les améliorations gingivales peuvent concerner la dent égressée ainsi que celles adjacentes :
 - L'augmentation des tissus mous, par l'extrusion orthodontique, assure un volume suffisant pour créer une situation esthétique aussi naturelle que possible autour de la reconstruction prothétique implanto-portée. En effet, l'augmentation quantitative et qualitative des tissus mous favorise l'idéalisation du profil d'émergence, ainsi que l'harmonisation du feston gingival (avec celui des dents adjacentes).
 - Au niveau des dents adjacentes, un environnement parodontal plus stable et plus esthétique est établi.
- **La présence papillaire**
- D'après Salama et Salama, l'égression orthodontique est la seule méthode fiable pour améliorer la position de l'os interproximal dans le sens vertical (212). Cela permet de préserver ou de régénérer la papille interdentaire, les tissus mous étant soutenus par les tissus durs sous-jacents remaniés.
- La papille est en effet soutenue par le bec osseux qui résulte de l'égression de la dent suivie par son os de soutien (en l'occurrence interproximal). Sa présence favorise l'obtention d'un résultat esthétique.

4.5.6.2.2 Avantages biologiques

- Cette architecture osseuse améliorée favorise l'obtention d'un environnement gingival sain (avec une profondeur sulculaire physiologique) et stable autour de la restauration. Il est ainsi plus facile et plus sûr de conserver l'esthétique des tissus mous.
- Le clinicien doit toutefois sagement doser et équilibrer l'effet esthétique d'un tissu interproximal se situant à un niveau élevé, versus l'importance de maintenir un sulcus étroit autour de l'implant pour favoriser la maintenance.

4.5.6.2.3 Avantages techniques

- L'abondance du tissu gingival néoformé facilite la fermeture primaire de l'incision au moment du placement de l'implant. La fermeture primaire est un des facteurs essentiels au succès implantaire. Elle est aussi très favorable à l'obtention d'une zone de gencive attachée stable.
- L'égression orthodontique forcée, en augmentant le volume des tissus mous, crée une réserve thérapeutique stratégique pour une implantation plus sûre dans les secteurs antérieurs, même dans les cas de parodonte fin et festonné.

- La largeur de gencive adhérente est également augmentée. Cela évite de décoller et déplacer des tissus pour recouvrir le site d'extraction, et le risque, dans ce cas, de raccourcir la hauteur du vestibule.
- Autrement dit, ces avantages diminuent ou éliminent le besoin de retouches muco-gingivales ultérieures.

4.5.6.3 *Compensation du remodelage tissulaire post-extractionnel et post-implantaire*

- Après la mise en place de l'implant ainsi qu'après celle du pilier implantaire, survient un remodelage des tissus durs et des tissus mous. En effet, après la seconde phase chirurgicale, on observe une récession des tissus mous péri-implantaires d'approximativement 0.8 à 1.4 mm, qui s'opère généralement dans les 3 à 6 premiers mois.
- Par ailleurs, malgré l'implantation immédiate, une résorption osseuse post-extractionnelle limitée peut survenir, qui touche surtout le versant alvéolaire vestibulaire.
- L'égression forcée, en augmentant l'os alvéolaire crestal et les tissus gingivaux sus-jacents, constitue une méthode intéressante pour compenser le remodelage et la récession qui surviennent après l'implantation (Salama et Salama **(210)**).
- Avant même l'extraction, la limite gingivale de la dent égressée doit se situer 1 à 2 mm coronairement par rapport à celle de la future restauration implanto-portée. Cela permet de compenser la résorption osseuse minimale qui surviendra lors de l'extraction dentaire et de la mise en place de l'implant. Si la dent était extraite sans recourir à l'égression forcée et à l'implantation immédiate, cela conduirait à une alvéole qui cicatriserait avec une certaine perte osseuse sur du côté vestibulaire de la crête.

4.5.7 **Amélioration de la restauration prothétique implanto-portée**

- L'égression pré-implantaire permet l'amélioration de l'intégrité de la restauration prothétique en même temps qu'elle contribue à l'amélioration de l'esthétique, de la phonation et de la fonction.
- Grâce à l'égression pré-implantaire, l'esthétique de la restauration prothétique est améliorée :
 - Le gain osseux vertical et horizontal résultant de l'extrusion orthodontique permet de recréer une harmonie gingivale et de supporter la papille sus-jacente, ce qui permet la réalisation d'une prothèse esthétique avec une zone de connexion harmonieuse.
 - L'égression orthodontique améliore le profil d'émergence des implants et des restaurations en augmentant l'épaisseur des tissus entre la crête et le sommet de l'implant.
- La biomécanique de la restauration implanto-portée est aussi favorisée. L'augmentation du volume osseux permet en effet d'améliorer :
 - l'inclinaison de l'implant par rapport aux dents adjacentes
 - le placement implantaire : il est guidé par la prothèse plutôt que par des impératifs anatomiques résultant de défauts tissulaires
 - la distance inter-arcades (mesurée entre le sommet de l'implant et les dents antagonistes)

4.5.8 Amélioration des résultats des reconstructions chirurgicales classiques associées

- Si l'amélioration du site implantaire grâce à l'orthodontie est insuffisante dans certains cas, cette technique améliorera la stabilité des procédures chirurgicales nécessaires à l'amélioration 3D du site implantaire.

4.5.9 Extraction atraumatique

- L'égression facilite l'extraction.
- L'extraction est moins douloureuse.
- Aussi, l'extraction orthodontique est atraumatique puisque la dent est égressée jusqu'au point d'extraction.
- Cela aura pour conséquence de diminuer la résorption post-extractionnelle (qui se produit même en cas d'implantation immédiate)

4.5.10 Possibilité de mise à profit du traitement orthodontique

- L'extrusion orthodontique peut être utilisée non seulement pour optimiser le volume des tissus durs et mous, mais aussi pour optimiser les dents adjacentes (cela favorisera d'ailleurs la biomécanique implantaire) :
 - Si la dent à égresser s'est vestibulée, son réalignement peut être effectué en même temps que l'extrusion, ce qui sera favorable à la mise en place de l'implant suivant un axe adapté à la réalisation prothétique.
 - Lorsque les dents sont malpositionnées, une thérapie orthodontique peut être préalablement nécessaire afin de recréer l'espace idéal nécessaire à une restauration esthétique (1.5 à 2 mm entre l'implant et la dent adjacente).
 - Par ailleurs la correction des positions et axes dentaires permet d'harmoniser les proportions dentaires, d'idéaliser l'orientation et la morphologie du guide incisif et du plan d'occlusion, d'établir des guidages fonctionnels sur les dents naturelles.

4.6 Inconvénients

- Le remodelage par égression forcée en vue d'implantation, présente peu d'inconvénients comparativement aux avantages qu'elle présente.
- L'extrusion orthodontique peut présenter des risques parodontaux :
 - Si l'inflammation n'est pas maîtrisée, on observe une aggravation de la lésion et un échec de la technique. En conséquence, le traitement parodontal et la maintenance parodontale doivent être rigoureux pour contribuer au succès de ce type de technique.
 - Après l'éruption, la crête osseuse interproximale présente un profil assez irrégulier, mais ces crêtes anguleuses sont assez instables et représentent des zones de fragilité.
 - Les fenestrations suite à une égression sont fréquentes au niveau de la corticale vestibulaire, mais il est difficile de savoir si elles sont dues au mouvement orthodontique lui-même, si elles étaient présentes au préalable, ou résultent de variations anatomiques.
 - En outre la récurrence orthodontique est un élément à ne pas négliger même si l'égression est le mouvement orthodontique qui est le moins sujet à la récurrence.

- Attention à l'égression des molaires aux racines divergentes ou courbées qui peut être difficile et poser le problème de la proximité radulaire (surtout vrai pour la courbure naturelle des racines disto vestibulaire et mésio vestibulaire de la 2^{ème} molaire maxillaire).
- La mise en place d'un dispositif supplémentaire qu'est l'appareillage orthodontique, est nécessaire. Cela engendre certains inconvénients à la fois pour le patient et le praticien :
 - Le risque de carie dentaire est augmenté. Aussi, la thérapie orthodontique requiert de se plier à une hygiène orale stricte pendant la durée du traitement.
 - Les tissus mous adjacents peuvent être traumatisés.
 - L'esthétique est temporairement compromise.
 - Des difficultés techniques peuvent être rencontrées lors de la construction et de l'activation du dispositif orthodontique, et nécessitent certaines compétences spécialisées.
 - Un ancrage suffisant doit être disponible pour permettre le mouvement désiré sans mouvements parasites.
 - Le traitement est rendu beaucoup plus difficile à la mandibule du fait de la difficulté à construire un dispositif d'égression n'interférant pas avec l'occlusion.
 - Les contrôles doivent être réguliers (maintenance parodontale, réactivation du dispositif orthodontique, meulages occlusaux)
 - Le temps et le coût du traitement sont augmentés.
 - La coopération du patient est indispensable. Par conséquent, la sélection des patients, leur éducation et leur motivation seront des facteurs très importants.
- *NB.* : La durée du traitement est augmentée, mais cet inconvénient est à pondérer :
 - Cette considération est minime puisque l'égression dentaire est un processus relativement rapide lorsque des forces légères sont utilisées.
 - Comparativement aux techniques chirurgicales d'augmentations tissulaires, cette technique est rapide :
 - Le remodelage osseux avec des autogreffes ou la régénération tissulaire guidée requiert 6 à 9 mois avant de pouvoir placer l'implant.
 - Les techniques de lambeaux et de greffes nécessitent 30 à 40 jours pour la maturation des tissus et l'égression forcée peut être réalisée dans le même temps.
 - L'égression forcée, peut être conduite en 6 à 8 semaines, suivie de 8 à 10 semaines de stabilisation avant l'implantation.
 - En fait la durée totale du traitement dépend de la quantité d'égression souhaitée, mais en général elle est comparable à celle nécessaire pour la pose d'un implant en 2 temps chirurgicaux. Mais, comme elle sera associée à une extraction implantation immédiate la durée de traitement ne sera pas beaucoup plus importante que pour une technique en 2 temps lorsque l'implantation n'est pas immédiate.
- Parfois l'extrusion orthodontique n'est pas suffisante ou n'apporte qu'une amélioration localisée autour de la dent égressée, et il peut être nécessaire de recourir à une technique chirurgicale supplémentaire. Les avantages que le remodelage orthodontique présentait sur les procédures chirurgicales, ne sont alors plus valables.
- Un des principaux inconvénients de cette méthode est de **perdre le niveau du support osseux alvéolaire proximal** (qui supporte la papille), puisque l'égression orthodontique tend à niveler l'os et même à créer l'architecture osseuse inverse.

- La technique est limitée lorsque la **perte osseuse est trop importante**. En effet, que l'os soit d'origine orthodontique ou non, l'implant doit être placé dans de l'os préexistant afin d'obtenir une bonne stabilité primaire, l'os néoformé ayant plutôt comme but de permettre une couverture implantaire.

4.7 Dispositifs d'égression dentaire orthodontique unitaire

- L'éruption orthodontique forcée est considérée comme étant le mouvement dentaire orthodontique le plus facile à obtenir avec de bons résultats et peu de récidence. Bien que très avantageuse, cette technique est rarement utilisée du fait de l'appréhension liée à l'utilisation de la technique et à la fausse impression que la procédure est complexe. En réalité peu de connaissances supplémentaires sont nécessaires hormis une sensibilisation à des aspects spécifiquement orthodontiques.
- Le concept de l'égression orthodontique de dents non vivantes a maintenant plusieurs dizaines d'années de recul. C'est en 1973 que Heithersay a proposé pour la première fois des moyens orthodontiques pour dégager verticalement des racines fracturées dans leur 1/3 cervical (**101**).

Différentes techniques d'égression orthodontique ont été décrites. En fait, elles varient selon le cas et ne sont limitées que par l'ingéniosité de l'opérateur.

Le mouvement dentaire vertical peut en effet être obtenu à l'aide d'appareillages amovibles utilisant principalement des élastiques ou des aimants. Mais le plus souvent, ce sont des appareillages fixes qui seront utilisés, faisant appel au collage de brackets. Il existe aussi des solutions fixes moins esthétiques, telles qu'un crochet scellé dans le canal relié à une barre interdentaire ou à un arc orthodontique.

Quels que soient les moyens utilisés, ils reposent tous sur les 3 points suivants :

- Une attache solidaire de la racine à tracter
- Un système d'ancrage qui résiste au mouvement
- Un moyen d'activation entre l'attache et l'ancrage (qui délivre une force légère et continue de 20 à 30 g)

4.7.1 **Dispositifs amovibles** **(68) (112) (140) (158)**

4.7.1.1 *L'attache dentaire*

- Les diverses possibilités seront développées ultérieurement avec les dispositifs fixes.

4.7.1.2 *Le système d'ancrage*

- Avec les dispositifs amovibles, le système d'ancrage répartit l'ancrage sur les dents supportant les crochets de rétention ainsi que sur l'ensemble de la voûte palatine.
- La littérature rapporte l'usage de plaque de Hawley, de gouttière de bruxisme, ou de prothèse amovible partielle comme système d'ancrage.
- Quelque soit le système, l'appareil doit être stable lorsque la force de traction s'exerce, et facile à mettre en place et à enlever lorsque le dentiste est absent.
- Quelques modifications sont possibles :
 - La plaque peut être munie d'un crochet recevant le système d'activation, et qui vient se positionner au dessus de l'attache située sur la dent à égresser. Ce crochet est placé de façon à se situer le long du grand axe de la racine et à laisser une distance suffisante avec l'attache dentaire afin de permettre l'activation du système et l'éruption dentaire.
 - Parfois elle peut porter le système d'activation, lorsqu'il s'agit d'un bras métallique.
 - Elle peut être évidée en regard de la dent à égresser, une barre passant au dessus de cet espace est alors insérée dans la résine. Cette barre constitue le point d'ancrage du système d'activation (dans le cas d'un élastique, celui-ci part de la dent, passe par-dessus la barre, et retourne à la dent).
 - Pour améliorer l'esthétique, l'adjonction d'une fausse dent en résine peut être effectuée sur la prothèse amovible afin de cacher le dispositif d'égression.
- Si le patient porte une prothèse amovible partielle, celle-ci peut être utilisée comme unité d'ancrage à l'égression orthodontique. Pour cela, une rainure est réalisée dans le châssis métallique de la prothèse et un fil rond y est attaché grâce à de la résine. Ce dernier servira de point d'ancrage au système d'activation.

4.7.1.3 *Le système d'activation*

- Il peut s'agir d'un bras ou d'une boucle métallique portés par la plaque de Hawley. Ils s'insèrent sous l'attache dentaire, en compression, afin de délivrer la force d'égression. En augmentant la longueur de la boucle ou du bras d'égression (des ressorts peuvent être ajoutés à la naissance du bras), on obtient une force plus légère.
- Il peut aussi s'agir d'élastiques reliant le système d'ancrage à l'attache dentaire. Des chaînettes orthodontiques (2 mm de diamètre) ou des élastiques pour brackets (3 mm de diamètre) peuvent être utilisés. Il faut donc que le point d'ancrage et le point d'attache dentaire soient espacés de 5 mm pour obtenir 2 mm d'extrusion. Par ailleurs, les élastiques doivent être changés régulièrement, tous les 3 à 4 jours, afin de maintenir le niveau de force délivré.

4.7.1.4 *Considérations pratiques*

- La prothèse doit être confectionnée de sorte à être facile à retirer pour être nettoyée, à insérer, et à activer.
- Il est expliqué au patient comment activer et désactiver le dispositif, afin de pouvoir le retirer pour le nettoyer.
- Il est nécessaire de porter tout le temps le dispositif, sauf au cours des repas.
- L'importance du contrôle de plaque mécanique et chimique doit être soulignée, et des conseils diététiques doivent être délivrés.
- Le patient est revu chaque semaine pour des réglages et des ajustements de l'occlusion.

4.7.2 Dispositifs fixes

(24) (53) (58) (68) (137) (159) (170) (208) (228) (229)

- Il existe de nombreuses techniques pour égresser une dent.
- En 1978, Simon et coll. décrivent le collage d'un fil rond aux dents adjacentes, et le scellement d'un crochet dans la dent à égresser préalablement dévitalisée. Un élastique est ensuite placé et mis en tension depuis le crochet, ce qui tire la dent coronairement. L'élastique doit être remplacé plusieurs fois jusqu'à l'obtention de la quantité d'égression souhaitée. **(229)**
- Une décennie plus tard, Nappen et Kohlan décrivent le collage de brackets orthodontiques à la dent à égresser et à celles adjacentes. Un fil en Ni-Ti qui est par nature élastique est placé dans les brackets, et puisque le fil se tend, la dent s'extrude. **(159)**
- Quant à Oesterle et Wood, ils placent une couronne provisoire sur la dent à extruder sur la face vestibulaire de laquelle une petite punaise est placée près de la gencive. Un fil orthodontique est collé sur les dents adjacentes, et une chaînette élastomérique tire sur la punaise en utilisant le fil et les dents adjacentes comme ancrage. La chaînette doit être remplacée chaque semaine, et la dent doit être meulée pour éviter toute gêne occlusale. **(170)**

4.7.2.1 Le système d'attache

4.7.2.1.1 Les dents avec une couronne intacte

- La meilleure méthode est le collage d'un attachement sur une surface amélaire naturelle (bouton orthodontique, crochet façonné en fil orthodontique, « TMS pin », bracket).
- Les brackets orthodontiques sont fréquemment utilisés car il est facile de s'en procurer et ils présentent des surfaces spéciales pour être collées.
- Les brackets sont collés idéalement ou selon le niveau osseux (selon les auteurs) sur toutes les dents hormis celle à égresser où il sera situé apicalement (selon la quantité d'égression souhaitée) afin de permettre le mouvement d'égression. Les brackets ne doivent pas interférer avec l'occlusion.
- Mais au fur et à mesure de l'égression, la dent devient de plus en plus mobile, et il n'est de ce fait plus possible de décoller le bracket pour le recoller dans une position plus haute permettant de maintenir une activation. Pour résoudre ce problème, lorsque la dent se déplace coronairement, l'arc est placé au dessus du bracket de la dent à égresser.
- Ou, lorsqu'il ne reste plus d'émail pour maintenir le bracket, un petit trou est foré à la surface vestibulaire de la racine. Un fil de ligature est passé dans le trou jusqu'à l'arc pour poursuivre le déplacement orthodontique.

4.7.2.1.2 Les dents à l'état de racines

- Lorsqu'on veut égresser une dent fracturée, le premier problème est l'ancrage du dispositif orthodontique sur la racine, le second étant la reconstitution coronaire. Afin de se sortir de ces situations complexes, il faut procéder par étapes :
- **Traitement ou retraitement radiculaire**
- La première chose à faire est de réaliser le traitement endodontique de la racine.
- La dent dévitalisée offre une plus grande variété de choix de dispositif d'égression.

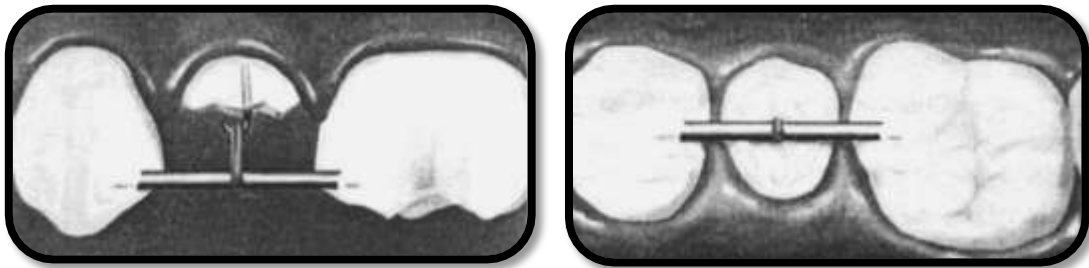
- **Réalisation de l'ancrage radulaire**
- Que ce soit pour les techniques fixes ou amovibles, lorsque des crochets sont utilisés, ils doivent :
 - être alignés avec le grand axe de la dent (le cas échéant, un déplacement en direction mésio-distale ou vestibulo-linguale de la racine sera observé)
 - recevoir une force éruptive de 25 à 30 g le long de cet axe.
 - Être suffisamment longs pour être rétentifs, tout en préservant l'étanchéité apicale.
- La racine à extraire, est désobturée à la moitié ou aux 2/3 de façon à recevoir un tenon
 - **Façonné** à partir d'un fil orthodontique (de 0.7 mm de diamètre).
L'une des extrémités du fil est pliée en forme de crochet et l'autre est coupée en fonction de la longueur voulue. Des rainures sont réalisées sur le crochet afin d'augmenter la rétention. Le tenon est alors scellé à l'aide d'un ciment le plus profondément possible dans la racine. Le descellement sera facile au contact du crochet avec la pointe d'un détartreur à ultrasons.
Si le saignement gingival est trop important, c'est la solution de choix.
 - **Préfabriqué.** Il s'agit d'un tenon calibré sur lequel sera monté un composite afin de réaliser la reconstitution coronaire.
 - **Coulé.** L'inlay core doit être modifié de sorte à ce que le système d'activation s'y insère.
 - Un attachement boule peut être relié grâce à une tige coudée reliée à l'inlay core lors de la coulée. Il est placé de sorte à émerger vestibulairement à environ 3 mm de la gencive (dans le sens vestibulo-lingual), le long du grand axe de la dent, et tout en étant placé aussi proche que possible de la gencive (dans le sens apico-coronaire) afin de permettre une égression suffisante. Une couronne provisoire est fabriquée comprenant une rainure verticale afin de permettre l'engagement de la tige soutenant l'attachement boule. Si la dent est conservée, l'inlay core peut l'être aussi en fraisant la tige supportant l'attachement boule.
 - L'inlay core peut comporter un trou mésio-distal, dans lequel le système d'activation sera glissé jusqu'à un bridge provisoire (constituant le système d'ancrage) prenant appui sur les dents adjacentes à celle à égresser.
- Le tenon doit s'étendre en direction apicale au moins jusqu'à la moitié de la longueur radulaire tout en préservant 3 à 5 mm d'obturation pour une bonne étanchéité apicale.
- **Réalisation de la reconstitution coronaire (RCR)**
- Il est fréquent que le fragment radulaire ne présente pas une couronne clinique de hauteur suffisante pour permettre la mise en place du système d'attache. La hauteur coronaire provisoire recrée doit donc être suffisante, mais aussi permettre le déplacement occlusal.
- **RCR foulée.** Un composite est monté sur le tenon radulaire (scellé ou collé). Cela est parfois rendu difficile par le saignement, dans ce cas il faudra avoir un peu égressé la racine avant de pouvoir utiliser cette technique (grâce à un tenon provisoire façonné).

- **RCR coulée.** L'inlay core devra comporter un crochet afin de pouvoir y insérer le dispositif d'égression. Si le défaut est situé trop gingivalemment pour fabriquer un inlay dont les limites seront ajustées, la racine sera un peu égressée au préalable (grâce à un tenon provisoire façonné). Une couronne provisoire préservera l'esthétique au cours de la période d'égression.
- **Provisoire tenon.** C'est la meilleure solution. Une couronne provisoire présente plusieurs avantages : cela est plus esthétique, et cela permet de maintenir la dent dans sa position originelle.

4.7.2.2 Le système d'ancrage

4.7.2.2.1 Description des systèmes

- **Cas de la barre transversale**
- **Lorsque les dents adjacentes présentent des obturations à l'amalgame,** des rainures occlusales sont réalisées à leur niveau de sorte à pouvoir loger une barre horizontale qui constituera le système d'ancrage.
- La position de la barre doit répondre à 3 critères :
 - Etre à une distance « d » du crochet, égale à la distance d'égression voulue. Le potentiel maximal d'extrusion du dispositif est obtenu en plaçant la barre horizontale au plus près de la courbe de Spee mais sans interférence.
 - Etre exactement à la verticale par rapport au crochet pour ne pas entraîner la dent vestibulairement ou lingualemment.
 - Ne pas interférer avec l'occlusion pour ne pas risquer d'être délogée.
- Après avoir répondu à ces critères, la barre est stabilisée à l'intérieur des rainures à l'aide de résine acrylique chemopolymérisable ou de composite.



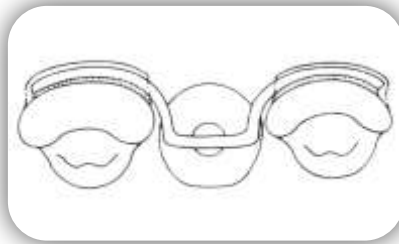
Vues vestibulaire et occlusale d'un dispositif d'égression comprenant une barre transversale, un crochet radiculaire et un élastique

Fig. 36, d'après (68)

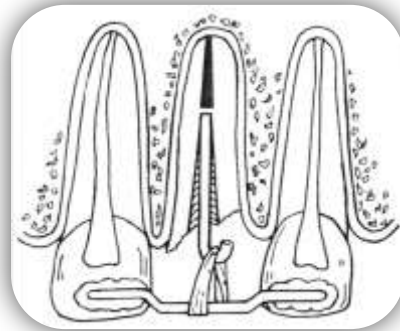
- **Dans le cas où les dents adjacentes ne présenteraient pas de caries ou d'obturations à refaire,** la barre horizontale sera façonnée de sorte à contourner les faces vestibulaires pour être collée au composite et conserver l'intégrité des dents qui la supportent. Il serait préférable d'utiliser un fil rectangulaire (0.48 × 0.63mm) afin d'augmenter la rétention, ainsi qu'un composite photopolymérisant. Avant le collage la barre doit être essayée en bouche pour répondre aux critères précités.

- **En présence d'une prothèse fixe provisoire étendue et de dents adjacentes déjà taillées,** l'ancrage peut être un intermédiaire de bridge se situant au-dessus de la dent intéressée, lequel sera renforcé par une barre horizontale.
- **Au niveau des dents antérieures,** l'égression par ces moyens conventionnels est esthétiquement inacceptable. Des solutions existent :
 - Elle peut donc être réalisée grâce à des attaches orthodontiques fixes en plastique ou en céramique, bien plus esthétiques que les attaches métalliques conventionnelles. Vu l'appareillage nécessaire, cette technique est moins accessible à l'omnipraticien.
 - Si l'occlusion le permet, c'est-à-dire en l'absence de recouvrement incisif excessif, une barre peut être façonnée lingualement.
 - Ou, dans l'espace d'égression, l'arc est plié lingualement de sorte à ce que la force soit dirigée axialement. De plus, cette courbure permet la mise en place d'une restauration provisoire dans l'espace ainsi libéré :
 - Un facette y est ajustée sur laquelle un bracket est collé vestibulairement, et la dent est fixée aux dents adjacentes grâce à des fils de ligature.
 - Ou le fragment de dent fracturée peut être collé aux dents adjacentes (grâce à un composite).

Cette solution est assez esthétique (car le dispositif d'égression est caché) et n'entrave pas l'occlusion au fur et à mesure de l'extrusion.



**Vue occlusale de la barre d'ancrage,
au niveau de dents antérieures**

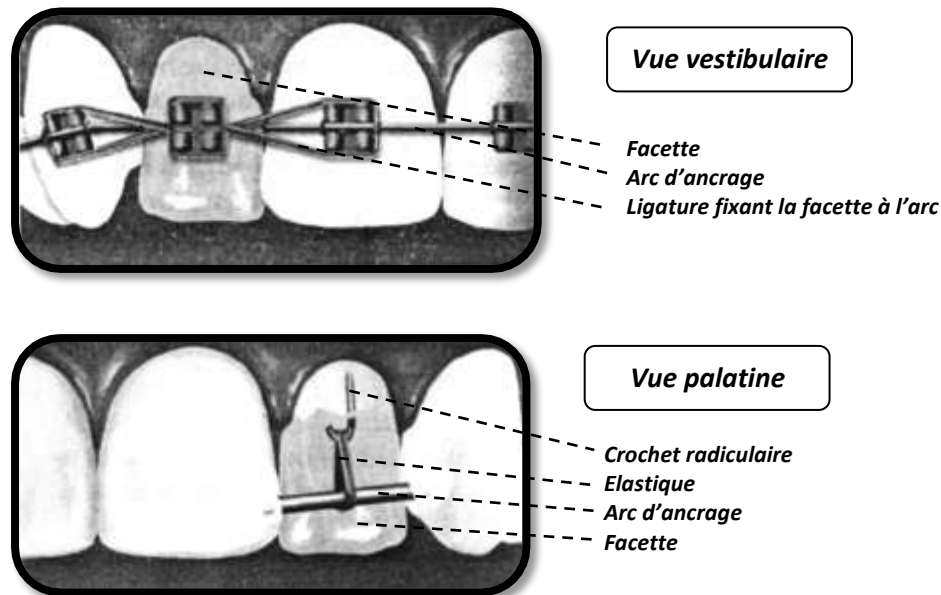


**Vue vestibulaire d'un dispositif
d'égression faisant intervenir un crochet
radiculaire, une barre d'ancrage et un
élastique**

Fig. 37, d'après (229)

**Vues vestibulaire et palatine d'un dispositif d'égression
faisant intervenir des brackets, un arc, un élastique et une facette (pour l'esthétique)**

Fig 38, d'après (68)



- **Cas de l'arc Ni-Ti**
(159)
- Des brackets orthodontiques sont collés sur la face vestibulaire de la dent à extruder ainsi que des dents adjacentes (servant d'ancrage), de sorte à ne pas interférer avec l'occlusion. Contrairement aux techniques orthodontiques classiques, lors du collage, les brackets sont alignés sur le niveau osseux.
- Le bracket se situant sur le fragment à égresser, sera situé plus apicalement que les brackets adjacents. La distance à laquelle ce dernier est placé des autres brackets dépend de la quantité d'égression désirée.
- Le nombre de dents adjacentes nécessaires à l'ancrage sera détaillé ultérieurement.
- **La technique linguale**
(90)
- Bien que les restaurations prothétiques répondent aujourd'hui à des standards esthétiques très élevés, le déroulement du traitement est souvent accompagné de périodes de compromis esthétique. C'est par exemple le cas lorsqu'une égression forcée est réalisée à l'aide de dispositifs orthodontiques classiques.
- Mais lorsque le patient présente des exigences esthétiques importantes, il est possible de faire appel à l'orthodontie linguale.
- L'orthodontie linguale a été introduite par Alexander et coll. (7) et Fujita (82). Cette technique est utilisée pour traiter tous types de malocclusions, généralement chez des patients adultes.

- La principale indication de l'utilisation de la technique linguale pour réaliser une égression forcée est l'esthétique.
- Cette modalité de traitement peut être utilisée aussi bien antérieurement que postérieurement, bien que des limitations spécifiques s'appliquent dans la région antérieure. En effet, les brackets relativement larges utilisés antérieurement nécessitent une longueur de couronne clinique d'au moins 6 mm. Les couronnes cliniques courtes, un recouvrement incisif excessif, ou une dentition sévèrement abrasée peuvent contre-indiquer l'égression forcée par technique linguale.
- Bien que le dispositif orthodontique ne soit pas visible, le traitement orthodontique peut être décelé au cours de la dernière phase d'égression du fait des changements inévitables d'apparence de l'unité dento-alvéolaire. La forme typique arrondie de la gencive marginale, la longueur de la couronne clinique, et la position des points de contact des dents antérieures peuvent en effet subir une altération perceptible.
- Toutefois, l'utilisation de l'orthodontie linguale pour réaliser une égression dentaire forcée, peut, du fait de la conservation de l'esthétique, améliorer l'acceptation du traitement par le patient.
- **Les mini-implants**
(111) (205)
- Récemment, des mini-vis ont été développées afin d'améliorer les possibilités d'ancrage. Cette innovation peut être associée au dispositif d'égression, résolvant à elle seule les problèmes liés à l'ancrage (dents manquantes, traumatisées, restaurées,...).
- Une mini vis 2 × 8 mm est insérée vestibulairement dans l'os alvéolaire sous anesthésie locale, dans le but de servir d'ancrage et de supporter la force intrusive de réaction provenant du dispositif d'égression.
- La force peut être appliquée dès l'insertion de la mini-vis.
- Cette solution n'engendre pas de désagréments fonctionnels (alimentation, hygiène orale, douleur), ni esthétiques (du fait de la localisation gingivale du système).
- Les mini-implants afin d'obtenir de l'ancrage sont de plus en plus utilisés en orthodontie. Ils représentent une méthode alternative aux ancrages classiques mais qui ne requiert aucune compliance. De plus, cela offre une diversité importante d'ancrage ce qui ouvre de nouvelles perspectives de traitement.

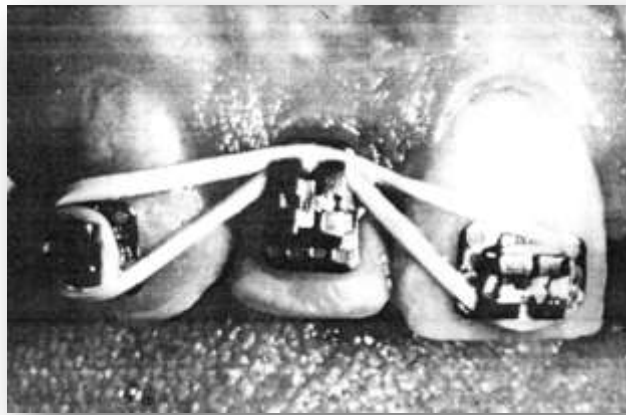
4.7.2.2.2 Nombre de dents nécessaires

- Le choix du nombre de dents servant d'ancrage dépend du type de dent à égresser, du nombre de racines, et de leur morphologie.
- Mais Guilford et Grubb **(97)** ont énoncé les recommandations suivantes concernant le nombre de dents nécessaires à l'ancrage :
 - Pour une incisive centrale maxillaire : coller les brackets sur deux dents supplémentaires de chaque côté de la dent à égresser.
 - Pour une incisive latérale maxillaire : coller une ou deux dents en distal et deux dents en mésial.
 - Pour une canine maxillaire : coller deux dents de chaque côté.
 - Pour la première prémolaire : coller une dent en mésial et deux dents en distal.
 - Pour la seconde prémolaire : coller deux dents en mésial et une dent en distal.

4.7.2.3 Le système d'activation

4.7.2.3.1 Les forces élastiques

- Si l'élastique est le moyen d'activation, il peut être soit :
 - Engagé dans le crochet et ligaturé autour de la barre.
 - Engagé dans le crochet, enroulé au dessus de la barre et de nouveau engagé dans le crochet.
 - Placé sur les brackets adjacents à la dent à extruder, et au dessus du bracket de la dent à extruder.



Système d'égression faisant appel à un élastique et à des brackets

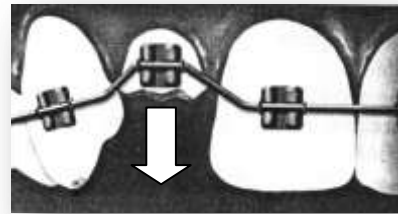
Fig. 39, d'après (137)

- L'activation dure jusqu'à ce que le crochet soit en contact direct avec la barre horizontale.
- Le mouvement d'égression dentaire peut être modifié dans 2 sens de l'espace : dans le sens mésio-distal et dans le sens vestibulo-lingual. La magnitude de ce vecteur dépend de l'alignement par rapport à la verticale du point d'ancrage du dispositif d'égression sur la dent à égresser et du point d'attache du dispositif d'égression sur le dispositif d'ancrage :
 - L'angle d'égression dans le sens vestibulo-lingual est influencé par des facteurs anatomiques tels que la ligne sur laquelle se situe la fosse centrale, la position du canal radiculaire ou encore les dimensions de la couronne clinique.
 - Dans le sens mésio-distal, il dépend de la localisation du point d'attache du dispositif d'égression sur le dispositif d'ancrage.
- Dans le cas où, durant son déplacement vertical, une partie de la dent risque d'interférer avec la barre horizontale ou la dent antagoniste, elle sera éliminée pour ne pas arrêter l'égression.
- Le suivi doit être régulier pour changer les élastiques

4.7.2.3.2 Les arcs Ni-Ti

- Avec l'avènement des matériaux composites, le collage direct amélaire a réduit la dépendance aux bagues orthodontiques, et a permis de développer des dispositifs orthodontiques plus adaptés à l'omnipratique.

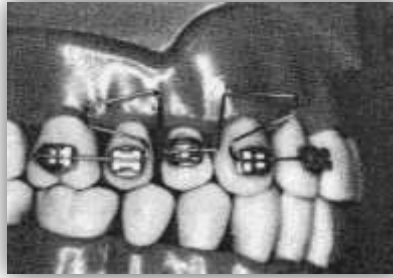
En collant un des brackets plus haut que les autres, et en y insérant un fil, une égression dentaire sera observée. En effet, si le fil inséré possède des propriétés élastiques, lorsqu'il sera déformé, il exercera une pression pour retrouver sa forme originelle, et de ce fait appliquera une force extrusive sur la dent portant le bracket le plus haut, alors qu'une force intrusive en direction opposée sera partagée par les autres dents portant l'arc. Mais l'intrusion est très difficile à obtenir, et requiert une force beaucoup plus importante que pour tout autre mouvement, puisque ce mouvement nécessite la résorption de toute l'alvéole. De ce fait, des forces légères conduiront au réalignement des brackets grâce à l'extrusion de la dent portant le bracket le plus haut.



Le positionnement apical du bracket à égresser par rapport aux dents adjacentes, engendre une force d'égression sur celle-ci.

Fig. 40, d'après (24) & (68)

- Il est établi que seules des forces légères produisent un mouvement extrusif optimal. Mais la production d'une force légère qui est active sur une distance de plusieurs millimètres est difficile à obtenir. Plusieurs facteurs influent sur l'intensité de la force délivrée :
 - Dans la région prémolo-canine, les diamètres mésio-distaux dentaires sont petits et l'utilisation d'un fil droit peut produire des forces considérables.
 - L'utilisation de brackets provenant de la technique d'Edgewise contenant une plus longue distance de fil, les distances de fil entre les brackets sont réduites. Cela produit des forces extrusives considérables, bien au-delà des limites physiologiques. Pour utiliser des brackets provenant de la technique d'Edgewise, il est par conséquent nécessaire d'utiliser un fil de faible section, et d'inclure des boucles de quelque type que ce soit dans la zone comprise entre deux brackets afin d'augmenter la longueur de fil travaillante, pour diminuer l'importance des forces développées.



L'inclusion de boucles permet d'augmenter la longueur de fil travaillante et de délivrer des forces d'égression plus légères.

Fig. 41, d'après (24)

- Une autre alternative est d'utiliser les brackets très étroits dérivés de la technique de Begg (la distance de fil entre les brackets étant 3 fois plus importante qu'avec les brackets précédents), avec lesquels la distance sur laquelle le fil est contenu et rigide est moins importante, ce qui réduit la force extrusive développée.
- D'après Adams (1957), pour une déflexion donnée d'un fil rond, la pression développée est inversement proportionnelle à la longueur de fil travaillante à la puissance 3. Aussi, la déflexion produit une force directement proportionnelle à l'épaisseur du fil à la puissance 4.
Il en déduit la formule suivante : $D = (P \times l^3) / t^4$ avec (D=déflexion) (P=pression développée) (l=longueur de fil travaillante) (t=épaisseur du fil).
Il en ressort clairement qu'une plus grande attention doit être portée à l'épaisseur du fil qu'à sa longueur. Mais plus le fil utilisé est fin, plus il peut être déformé accidentellement. Ce problème peut être résolu grâce à l'utilisation de fil multi brins qui possèdent à la fois une très grande élasticité et une très grande résistance à la déformation.
- L'arc de choix, est un arc droit Ni-Ti (.016 ou .016x.022) :
 - La grande résilience de ce fil lui permet de travailler sur de grandes distances et de ne subir qu'une déformation élastique lorsqu'il est placé dans les brackets, sans subir de déformation permanente.
 - La mémoire élastique du fil lui permet de délivrer une force extrusive lorsqu'il est placé dans les brackets, afin de retrouver sa configuration droite d'origine (le bracket de la dent à égresser étant situé plus apicalement que les autres c'est lui qui recevra la force d'égression).
 - Des remarquables propriétés d'élasticité et de flexibilité du fil Ni-Ti résultent la production de forces plus légères et un déplacement dentaire plus important.
- Toutefois, malgré les excellentes propriétés mécaniques du fil :
 - La distance d'égression ne doit pas excéder 5 mm. Si une quantité d'égression supérieure à 5 mm est souhaitée, celle-ci doit se dérouler en plusieurs phases en repositionnant le bracket apicalement lorsque les 5 mm d'égression sont obtenus.

- Dans un premier temps il peut s'avérer nécessaire de placer l'arc coronairement à la gorge du bracket (pour éviter de déformer l'arc ou d'engendrer une force trop importante), après une certaine extrusion il pourra être placé dans sa gorge puis éventuellement apicalement à celui-ci si une quantité d'égression supplémentaire est désirée (cela évite de décoller et recoller plusieurs fois le bracket).
- Lorsque le fil orthodontique a délivré son potentiel d'égression (lorsqu'il a repris sa forme originelle rectiligne), mais qu'une égression plus importante est souhaitée, un arc comprenant des pliages de compensation (step...) peut remplacer l'arc précédent (cela évite aussi de décoller le bracket pour le recoller plus apicalement).
- *Cas particulier de l'extrusion d'une dernière molaire mandibulaire.* Le système d'égression, constitué d'un bras en extension reliant l'ancrage au système d'attache dentaire (bouton pression...), est appliqué de sorte à exercer une force d'égression pure.

4.7.2.3.3 Les ressorts super-élastiques

- Le EWC système (easy way coil system) comprend un ressort en acier inoxydable 0.018 qui est relié à un bouton qui sera collé sur la dent à égresser et à l'arc d'ancrage. Ce système, plutôt utilisé pour l'égression de canines incluses, permet l'application d'une force constante durant toute l'égression. Cette technique est adaptée à de nombreuses situations, efficace, abordable et facile à réaliser. **(221)**
- Dans le cas d'ancrage par mini-implant, le dispositif d'égression sera constitué par un ressort. Ce dernier est relié à la mini-vis ainsi qu'au bracket de la dent à égresser (s'il s'agit de plusieurs dents, l'arc qui les relie entre elles reçoit le dispositif d'égression). Il est constitué de boucles formant un ressort super-élastique qui génère la force d'égression lorsqu'il est inséré en pression. Le ressort court le long d'un segment d'arc relié en ses extrémités servant à guider la direction selon laquelle la force est appliquée. Lorsqu'une certaine quantité d'éruption a été obtenue, le ressort est remplacé par un ressort plus long et plus actif. **(205)**

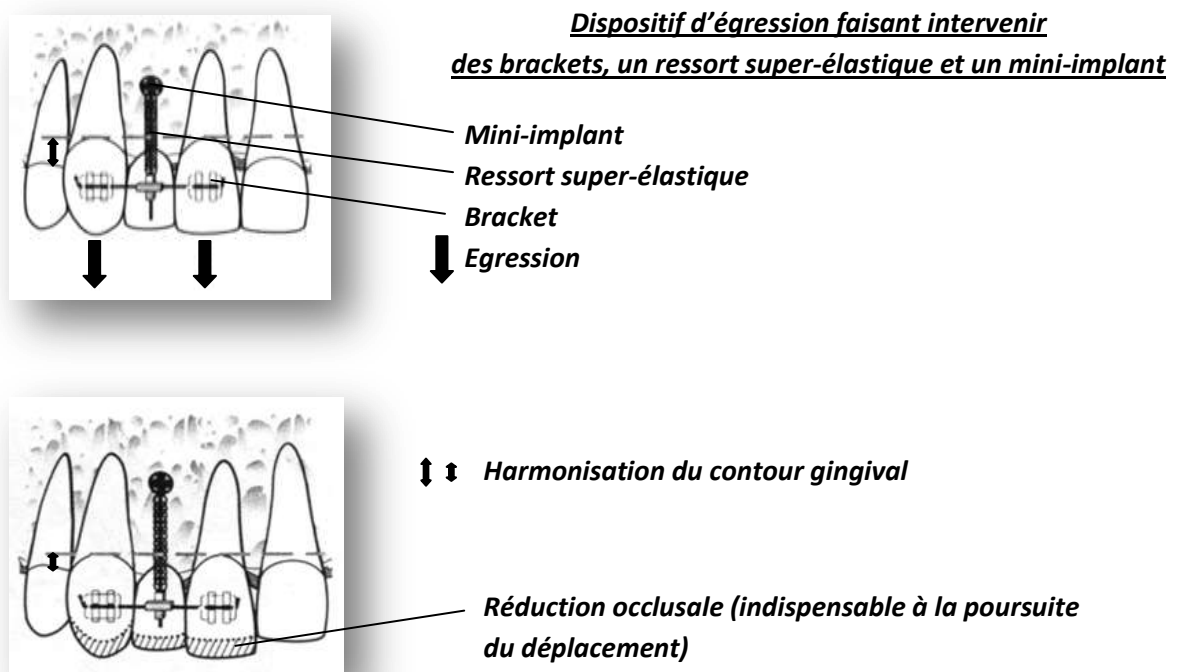


Fig. 42, d'après **(205)**

4.7.2.3.4 Les forces magnétiques

(247)

- Cette technique sera décrite à titre indicatif, nous ne la recommanderons pas étant donné les controverses qu'elle soulève du fait de la création d'un champ électromagnétique dans la bouche, et des difficultés de mise en œuvre de ce type de dispositif.
- Les types d'aimants qui peuvent être utilisés sont :
 - Aluminium-nickel-cobalt (Al-Ni-Co)
 - Samarium-cobalt (Sm-Co)
 - Neodymium-fer-boron (Nd-Fe-B) (les plus biocompatibles in vitro)
- Vardimon et coll. ainsi que Sandler ont démontré que l'utilisation d'un système faisant appel aux forces magnétiques présente plusieurs avantages :
 - Contrairement aux systèmes mécaniques conventionnels où un arc est engagé dans la gorge d'un bracket, et pour lesquels les forces délivrées sont difficiles à évaluer, le niveau des forces magnétique est facilement estimable. Grâce au diagramme force-distance spécifique de l'aimant utilisé (courbe hyperbolique), le niveau de force magnétique peut être calculé à tout moment en mesurant l'espace entre les aimants. En effet, d'après la loi de Coulomb, la force magnétique délivrée par l'aimant est inversement proportionnelle au carré de la distance séparant les deux aimants (la force d'attraction magnétique délivre une force légère dans un premier temps puis qui augmente au fur et à mesure que la distance entre les deux aimants diminue).
 - La force magnétique est facilement quantifiable puisqu'il n'existe pas de contact ni de friction de sorte que la force délivrée par le dispositif est aussi celle appliquée à la dent
 - Dans les cas d'extrusion orthodontique, les distances séparant les aimants sont petites (comprises entre 1 et 4 mm). Or les aimants délivrent leur force maximale sur de courtes distances. Donc contrairement aux forces élastiques, avec lesquelles il est difficile une force initiale adéquate sur de faibles distances, les forces magnétiques délivrées augmentent dans le périmètre de 0 à 4 mm (mais cela est plus favorable à une égression rapide qu'à une égression lente).
 - Aucune fatigue mécanique n'est observée avec les aimants, ce qui se produit pourtant souvent avec les boucles et les élastiques dans la mécanique orthodontique conventionnelle.
 - Il est très facile de respecter une direction axiale selon laquelle doit s'exercer la force (entre les 2 aimants) et de la modifier au cours de l'égression à la convenance du praticien (en modifiant la position d'un des deux aimants), alors qu'en utilisant les dispositifs fixes conventionnels, la traction élastique a tendance à induire une composante vestibulaire dans la force d'égression puisque les brackets et le fil des dents servant à l'ancrage sont plus vestibulaires que la racine à égresser.
 - Enfin, le nettoyage est facilité par rapport aux dispositifs fixes.

4.7.3 Technique d'égression unitaire de choix (137)

- Lorsque le cas remplit les conditions pour bénéficier d'égression forcée, les dents adjacentes et la denture doivent être évaluées afin de choisir la technique orthodontique la plus appropriée.
- Mais quelque soit la technique choisie, les résultats cliniques semblent être identiques.

<i>Situation clinique</i>	<i>Dispositif de choix</i>
<i>Dent antérieure sans couronne clinique</i>	<p>Un arc vestibulaire (fil orthodontique rond 0.036) est fabriqué de sorte à passer directement par-dessus le centre de la dent, mais en restant assez haut (au niveau incisal des dents piliers) afin de ménager l'espace nécessaire au mouvement dentaire désiré. Le canal est préparé à recevoir un tenon cylindrique qui est courbé à son extrémité occlusale de sorte à former un crochet, il est scellé.</p> <p>L'arc vestibulaire est accroché aux dents piliers grâce à n'importe quel type de composite. Le système est activé en plaçant un petit élastique sur le crochet, puis autour de l'arc et enfin au nouveau sur le crochet. L'extrusion est en général réalisée en 1 à 2 semaines.</p> <p>Lorsque l'égression est complète, la dent est stabilisée pendant 8 semaines en remplaçant l'élastique par une ligature métallique. Pendant toute cette période, l'esthétique peut être conservée, en plaçant de la résine sur la face vestibulaire du dispositif.</p> <p style="text-align: center;">OU</p> <p>Une provisoire tenon est réalisée sur la dent à égresser afin de pouvoir porter un bracket, et de se retrouver dans la situation clinique d'une dent avec couronne intacte.</p>
<i>Dent antérieure avec couronne clinique</i>	<p>Le bracket de la dent à extruder est collé près de la limite gingivale, ceux des dents pilier sont collés aussi près que possible du bord incisif. Un arc Ni-Ti droit est inséré ou un élastique orthodontique (placé sur les brackets externes, et au dessus du bracket central).</p> <p>La dent à extruder est mise en sous-occlusion de sorte à libérer l'espace nécessaire à son mouvement.</p> <p>La dent est stabilisée pendant 8 semaines.</p>

Situation clinique	Dispositif de choix
<i>Dent sans pilier adjacent</i>	<p>La dent peut être déplacée grâce à un dispositif amovible.</p> <p>Il n'existe pas de solution unique pour ce type de situation, et le clinicien doit faire preuve d'ingéniosité dans chaque cas.</p> <p>Un tenon comprenant un crochet peut être scellé dans la racine et relié à l'appareil amovible par un élastique orthodontique.</p> <p>L'appareil peut être modifié en plaçant une barre entre les dents piliers (servira d'ancrage) ou un crochet (servira d'ancrage au système d'activation).</p>
<i>Dents bicuspides avec la face vestibulaire intacte</i>	<p>La technique est alors la même que pour les dents antérieures intactes.</p>
<i>Dents bicuspides sans face vestibulaire ou avec une petite partie persistante</i>	<p>Un tenon est placé dans la dent à déplacer.</p> <p>Si les dents adjacentes présentent des restaurations à reprendre ou des caries:</p> <p>Des rainures sont réalisées sur les faces proximales et occlusales des dents adjacentes afin de permettre le placement d'un fil métallique rond 0.036, et de créer de la rétention.</p> <p>Le fil (barre) est confectionné de manière à se placer dans les rainures et au dessus du tenon. Vérifier qu'il n'existe pas d'interférence occlusale.</p> <p>Il est stabilisé grâce à du composite.</p> <p>La dent est déplacée grâce à un élastique reliant le tenon à la barre.</p> <p>Il doit y avoir assez de place entre la barre et le tenon pour permettre la quantité d'extrusion désirée.</p> <p>Si les dents adjacentes sont intactes :</p> <p>La technique précédente peut être utilisée en collant vestibulairement la barre d'ancrage.</p> <p style="text-align: center;">Ou</p> <p>Une provisoire tenon est réalisée sur la dent à égresser afin de pouvoir porter un bracket, et de se retrouver dans la situation clinique d'une dent avec couronne intacte.</p>

Fig. 43, Dispositif d'égression de choix.

**4.7.4 Avantages et Inconvénients des divers dispositifs d'égression unitaire
(68) (140)**

	Dispositifs amovibles Avantages	Dispositifs amovibles Inconvénients	Dispositifs fixes Avantages	Dispositifs fixes Inconvénients
Précision du mouvement		Mouvement moins précis et moins contrôlé mais tout de même capable de produire le mouvement souhaité.	Mouvements précis et contrôlés.	
Situation clinique	Utile en présence de : - Couronne - PAP - Dents adjacentes (qui auraient pu servir d'ancrage) manquantes - Denture mixte - Denture traumatisée - Malposition			Application limitée en présence de couronnes adjacentes, ou d'ancrage insuffisant.
Contention		La contention nécessite souvent la fabrication d'un nouveau dispositif prenant appui sur les dents. Adjacentes	La contention peut être assurée par le dispositif lui-même (devenu passif ou remplacé par une ligature).	
Espace disponible		Un espace inter-arcade minimum est nécessaire au placement du dispositif. Il est difficile à utiliser en cas d'occlusion serrée.	Ne pose pas de problème puisque l'arc peut être courbé pour s'adapter à chaque situation.	
Dextérité du patient		Le patient doit désactiver le dispositif avant de l'enlever, et le réactiver après l'avoir inséré.	Ne nécessite pas une grande dextérité du patient, quoique pour certains dispositifs, le patient doit changer ses élastiques.	

	Dispositifs amovibles Avantages	Dispositifs amovibles Inconvénients	Dispositifs fixes Avantages	Dispositifs fixes Inconvénients
Coopération		La coopération est indispensable. Elle comprend : un port adapté, une hygiène bucco-dentaire et l'assiduité aux rendez-vous.	Une coopération minimale suffit comprenant une bonne hygiène et une assiduité aux rendez-vous.	
Facilité de réalisation	Le plus gros de la réalisation est effectué au laboratoire, ce qui permet de réduire le temps de travail au fauteuil.		Le collage direct de dispositifs segmentés est efficace et réduit la mécanique à des procédures simples. C'est le cas aussi des arcs collés.	Des compétences plus importantes sont requises pour l'utilisation des brackets et des arcs orthodontiques.
Préservation des dents adjacentes	Lorsque les dents adjacentes (piliers potentiels) portent des restaurations sur lesquelles il est délicat de prendre appui (risque d'endommager la céramique), l'ancrage des dispositifs amovibles se fait par rétention des crochets et stabilisation palatine.			Bien que des brackets puissent être fixés sur des couronnes, en les enlevant, il est possible d'endommager la céramique et son glaçage ce qui est très préjudiciable pour l'esthétique.
Hygiène	D'après Murchison et Schwartz, les appareillages amovibles sont plus faciles à nettoyer et permettent le maintien d'une meilleure hygiène bucco dentaire pendant la procédure d'égression.			Risque accru de caries.

	Dispositifs amovibles Avantages	Dispositifs amovibles Inconvénients	Dispositifs fixes Avantages	Dispositifs fixes Inconvénients
Esthétique		Solution souvent peu esthétique.	Les brackets en céramique ainsi que l'orthodontie linguale représentent des solutions plus esthétiques.	Solution peu esthétique.
Gène occasionnée		La phonation peut être affectée, le patient doit s'adapter à avoir un corps étranger en bouche		Blessures muqueuses et lésions parodontales possibles.
Coût		Elevé car réalisation au laboratoire		De faible à moyen selon la technique, l'utilisation de matériel orthodontique spécifique augmentant le coût.

Fig. 44, *Avantages et Inconvénients des divers dispositifs d'égression unitaire.*

4.8 Protocole

(123)

- Bien que les différences de protocole soient imputables à la diversité des cas cliniques, il n'existe pas de consensus quant au protocole clinique standard d'égression orthodontique dans le but de développer le site implantaire.
- Ce manque de consensus concerne de nombreux points :
 - nécessité et durée de la contention
 - sa relation avec la phase active
 - nécessité et durée d'une période de cicatrisation post-extractionnelle et pré-implantaire.
- Ces décisions relèvent en réalité de l'empirisme.
- Malgré des variations dans les protocoles, plusieurs enseignements cliniques généraux concernant la phase orthodontique de la procédure, ressortent de 18 études pertinentes issues de la littérature et effectuées sur le sujet :
 - Des forces extrusives légères, constantes sont recommandées, à savoir 15 g pour une dent antérieure et 50 g pour une dent postérieure.
 - Le rythme d'extrusion doit être maintenu lent et régulier, et ne pas excéder 2 mm par mois.
 - Un torque radiculaire vestibulaire doit être appliqué concomitamment pour accroître le volume vestibulo-lingual de l'os alvéolaire.

- Une période de rétention et de stabilisation d'au minimum 1 mois pour chaque millimètre d'extrusion active doit être respectée avant l'extraction.
- L'utilisation d'arcs d'ancrage en overlay est recommandée pour renforcer l'ancrage et éviter la version des dents adjacentes en direction de la dent égressée.
- En outre, malgré la diversité des protocoles, ils présentent des séquences principales qui sont toujours retrouvées dans le même ordre :
 - Toute maladie parodontale doit être traitée préalablement, puis contrôlée régulièrement (en même temps que l'ajustement occlusal). Le traitement parodontal comprend la prophylaxie, le détartrage, le surfaçage et l'instruction à l'hygiène orale.
 - Si nécessaire dévitalisation de la dent à égresser (pour éviter les sensibilités liées à la réduction occlusale nécessaire à l'égression) ou retraitement endodontique.
 - Mise en place du dispositif d'égression (système d'ancrage, attache dentaire et système d'activation)
 - Contrôles réguliers au cours de la phase d'égression (repositionnement du bracket, meulages occlusaux quasiment toujours nécessaires pour éviter toute interférence au fur et à mesure de l'extrusion).
 - Période de contention
 - Extraction dentaire (atraumatique)
 - Implantation (généralement il s'agit d'une extraction implantation immédiate)
 - Cicatrisation et ostéointégration (la mise en charge est différée le plus souvent)
 - Réalisation de la restauration prothétique implanto-portée
- Selon les auteurs, la durée de ces séquences est aussi très variable :
 - La phase active de traitement, c'est-à-dire la période pendant laquelle une force éruptive est appliquée sur la dent, pouvant aller de 4 à 28 semaines, avec une durée moyenne de 12,8 semaines.
 - La période de contention et de stabilisation, c'est-à-dire la période pendant laquelle la dent égressée est maintenue passivement dans sa position, s'étend de 0 jour (extraction immédiate après l'égression active) à 6 mois, avec une durée moyenne de 9,3 semaines.
 - Dans la plupart des cas, l'implant est placé directement après l'extraction atraumatique, mais dans quelques cas une période de cicatrisation de 2 à 8 semaines est ménagée.
 - Après l'implantation, une période de cicatrisation et d'ostéointégration de 6 mois est laissée dans la plupart des cas avant la mise en charge de l'implant (avec la restauration coronaire). Pour quelques cas, la période de cicatrisation a été plus courte puisqu'elle a duré 1 à 4 mois. Pour un cas, cette période a duré 41 mois avant la restauration prothétique. Pour un autre cas, la mise en charge a été immédiate après l'extraction et l'implantation immédiate.

4.9 Résultats

(123)

4.9.1 Résultats tissulaires de l'égression orthodontique forcée (Mantzikos et Shamus) :

- La revue de 18 articles significatifs et pertinents ont permis de tirer les conclusions suivantes : dans tous les cas des gains cliniquement significatifs d'os alvéolaire et de tissu gingival ont été rapportés **(123)**.
Cependant, ces changements n'ont été quantifiés que par Mantzikos et Shamus **(144) (142)**.
- **Amélioration dans les 3 dimensions de la topographie osseuse.**
- Ce remodelage orthodontique permet une augmentation osseuse locale, particulièrement dans un plan vertical.
- Augmentation osseuse de 8,7 mm lors d'éruption forcée de cas présentant en moyenne des défauts intra-osseux de 12.82 mm.
- Grâce à l'éruption forcée, 7 à 8 mm d'os néoformé peuvent être obtenus.
- Aucune croissance osseuse n'est observée autour d'une dent sujette à de fréquentes infections, ou ne présentant pas un appareil d'attache résiduel suffisant.
- **Réduction de la profondeur de poche**
- Réduction moyenne de 5,32 mm de la profondeur de poche des défauts infra-osseux de profondeur moyenne de 8,76 mm.
- La réduction de la profondeur de poche s'accompagne de l'apparition du « red patch » d'une taille coronale moyenne de 4,5 mm.
- **Nivellement des défauts des tissus mous et le déplacement coronaire de la gencive**
- Le volume des tissus mous a été augmenté, leur localisation améliorée :
 - Augmentation de la quantité de gencive attachée puisque le niveau de la jonction mucogingivale reste constant et qu'il y a un repositionnement coronaire de la limite gingivale.
 - On observe aussi une augmentation de la papille interdentaire, donc une diminution des embrasures interdentaires.
- Grâce à l'extrusion forcée, un gain de tissus mous de 5 mm peut être attendu.
- Généralement il existe une période de latence entre le mouvement dentaire et les manifestations cliniques du mouvement de l'appareil d'attache.

4.9.2 Résultats cliniques de l'aménagement tissulaire pré-implantaire par égression orthodontique

(123)

- **Etude de 18 cas pertinents issus de la littérature**
- **Des procédures d'augmentation tissulaire additionnelles** ont été nécessaires dans 5 cas sur 18 seulement:
 - 3 greffes gingivales (2 greffes conjonctives, 1 greffe gingivale libre)
 - 1 greffe osseuse (os cortical broyé) associée à une membrane de protection en Gore-Tex pour couvrir les déhiscences ainsi que les spires implantaire coronaires exposées
 - 1 greffe d'os autogène
- **Les résultats à long terme** de cette technique (le recul clinique et le suivi clinique allant de 7 mois à 3 ans selon les études) démontrent une grande stabilité ainsi qu'un succès clinique. Aucun auteur ne rapporte la nécessité de retouche chirurgicale ni non chirurgicale une fois que la restauration définitive est en place.
- **Le suivi radiologique** démontre le succès de l'ostéointégration implantaire sans perte osseuse crestale au moment de la pose de l'implant. Toutefois, même s'ils n'ont jamais été rapportés, il doit exister des cas où la technique échoue, ou apporte une différence cliniquement négligeable.

D'ailleurs, le manque de standardisation du protocole de traitement, et le manque de données quantitatives concernant les résultats de ce type de traitement, limite le nombre, la pertinence et la portée des conclusions qui pourraient être tirées.

Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour établir de manière sûre les bénéfices, s'ils existent, que l'égression orthodontique procure pour le développement de sites implantaires dans des zones de destruction parodontale modérée à sévère. Une telle recherche pourrait inclure une comparaison en aveugle de la technique d'égression orthodontique avec les autres modalités de traitement des sites implantaires compromis (mais plus communément utilisées et acceptées), que sont les greffes osseuses allo ou autogènes, la régénération tissulaire guidée, les procédures d'augmentation muco-gingivales.
- Plusieurs auteurs notent que la **durée de traitement** ne s'en trouve pas augmentée, et peut en fait être plus courte avec l'extrusion orthodontique qu'avec les augmentations tissulaires chirurgicales conventionnelles.
- Cependant, il n'existe pas actuellement de comparaison entre l'égression orthodontique et les autres modalités de traitement, donc aucune conclusion ne peut être tirée quant à son efficacité relative en comparaison aux autres méthodes.

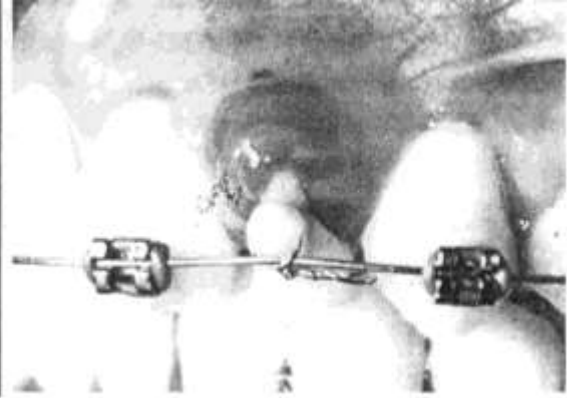
5 CAS CLINIQUES

5.1 Cas de la littérature d'après O'NEAL RB et BUTLER BL (172)



Début de la traction

Le positionnement apical du bracket de la dent à égresser, par rapport à ceux situés sur les dents servant d'ancrage, induit une composante d'égression.



Phase d'égression

Noter le retour de l'arc à sa forme d'origine. Noter la migration coronaire de la limite gingivale autour de la dent égressée et l'apparition du « red patch ».



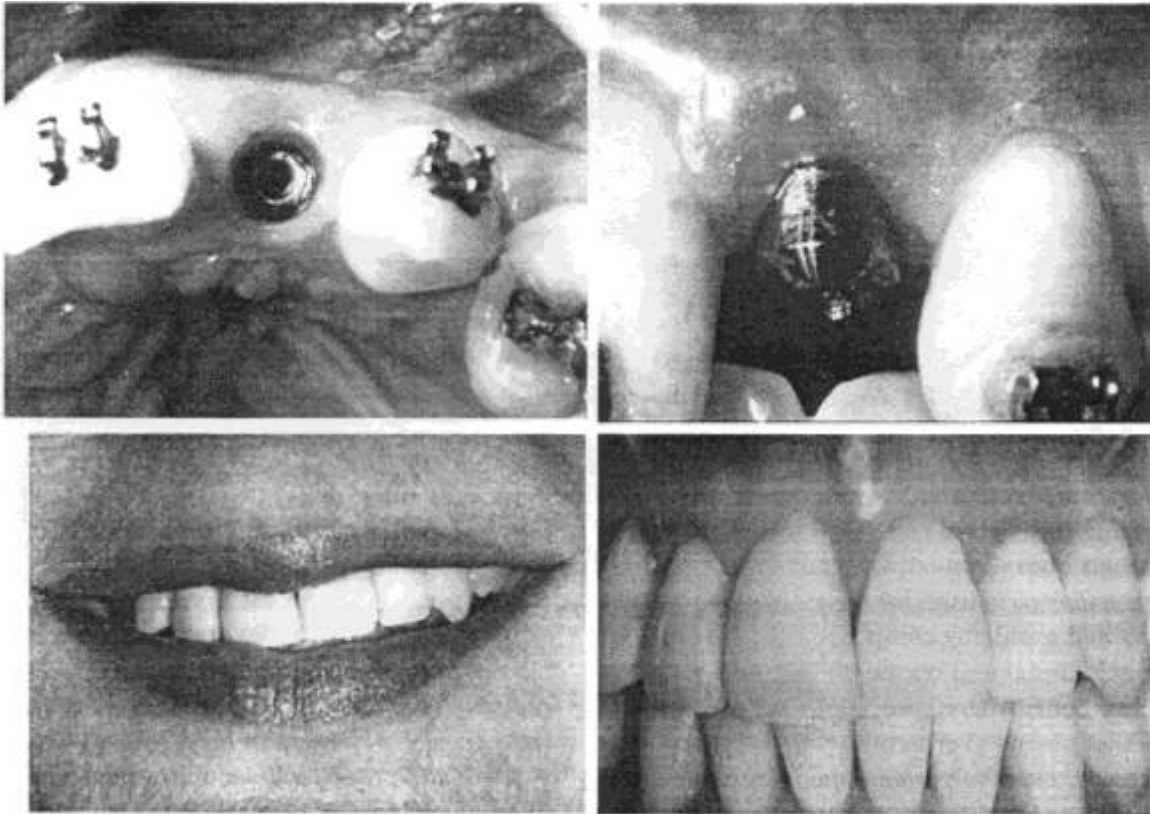
égression



Suivi radiologique au cours de la phase d'égression

Noter la diminution de la longueur radulaire, correspondant à la quantité d'égression obtenue.

Noter l'apposition osseuse apicale et inter-proximale.



Reconstruction prothétique implanto-portée définitive ESTHETIQUE

Noter le positionnement idéal de l'implant dans les 3 dimensions (soutien osseux adéquat).

Noter l'alignement des collets et l'harmonie gingivale.

Noter la présence de la papille.

Noter le naturel de la restauration prothétique.

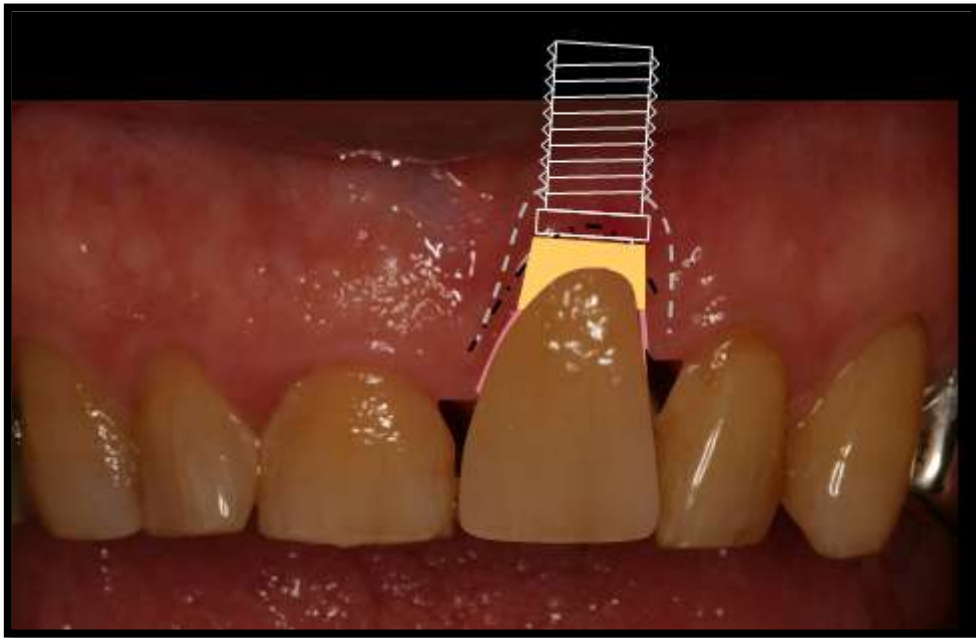
Fig. 45 Cas de la littérature d'après O'NEAL RB et BUTLER BL (172)

5.2 Cas du Dr Hervé DROGOU

- *Monsieur D. Jean, 64 ans, présentant une fracture horizontale de 21 (restaurée par une prothèse fixée instable).*



Situation initiale



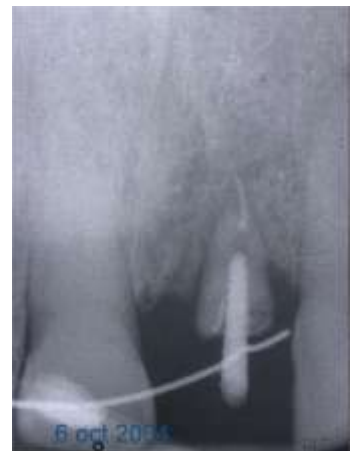
Simulation du résultat en cas d'implantation sans reconstruction tissulaire au préalable (noter la longueur de la couronne clinique, l'augmentation des embrasures et la disparition de la papille)



Mise en place de la traction orthodontique



Début du traitement orthodontique + 2 mois



Début du traitement orthodontique + 3 mois



Début du traitement orthodontique + 6 mois
 (noter le repositionnement de la limite gingivale et l'augmentation de hauteur de la gencive kératinisée au niveau de la dent égressée)



Evolution radiographique en 3 mois d'égression forcée
 (noter l'amélioration de l'architecture osseuse)



Jour de l'extraction (et de l'implantation)



Jour de la chirurgie implantaire



Jour de la chirurgie implantaire



Après greffe de conjonctif enfoui



Jour de la prise d'empreinte



Restauration prothétique définitive

CONCLUSION

Désormais, lors de l'élaboration d'un plan de traitement global, la fiabilité et les possibilités offertes par l'implantologie, placent la solution implantaire au cœur des possibilités thérapeutiques, surtout dans les cas d'édentement unitaire.

Cependant, lorsque le plan de traitement prévoit le remplacement de dents compromises, souvent accompagnées de défauts parodontaux, il est nécessaire de corriger ces défauts osseux et gingivaux environnants préalablement à l'implantation.

Une alternative aux techniques chirurgicales conventionnelles de reconstruction tissulaire, est représentée par l'égression orthodontique de la dent condamnée. Cette technique utilise l'attache parodontale résiduelle de cette dent afin de modeler le futur site implantaire.

Dans des conditions précises, l'égression orthodontique pré-implantaire permet d'améliorer les conditions et la fiabilité de l'implantation.

Mais cette procédure d'apparence simple nécessite une approche multidisciplinaire, qui bien qu'allant dans le sens de la prise en charge globale du patient, implique une coordination et une collaboration étroite entre les praticiens, qui ne sont pas toujours faciles à mettre en place.

A l'avenir, cette technique mérite de se vulgariser du fait des nombreux avantages qu'elle présente par rapport aux techniques chirurgicales classiques de reconstruction tissulaire.

Néanmoins, les protocoles et la fiabilité à long terme de l'aménagement tissulaire pré-implantaire par égression orthodontique, doivent être déterminés par des études multicentriques afin de prouver le bien fondé de cette technique qui repose aujourd'hui surtout sur des cas cliniques isolés.

BIBLIOGRAPHIE

- 1. ABRAHAMSSON I, BERGLUNDH T, LINDER E et coll.**
Early bone formation adjacent to rough and turned endosseous implant surfaces. An experimental study in the dog.
Clin Oral Implants Res 2004 ;**15**(4):381-392.
- 2. ABRAMS H, KOPCZYK RA et KAPLAN AL.**
Incidence of anterior ridge deformities in partially edentulous patients.
J Prosthet Dent 1987;**57**(2):191-194.
- 3. ADELL R, LEKHOLM U, GRÖNDAHL K et coll.**
Reconstruction of severely resorbed edentulous maxillae using osseointegrated fixtures in immediate autogenous bone grafts.
Int J Oral Maxillofac Implants 1990;**5**(3):233-246.
- 4. ADELL R, LEKHOLM U, ROCKLER B et BRÅNEMARK PI.**
A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw.
Int J Oral Surg 1981;**10**(6):387-416.
- 5. AINAMO J, ALCOFORADO G, BORGHETTI A et coll.**
Parodonte et espace péri-implantaire.
Actual Odontostomatol (Paris) 1996;**194**:321-333.
- 6. ADOLFI D, DE FREITAS A et GROISMAN M.**
Achieving aesthetic success with an immediate-function implant and customised abutment and coping.
Pract Periodont Aesthet Dent 2005;**17**(9):649-654.
- 7. ALEXANDER CM, ALEXANDER RG, GORMAN JC et coll.**
Lingual orthodontics. A status report.
J Clin Orthod 1982;**16**(4):255-262.
- 8. ANTOUN H, MISCH CE, DIETSH F et FEGHALI M.**
Augmentation de crête par greffe osseuse prélevée à la symphyse mentonnière.
J Parodontol 1995;**14**:401-410.
- 9. ARMITAGE GC.**
Development of a classification system for periodontal diseases and conditions.
Ann Periodontol 1999;**4**(1):1-6.
- 10. ATHERTON JD.**
The gingival response to orthodontic tooth movement.
Am J Orthod 1970;**58**(2):179-186.

- 11. ATHERTON JD et KERR NW.**
Effect of orthodontic tooth movement upon the gingivae.
Br Dent J 1968;**124**(12):555-560.
- 12. ATWOOD DA.**
Reduction of residual ridges: a major oral disease entity
J Prosthet Dent 1971;**26**(3):266-279.
- 13. BACH N, BAYLARD JF et VOYER R.**
Orthodontic extrusion: periodontal considerations and applications.
J Can Dent Assoc 2004;**70**(11):775-780.
- 14. BAER PN, EVERETT FG.**
Periodontosis: a problem in orthodontics.
J Periodontol 1975;**46**(9):559-561.
- 15. BAHAT O, FONTANESI RV et PRESTON J.**
Reconstruction of the hard and soft tissues for optimal placement of osseointegrated implants.
Int J Periodont Restorat Dent 1993;**13**(3):255-275.
- 16. BARON R.**
Remaniement de l'os alvéolaire au cours du déplacement spontané et provoqué des dents.
Rev Orthod Dento Fac 1975a;**9**:309-325.
- 17. BARON R.**
Histophysiologie des réactions tissulaires.
In : CHÂTEAU M, ed. Orthopédie dento-faciale.
Paris : J. Prélât, 1975 a.
- 18. BARON R.**
Importance of the intermediate phases between resorption and formation in the measurement and understanding of the bone remodeling sequence.
In : MEUNIER P, ed. Bone Histomorphometry. Second Workshop.
Paris : Armour-Montagu, 1977:179-183.
- 19. BARZILARY I, GRASER GN, CATON J et SHENKLE G.**
Immediate implantation of pure titanium threaded implants into extraction sockets.
J Dent Res 1988;**67**:234-240.
- 20. BASSIGNY F.**
Manuel d'orthopédie dento-faciale
Paris : Masson, 1986.

- 21. BATENHORST KF, BOWERS GM et WILLIAMS JE.**
Tissue changes resulting from facial tipping and extrusion of incisors in monkeys.
Periodontol 1974;**45**(9):660-668.
- 22. BAUDOIN C et BENNANI V.**
Réussir un projet prothétique en implantologie.
Paris: Quintessence International, 2001.
- 23. BAXTER DH.**
The effect of orthodontic treatment on alveolar bone adjacent to the cemento enamel junction.
Angle Orthod 1967;**37**(1):35-47.
- 24. BENATI FW et SIMON JH.**
Orthodontic root extrusion: its rationale and uses.
Gen Dent 1986;**34**(4):285-289.
- 25. BERCY P et TENENBAUM H.**
Parodontologie: du diagnostic à la pratique.
Bruxelles : De Boeck Université, 1996
- 26. BERGLUNDH T, LINDHE J, ERICSSON I et coll.**
The soft tissue barrier at implants and teeth.
Clin Oral Implants Res 1991;**2**(2):81-90.
- 27. BERGLUNDH T, MARINELLO CP, LINDHE J et col.**
Periodontal tissue reactions to orthodontic extrusion. An experimental study in the dog.
J Clin Periodontol 1991;**18**:330-336.
- 28. BERLINER A.**
Ligatures, Splints, Bite Planes, and Pyramids.
Philadelphia : J. B. Lippincott, 1964.
- 29. BERT M et MISSIKA P.**
Les clés du succès en implantologie. Prévenir les complications et les échecs. Collection JPIO.
Paris : CdP, 2009.
- 30. BIEN SM.**
Fluid dynamic mechanisms which regulate tooth movement.
Adv Oral Biol 1966;**2**:173-201.

- 31. BIEN SM. et AYERS MD.**
Response of rat maxillary incisor to Proads.
J Dent Res 1965(May-Jun); **44**:517-520.
- 32. BIGGERSTAFF RH, SINKS JH et CARAZOLA JL.**
Orthodontic extrusion and biologic width realignment procedures: methods for reclaiming nonrestorable teeth.
J Am Dent Assoc 1986;**112**(3):345-348.
- 33. BOESE LR.**
Increase stability of orthodontically rotated teeth following gingivectomy in macaca nemestrina.
Am J Orthod 1969;**56**(3):273-90.
- 34. BONNEFONT R et GUYOMARD F.**
Review of the mechanical ideas utilized in orthodontics.
Rev Orthop Dento Faciale 1979;**13**(1):5-25.
- 35. BORGHETTI A et MONNET-CORTI V.**
Chirurgie plastique parodontale. Collection JPIO
Paris : CdP,2000.
- 36. BOWERS GM, CHADROFF B, CARNEVALE R et coll.**
Histologic evaluation of new attachment apparatus formation in humans. Part I.
J Periodontol 1989;**60**(12):664-674.
- 37. BOYD RL.**
Mucogingival considerations and their relationship to orthodontics.
J Periodontol 1978;**49**(2):67-76.
- 38. BOYNE PJ et JAMES R.**
Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone.
J Oral Surg 1980;**38**(8):613-618.
- 39. BRÅNEMARK PI.**
Osseointegration and its experimental background.
J Prosthet Dent 1983;**50**(3):399-410.
- 40. BRÅNEMARK PI, ADELL R, BREINE U et coll.**
Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies.
Scand J Plast Reconstr Surg 1969;**3**(2):81-100.

- 41. BRÅNEMARK PI, ENGSTRAND P, OHRNELL LO et coll.**
Brånemark Novum : a new treatment concept for rehabilitation of the edentulous mandible. Preliminary results from a prospective clinical follow-up study.
Clin Implant Dent Relat Res 1999;**1**(1):2-16.
- 42. BRÅNEMARK PI, HANSSON BO, ADELL R et coll.**
Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period.
Scand J Plast Reconstr Surg 1977;**16**(suppl):1-132.
- 43. BRÅNEMARK PI, ZABB GA et ALBREKTSSON T.**
Tissue-integrated protheses. Osseointegration in clinical dentistry.
Chicago : Quintessence,1985.
- 44. BROWN S.**
The effect of orthodontic therapy on certain types of periodontal defects. Clinical findings.
J Periodontol 1973; **44**(12):742-756.
- 45. BUSER D, DULA K, BELSER U et coll.**
Localized ridge augmentation using guided bone regeneration. 1. Surgical procedure in the maxilla.
Int J Periodont Restorat Dent 1993;**13**(1):29-45.
- 46. BUSER D, WEBER HP, DONATH K et coll.**
Soft tissue reactions to non-submerged unloaded titanium implants in beagle dogs.
J Periodontol 1992;**63**(3):225-235.
- 47. BUSKIN R, CASTELLON P et HOCHSTEDLER JL.**
Orthodontic extrusion and orthodontic extraction in preprosthetic treatment using implant therapy.
Pract Periodont Aesthet Dent 2000;**12**(2):213-219.
- 48. CANAL P et SALVADORI A.**
Orthodontie de l'adulte.
Paris : Masson, 2008.
- 49. CARLSSON L, RÖSTLUND T, ALBREKTSSON B et coll.**
Osseointegration of titanium implants.
Acta Orthop Scand 1986;**57**(4):285-289
- 50. CAUDILL RF et MEFFERT RM.**
Histologic analysis of the osseointegration of endosseous implants in simulated extraction sockets with and without e-PTFE barriers. 1. Preliminary findings.
Int J Periodont Restorat Dent 1991;**11**(3):207-15.

- 51. CELENZA F.**
The development of forced eruption as a modality for implant site enhancement.
Alpha Omegan 1997;**90**(2):40-43.
- 52. CHAMBRONE L et CHAMBRONE LA.**
Forced orthodontic eruption of fractured teeth before implant placement: case report.
J Can Dent Assoc 2005;**71**(4):257-261.
- 53. CHANDLER KB et RONGEY WF.**
Forced eruption: Review and case reports.
Gen Dent 2004;**53**(4): 274-277.
- 54. CHAUMETTE G. et AURIOL M.**
Histologie du parodonte.
Encycl Med Chir (Paris), Stomatologie et odontologie, 22007-C-10,1993,**19**.
- 55. CHOY K, PAE EK, PARK Y et coll.**
Effect of root and bone morphology on the stress distribution in the periodontal ligament.
Am J Orthod Dentofac Orthop 2000;**117**(1):98-105.
- 56. COHEN B.**
Morphological factors in the pathogenesis of periodontal disease.
Br Dent 1959;**21**:31-39.
- 57. COOPER L, FELTON DA, KUGELBERG CF et coll.**
A multicenter 12-month evaluation of single-tooth implants restored 3 weeks after 1-stage surgery.
Int J Oral Maxillofac Implants 2001;**16**(2):182-192.
- 58. CRONIN R J et WARDLE W L.**
Prosthetic management of vertical root extrusion.
J Prosthet Dent 1981;**46**(5):498-504.
- 59. DAELEMANS P, HERMANS M, GODET F et MALEVEZ C.**
Autologous bone graft to augment the maxillary sinus in conjunction with immediate endosseous implants: a retrospective study up to 5 years.
Int J Periodont Restorat Dent 1997;**17**(1):27-39.
- 60. DANAN M, FONTANEL F et BRION M.**
Mouvements orthodontiques.
In : DANAN M, FONTANEL F, BRION M, ed. Parodontites sévères et orthodontie.
Collection JPIO
Paris : CdP, 2004.

- 61. DANESH-MEYER MJ et BRICE DM.**
Implant site development using orthodontic extrusion: a case report.
New Zealand Dent J 2000;**96**:18-22.
- 62. DAVARPANAH M, JAKUVBOWICZ-KOHEN B, CARAMAN M et KEBIR-QUELIN M.**
Les implants en odontologie.
Paris : CdP, 2004.
- 63. DAVARPANAH M, SZMUKLER-MONCLER S, KHOURY PM et coll.**
Manuel d'implantologie clinique. Concepts, protocoles et innovations récentes.
Collection JPIO. 2^e ed.
Paris: CdP, 2008.
- 64. DEBLOCK L. et PETITPAS L.**
La technique de Burstone : des forces et des pressions éminemment légères.
Orthod Fr 1997;**68**(1):253-264.
- 65. DEL FABBRO M, TESTORI T, FRANCETTI L et coll.**
Systematic review of survival rates for immediately loaded dental implants.
Int J Periodont Rest Dent 2006;**26**(3):249-263.
- 66. DIEDRICH P.**
Support for periodontal treatment of the adult dentition through orthodontic measures.
Dtsch Zahnarzt Z 1984;**39**(8):570-580.
- 67. DIEDRICH P et ERPENSTEIN H.**
Distal movement of a permanent premolar arch-ending tooth--an alternative in the
prosthetic care of a shortened dental arch.
Quintessenz 1986;**37**(3):505-516.
- 68. DURHAM TM, GODDARD T et MORRISON S.**
Rapid forced eruption: A case report and review of forced eruption techniques.
Gen Dent 2004;**52**(2):167-175.
- 69. EDWARDS JG.**
A study of the periodontium during orthodontic rotation of teeth.
Am J Orthod 1968;**54**(6):441-461.
- 70. EDWARDS JG.**
A surgical procedure to eliminate rotational relapse.
Am J Orthod 1970;**57**(1):35-46.

- 71. EMSLIE RD.**
Discussion dirigée consacrée au meulage sélectif dans le traitement des parodontopathies.
Parodontologie 1964;**18**:9-31.
- 72. ENGELMAN MJ, SORENSEN JA et MOY PJ.**
Optimum placement of osseointegrated implants.
J Prosthet Dent 1988;**59**(4):467-473.
- 73. ERICSSON I, THILANDER B et LINDHE J.**
Periodontal conditions after orthodontic tooth movements in the dog.
Angle Orthod 1978;**48**(3):210-218.
- 74. ERIKSON B, KAPLAN H et AISENBERG MS.**
Orthodontics and transeptal fibers.
Am J Orthod Oral Surg 1945;**31**(1):1-20.
- 75. ERIKSSON RA, ALBREKTSSON T et MAGNUSSON B.**
Assessment of bone viability after heat trauma. A histological, histochemical and vital microscopic study in the rabbit.
Scand J Plast Reconstr Surg 1984;**18**(3):261-268.
- 76. ERKUT S, ARMAN A, GULSAHI A et coll.**
Forced eruption and implant treatment in posterior maxilla: A clinical report.
J Prosthet Dent 2007;**97**(2):70-73.
- 77. ESPOSITO M, WORTHINGTON HV, THOMSEN P et coll.**
Interventions for replacing missing teeth: different types of dental implants.
Cochrane Database Syst Rev 2003;(3):CD003815.
- 78. FEIGLIN B.**
Clinical management of transverse root fractures.
Dent Clin North Am 1995;**39**(1):53-78.
- 79. FERMIN A. et CARRANZA JR.**
La parodontologie clinique selon Glyckman.
Paris: CdP,1988.
- 80. FONTENELLE A.**
Une conception parodontale du déplacement dentaire provoqué : vers une application clinique raisonnée.
J Parodontol 1982;**1**(2) :131-155.

- 81. FROST HM.**
Tetracycline-based histological analysis of bone remodeling.
International symposium of bone dynamics, 1964:315-333.
- 82. FUJITA K.**
New orthodontic treatment with lingual bracket mushroom arch wire appliance.
Am J Orthod 1979;76(6):657-75.
- 83. FUNATO A, SALAMA MA, ISHIKAWA T et coll.**
Chronologie, positionnement et sequences en implantologie esthétique: une perspective en 4 dimensions.
Parodont Dent Rest 2007;27(4) :313-323.
- 84. GAINSFORTH BL et HIGLEY LB.**
A study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone.
Am J Orthod Oral Surg 1945;31:406-417.
- 85. GARBER DA.**
The esthetic dental implant : Letting the restoration be the guide.
J Am Dent Assoc 1995;126(3):319-325.
- 86. GARBER DA.**
The esthetic dental implant: Letting restoration be the guide.
J Oral Implantol 1996;22(1):45-50.
- 87. GARBER DA et BELSER UC.**
Restoration-driven implant placement with restoration-generated site development.
Compend Contin Educ Dent 1995;16(8):796, 798-802, 804.
- 88. GARGIULO AW, WENTZ FM et ORBAN B.**
Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans.
J Periodontol 1961;32:261-267.
- 89. GERACI TF, NEVINS M, CROSSETTI HW et coll.**
Reattachment of the periodontium after tooth movement into an osseous defect in a monkey.
Int J Periodont Restorat Dent 1990;10(3):184-197.
- 90. GERON S et ZISKIND D.**
Lingual forced eruption orthodontic technique: clinical considerations for patient selection and clinical report.
J Prosthet Dent 2002;87(2):125-128.

- 91. GOLDBERG M.**
Manuel d'histologie et de biologie buccale.
Paris : Masson,1989.
- 92. GOLDMAN HM et COHEN DW.**
The infrabony pocket: classification and treatment.
J Periodontol 1958;**29**:272-291.
- 93. GOTTLow J, NYMAM S, KARRING T et LINDHE J.**
New attachment formation as the result of controlled tissue regeneration.
J Clin Periodontol 1984;**11**(8):494-503.
- 94. GOTTLow J, NYMAN S, LINDHE J et coll.**
New attachment formation in the human periodontium by guided tissue
regeneration. Case reports.
J Clin Periodontol 1986;**13**(6):604-616.
- 95. GRABER TM. et SWAIN BF.**
Orthodontics. Current Principles and Techniques.
St. Louis : Mosby,1985:162-165.
- 96. GRUNDER U, GRACIS S et CAPELLI M.**
Influence of the 3-D bone-to-implant relationship on esthetics.
Int J Periodontics Restorative Dent 2005;**25**(2):113-119.
- 97. GUILFORD HJ, GRUBB TA et PENCE DL.**
Vertical extrusion: a standardized technique.
Compend Contin Educ Dent 1984;**5**(7):562-567.
- 98. HALL WB.**
The current status of mucogingival problems and their therapy.
J Periodontol 1981;**52**(9):569-575.
- 99. HÄMMERLE CH, CHEN ST et WILSON TG.**
Consensus statements and recommended clinical procedures regarding the placement of
implants in extraction sockets.
Int J Oral Maxillofac Implants 2004;**19**(Suppl):26-28.
- 100. HEINS PJ et WIEDER SM.**
A histologic study of the width and nature of inter-radicular spaces in human adult pre-
molars and molars.
J Dent Res 1986;**65**(6):948-951.

101. HEITHERSAY GS.

Combined endodontic-orthodontic treatment of transverse root fractures in the region of the alveolar crest.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1973;**36**(3):404-415.

102. HOLST S, HEGENBARTH EA, SCHEGEL KA et coll.

Restoration of a non restorable central incisor using forced orthodontic eruption, immediate implant placement, and an all-ceramic restoration: A clinical report.

J Prosthet Dent 2007;**98**(4):251-255.

103. HUETTNER R J et YOUNG R W.

The movability of vital and devitalized teeth in the macacus rhesus monkey.

Oral Surg 1955;**8**(2):189-197.

104. HUTCHERSON JB.

Repositioning and permanent retention of adult teeth.

J Am Dent 1957;**16**:12-15.

105. ILIZAROV GA.

The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues : Part I.

Clin Orthop 1989a;**238**:249-281.

106. ILIZAROV GA.

The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues : Part II.

Clin Orthop 1989b;**239**:263-285.

107. INGBER JS.

Forced eruption: Part I. A method of treating isolated one and two wall infrabony osseous defects. Rationale and case report.

J Periodontol 1974;**45**(4):199-206.

108. INGBER JS.

Forced eruption: Part II. A method of treating nonrestorable teeth. Periodontal and restorative considerations.

J Periodontol 1976;**47**(4):203-216.

109. INGBER JS.

Forced eruption.

In: MARKS MH, CORN H, eds. Atlas of adult orthodontics: functional and esthetic enhancement.

Philadelphia: Lea & Febinger,1989.

110. INGBER JS, ROSE LF et COSLET JG.

The biologic width: a concept in periodontics and restorative dentistry.

Alpha Omegan 1977;**70**(3):62-65.

111. ISMAIL SF et JOHAL AS.

The role of implants in orthodontics.
J Orthod 2002;**29**(3):239-245.

112. JACOBS SG.

The treatment of traumatized permanent anterior teeth: case report & literature review.
Aust Orthod J 1995;**13**(4):213-218.

113. JEMT T.

Regeneration of gingival papillae after single-implant treatment.
Int J Periodont Rest Dent 1997;**17**(4):326-333.

114. JOHNSON GK et SIVERS JE.

Forced eruption in crown-lengthening procedures.
J Prosthet Dent 1986;**56**(4):424-427.

115. KARRING T, ISIDOR F, NYMAN S, LINDHE J.

New attachment formation on citric acid and non-citric acid treated roots.
J Periodont Res 1984;**19**(6):666-669.

116. KELLER EE.

Skeletal-dental reconstruction of the compromised mandible with composite bone grafts.
Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am 1994a;**2**(2):21-30.

117. KELLER EE.

Skeletal-dental reconstruction of the compromised maxilla with composite bone grafts.
Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am 1994b;**2**(2):41-62.

118. KHOUW FE, GOLDHABER P.

Changes in vasculature of the periodontium associated with tooth movement in the rhesus monkey and dog.
Arch Oral Biol 1970;**15**(12):1125-1132.

119. KLAUS H, EDITH M, ROTEITSCHAK H, WOLF F.

Atlas de médecine dentaire parodontologie.
Paris: Medecine Science. Flammarion,1996.

120. KOCHAVI D et STERN N.

Crown lengthening procedure. Part I. Clinical Aspects.
Compend Contin Educ Dentist 1983;**4**:347-354.

121. KOIS JC.

Predictable single tooth peri-implant esthetics: five diagnostic keys.
Compend Contin Educ Dent 2001;**22**(3):199-206; quiz 208.

122. KOKICH VG.

Esthetics: The orthodontic-periodontic restorative connection.
Semin Orthod 1996;**2**:21-30.

123. KORAYEM M, FLORES-MIR C, NASSAR U et OLFERT K.

Implant site development by orthodontic extrusion.
Angle Orthod 2008;**78**(4):752-760.

124. KUHLBERG AJ et NANDA R.

Applications des concepts biomécaniques à la clinique orthodontique.
Rev Orthop Dento Faciale 1994;**28**:325-334.

125. KVAM F.

Cellular dynamics on the pressure side of the rat periodontium following experimental tooth movement.
Scand J Dent Res 1972;**80**:369-383.

126. LAZZARA RJ.

Immediate implant placement into extraction sites: surgical and restorative advantages.
Int J Periodont Rest Dent 1989;**9**(5):332-343.

127. LAZZARA RJ.

Immediate placement of implants into extraction sites.
Oral Maxillofac Surg Clin North Am 1991;**3**(4):921-934.

128. LEKHOLM U, ZARB GA.

Patient selection and preparation.
In: BRÅNEMARK PI, ZARB GA, ALBREKTSSON T, eds. Tissue-integrated prostheses:
Osseointegration in clinical dentistry.
Chicago : Quintessence, 1985:199-209.

129. LEKOVIC V, CAMARGO PM, KLOKKEVOLD PR et coll.

Preservation of alveolar bone in extraction sockets using bioabsorbable membranes.
J Periodontol 1998;**69**(9):1044-1049.

130. LEKOVIC V, WEILAENDER M, KLOKKEVOLD P et coll.

A bone regenerative approach to alveolar ridge maintenance following tooth extraction.
Report of 10 cases.
J Periodontol 1997;**68**(6):563-570.

131. LEMON RR.

Simplified esthetic root extrusion techniques.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1982;**54**(1):93-99.

132. LIN CD, CHANG SS, LIOU CS et coll.

Management of interdental papillae loss with forced eruption, immediate implantation, and root-form pontic.
J Periodontol 2006;**77**(1):135-141.

133. LINKOW LI.

The endosseous blade implant and its use in orthodontics.
Int J Orthod 1969;**18**:149-154.

134. LISTGARTEN MA, BUSER D, STEINEMANN SG et coll.

Light and transmission electron microscopy of the intact interfaces between non-submerged titanium-coated epoxy resin implants and bone or gingiva.
J Dent Res 1992;**71**(2):364-371.

135. LIU WJ et SOLT CW.

A surgical procedure for the treatment of localized gingival recession in conjunction with root surface citric acid conditioning.
J Periodontol 1980;**51**(9):505-509.

136. LOPEZ SG, OLMEDO GAYA MV et CAPILLA MV.

Restauration esthétique par traction orthodontique et implant unitaire.
Parodont Dent Rest 2005;**25**(3):239-245.

137. LYTHGOE, TORABINEJAD et SIMON.

Extrusion techniques for the general dentist.
Gen Dent 1980;**28**(1):42-3,46-9.

138. MACAPANPAN LC, WEINMANN JP et BRODIE AG.

Early tissue changes following tooth movement in rats.
Angle Orthod 1954;**24**(2):79-95.

139. MALMGREN O, MALMGREN B, FRYKHOLM A.

Rapid extrusion of crown and cervical root fractured teeth.
Endod Dent Traumatol 1991;**7**(2):49-54.

140. MANDEL RC, BINZER WC et WITHERS JA.

Forced eruption in restoring severely fractured teeth using removable orthodontic appliances.
J Prosthet Dent 1982;**47**(3):269-274.

- 141. MANTZIKOS T et SHAMUS I.**
Implant site development.
Angle Orthod. 1995;**65**(5):304.
- 142. MANTZIKOS T et SHAMUS I.**
Forced eruption and implant site development: Soft tissue response.
Am J Orthod Dentofac Orthop 1997; **112**(6):596-606.
- 143. MANTZIKOS T et SHAMUS I.**
Case report: Forced eruption and implant site development.
Angle Orthod 1998;**68**(2):179-186.
- 144. MANTZIKOS T et SHAMUS I.**
Forced eruption and implant site development: An osteophysiologic response.
Am J Orthod Dentofac Orthop 1999;**115**(5):583-591.
- 145. MARKS MH et CORN H.**
Periodontics and orthodontics: coordinating the disciplines for optimal treatment planning.
Alpha Omegan 1983;**76**(4):76-84.
- 146. MARKS MH et ROSEN PS.**
Adult orthodontics: periodontic and cosmetic enhancements.
Compendium 1991;**12**(8):584, 586, 588 passim.
- 147. MATTHEWS TG.**
The anatomy of a smile.
J Prosthet Dent 1978;**39**(2):128-134.
- 148. MAYNARD JG et WILSON RD.**
Physiologic dimensions of the periodontium significant to the restorative dentist.
J Periodontol 1979;**50**(4):170-174.
- 149. MCLEAN FC.**
Symposium on Bone and Bone Resorption.
J Periodontol 1954;**25**:70-72.
- 150. MECHANIC E.**
Using orthodontics to alter gingival levels.
Dent Today 2007;**26**(5):80,82-83.
- 151. MELCHER AH.**
On the repair potential of periodontal tissues.
J Periodontol 1976;**47**:256-260.

152. MELSEN B.

Tissue reaction following application of extrusive and intrusive forces to teeth in adult monkeys.

Am J Orthod 1986;**89**(2):469-475.

153. MELSEN B.

Periodontal response to orthodontic treatment.

J Parodontol 1989;**8**(2):207-213.

154. MILLER PD.

A classification of marginal tissue recession.

Parodont Dent Rest 1985;**5**(2):8-13.

155. MINSK L.

Orthodontic tooth extrusion as an adjunct to periodontal therapy.

Compend Contin Educ Dent 2000;**21**(9):768-774.

156. MISCH CE, GOODACRE CJ, FINLEY JM et coll.

Consensus conference panel report: Crown-height space guidelines for implant dentistry. Part 2.

Implant Dent 2006;**15**(2):113-121.

157. MOMBELLI A, VAN OOSTEN MA, SCHURCH E et LAND NP.

The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants.

Oral Microbiol Immunol 1987;**2**(4):145-151.

158. MURCHISON DF et SCHWARTZ RS.

The use of removable appliances for forced eruption of teeth.

Quintessence Int 1986;**17**(8):497-501.

159. NAPPEN DL et KOHLAN D .

Orthodontic extrusion of premolar teeth: An improved technique.

J Prosthet Dent 1989; **61**(5):549-554.

160. NEFUSI JR.

L'entité fonctionnelle odontologique au cours du déplacement orthodontique.

In : LEJOYEUX E, FLAGEUL F, eds. Orthopédie dento-faciale, une approche bioprogressive.

Chicago : Quintessence International, 1998:119-151.

161. NEVINS M, MELLONIG JT.

Enhancement of the damaged edentulous ridge to receive dental implants: a combination of allograft and the GORE-TEX membrane.

Int J Periodont Rest Dent 1992;**12**(2):96-111.

162. NEWCOMB GM.

The relationship between the location of subgingival crown margins and gingival inflammation.

J Periodontol 1974;**45**(3):151-154.

163. NORDLAND WP et TARNOW DP.

A classification system for loss of papillary height.

J Periodontol 1998;**69**(10):1124-1126.

164. NORTON MR.

Single-tooth implant-supported restorations. Planning for an aesthetic and functional solution.

Dent Update 2001;**28**(4):170-175.

165. NOWZARI H, CHEE W, TUAN A et coll.

Clinical and microbiological aspects of the Sargon immediate load implant.

Compend Contin Educ Dent 1998;**19**(7):686-696.

166. NOZAWA T, SUGIYAMA T, YAMAGUCHI S et coll.

Augmentation des volumes osseux vestibulaire et coronaire par éruption forcée et torque vestibulaire de la racine : cas clinique.

Parodont Dent Rest 2003;**23**(6):585-591.

167. NYMAN S, GOTTLLOW J, LINDHE J et coll.

New attachment formation by guided tissue regeneration.

J Periodont Res 1987;**22**(3):252-254.

168. OCHSENBEIN C.

A primer for osseous surgery.

Int J Periodont Rest Dent 1986;**6**(1):8-47.

169. OCHSENBEIN C et ROSS S.

A reevaluation of osseous surgery.

Dent Clin North Am 1969;**13**(1):87-102.

170. OESTERLE LJ et WOOD LW.

Raising the root: A look at orthodontic extrusion.

J Am Dent Assoc 1991;**122**(7):193-198.

171. OHRNELL LO, HIRSCH JM, ERICSSON I et BRÅNEMARK PI.

Single-tooth rehabilitation using osseointegration. A modified surgical and prosthodontic approach.

Quintessence Int 1988;**19**(12):871-876.

172. O'NEAL RB et BUTLER BL.

Restoration or implant placement: a growing treatment planning quandary.
Periodontol 2000 2002;**30**:111-122.

173. OPPENHEIM A.

Artificial elongation of teeth.
Am J Orthod Oral Surg 1940;**26**(10):931-940.

174. OSTOJIC S, SIEBER R et BORER K.

Extrusion orthodontique contrôlée avec pose subséquente d'implants: présentation d'un cas.
Schweiz Monatsschr Zahnmed 2005;**115**(3):223-231.

175. PAGE RC et SCHROEDER HE.

Pathogenesis of inflammatory periodontal disease. A summary of current work.
Lab Invest 1976;**34**(3):235-249.

176. PALACCI P.

Aesthetic treatment of the anterior maxilla: soft and hard tissue considerations.
Oral Maxillofac Surg Clin North Am 2004;**16**(1):127-137.

177. PALACCI P et ERICSSON I.

Esthétique et implantologie. Gestion des tissus osseux et péri-implantaires.
Paris : Quintessence International, 2001.

178. PALMER RM, PALMER PJ et NEWTON JT.

Dealing with esthetic demands in the anterior maxilla.
Periodontol 2000 2003;**33**:105-118.

179. PARK YS, YI KY, MOON SC et JUNG YC.

Immediate loading of an implant following implant site development using forced eruption: A case report.
Int J Oral Maxillofac Implants 2005;**20**:621-626.

180. PHILIPPE J.

L'orthodontie de l'adulte.
Orthod Fr 1997;**68**(1):237-242.

181. PHILLIPS K et KOIS JC.

Aesthetic peri-implant site development: the restorative connection.
Dent Clin North Am 1998;**42**(1):57-70.

182. POLSON A, CATON J, POLSON AP et coll.

Periodontal response after tooth movement into intrabony defects.
J Periodontol 1984;**55**(4):197-202.

- 183. PONTORIERO R, CELENZA F, RICCI G et CARNEVALE G.**
Egression accélérée avec résection de fibres: traitement combiné d'orthodontie et de parodontie.
Parodont Dent Rest 1987;**7**(5):31-43.
- 184. POTASHNICK SR et ROSENBERG ES.**
Forced eruption: Principles in periodontics and restorative dentistry.
J Prosthet Dent 1982;**48**(2):141-148.
- 185. PRICHARD JF.**
Advanced Periodontal Disease Surgical and Prosthetic Management.
Philadelphia : WB. Saunders C, 1965:457-473.
- 186. PRINC G et PIRAL T.**
Chirurgie osseuse pré-implantaire.
Paris : CdP, 2008.
- 187. PROFFIT W.**
Contemporary Orthodontics.
Saint-Louis: Mosby Year Book, 1992.
- 188. RABIE AB, GILDENHUYS R et BOISSON M.**
Management of patients with severe bone loss: Bone induction and orthodontics.
World J Orthod 2001;**2**:142-153.
- 189. RAMFJORD SP.**
Parodontologie et parodontie. Aspects théoriques et pratiques.
Paris : Masson, 1993.
- 190. RASMUSSEN H et BORDIER P.**
The cellular basis of metabolic bone disease.
N Engl J Med 1973;**289**(1):25-32.
- 191. REIKIE DF.**
Orthodontically assisted restorative dentistry.
J Can Dent Assoc 2001;**67**(9):516-520.
- 192. REITAN K.**
The initial tissue reaction incident to orthodontic tooth movement as related to the influence of function.
Acta Odontol Scand 1951;(suppl. 6):5-240.

193. REITAN K.

Tissue rearrangement of orthodontically rotated teeth.
Angle Orthod 1959;**29**(2):105-113.

194. REITAN K.

Tissue behavior during tooth movement.
Am J Orthod 1960;**46**(12):881-900.

195. REITAN K.

Bone formation and resorption during reversed tooth movement.
In : KRAUS BS, BIEDEK RA, eds. Vistas in orthodontics.
Philadelphie: Lea & Febiger,1962:69.

196. REITAN K.

Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment.
Am J Orthod Dentofac Orthop 1967;**53**(10):721-745.

197. REITAN K et RYGH P.

Biomechanical principles and reactions.
In : GRABBER M, VANARSDALL RL, eds. Orthodontics current principles and techniques.
2nd ed.
Saint-Louis : Mosby,1994:96-192.

198. RENOUARD F, ARNOUX JP et SARMENT DP.

Five-mm-diameter implants without a smooth surface collar: report on 98 consecutive placements.
Int J Oral Maxillofac Implants 1999;**14**(1):101-107.

199. RINALDI SA.

Changes in free gingival level and sulcus depth of the human periodontium following circumferential supracrestal fiberotomy.
Am J Orthod 1979;**75**(1):46-53.

200. RITCHEY B et ORBAN B.

The crests of interdental alveolar septa.
J Periodontol 1953a;**24**:721-745.

201. RITCHEY B et ORBAN B.

Cysts of the gingiva.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1953b;**6**(6):765-71.

202. ROSENBERG ES, CHO SC et GARBER DA.

Crown lengthening revisited.
Compend Contin Educ Dent 1999;**20**(6):527-538.

203. ROSENBERG ES, TOROSIAN JP.

Periodontal problem solving: interrelationship of periodontal therapy and esthetic dentistry.

Dent Clin North Am 1989;**33**(2): 221-261.

204. ROSS SE, MALAMED EH et AMSTERDAM M.

The contiguous autogenous transplant: its rationale, indications and technique.

Periodontics 1966;**4**(5):246-255.

205. ROTH A, YILDIRIM M et DIEDRICH P.

Forced eruption with microscrew anchorage for preprosthetic leveling of the gingival margin.

J Orofac Orthop 2004;**65**(6):513-519.

206. RYGH P.

Elimination of hyalinised periodontal tissue associated with orthodontic tooth movement.

Scand J Dent Res 1974;**82**(1):57-73.

207. SAADOUN AP, LE GALL MG et TOUATI B.

Current trends in implantology: part II. Treatment planning, aesthetic considerations, and tissue regeneration.

Pract Proced Aesthet Dent 2004;**16**(10):707-714.

208. SABRI R.

L'allongement coronaire par l'égression orthodontique. Principes et techniques.

J Parodontol 1989;**8**(2):197-204.

209. SAFFAR JL.

La dynamique osseuse.

J Parodontol 1986;**5**(3):259-273.

210. SALAMA H et SALAMA MA.

Rôle du remodelage orthodontique par égression dans l'amélioration du profil des tissus durs et mous avant la mise en place d'implants : Approche systématique d'aménagement des défauts de sites extractionnels.

Parodont Dent Rest 1993;**13**(4):313-331.

211. SALAMA H, SALAMA MA, GARBER D et ADAR P.

Developing optimal peri-implant papillae within the esthetic zone: guided soft tissue augmentation.

J Esthet Dent 1995;**7**(3):125-129.

212. SALAMA H, SALAMA MA, GARBER DA et ADAR P.

The interproximal height of bone. A guidepost to predictable aesthetic strategies and soft tissue contours in anterior tooth replacement.
Pract Periodont Aesthet Dent 1998;**10**(9):1131-1141.

213. SALAMA H, SALAMA MA, GARBER DA et coll.

Fifty years of interdisciplinary site development: Lessons and guidelines from periodontal prosthesis.
J Esthet Dent 1998;**10**(3):149-156.

214. SALAMA H, SALAMA MA et KELLY J.

The orthodontic-periodontal connection in implant site development.
Pract Periodont Aesthet Dent 1996;**8**:923-932.

215. SAMMARTINO G, MARENZI G, ESPEDITO DI LAURO A et PAOLANTONI G.

Aesthetics in Oral Implantology : Biological, Clinical, Surgical, and Prosthetic Aspects.
Implant Dent 2007;**16**(1): 54-65.

216. SANDSTEDT C.

Einige Beiträge zur Theorie der Zahn-regulierung.
Nordisk Tandlakare Tidsskrift 1904;**5**:236–256

217. SCHINCAGLIA GP et NOWZARI H.

Surgical treatment planning for the single-unit implant in aesthetic areas.
Periodontol 2000 2001;**27**:162-182.

218. SCHROEDER A, POHLER O et SUTTER F.

Tissue reaction to an implant of a titanium hollow cylinder with a titanium surface spray layer.
Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 1976;**86**(7):713-727.

219. SCHROEDER A, VAN DER ZYPEN E, STICH H et SUTTER F.

The reactions of bone, connective tissue, and epithelium to endosteal implants with titanium-sprayed surfaces.
J Maxillofac Surg 1981;**9**(1):15-25.

220. SCHROPP L, WENZEL A, KOSTOPOULOS L et KARRING T.

Cicatrisation osseuse et modification du contour des tissus mous après extraction d'une dent : études prospectives clinique et radiographique à 1 an postopératoire.
Parodont Dent Rest 2003;**23**(4):313-323.

221. SCHUBERT M.

A new technique for forced eruption of impacted teeth.
J Clin Orthod 2008;**42**(3):175-179.

222. SCLAR AG.

Strategies for management of single-tooth extraction sites in aesthetic implant therapy.
J Oral Maxillofac Surg 2004;**62**(suppl.2):90-105.

223. SCWARZ AM et GRATZINGER M.

Removable Orthodontic Appliances.
Philadelphia : WB. Saunders,1966.

224. SEIBERT JS.

Reconstruction of deformed, partially edentulous ridges, using full thickness onlay grafts. Part I. Technique and wound healing.
Compend Contin Educ Dent 1983;**4**(5):437-453.

225. SEIBERT JS et LINDHE J.

Esthetics and periodontal therapy.
In: LINDHE J, ed. Textbook of clinical periodontology. 2nd ed.
Copenhagen : Munksgaard,1989:477-514.

226. SEIBERT JS et SALAMA H.

Alveolar ridge preservation and reconstruction.
Periodontol 2000 1996;**11**:69-84.

227. SICHER H.

Changing concepts of the supporting dental structures.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1959;**12**(1):31-35.

228. SIMON JH.

Root extrusion. Rationale and techniques.
Dent Clin North Am 1984;**28**(4):909-921.

229. SIMON JH, KELLY WH, GORDON DG et ERICKSEN GW.

Extrusion of endodontically treated teeth.
J Am Dent Assoc 1978;**97**:17-23.

230. SIMON JH, LYTHGOE JB et TORABINEJAD M.

Clinical and histologic evaluation of extruded endodontically treated teeth in dogs.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1980;**50**(4):361-371.

231. SPRAY JR, BLACK CG, MORRIS HF et OCHI S.

The influence of bone thickness on facial marginal bone response: stage 1 placement through stage 2 uncovering.
Ann Periodontol 2000;**5**(1):119-128.

232. STEADMAN SR.

Resume of the literature on root resorption.
Angle Orthod 1942;**12**:28-38.

233. STERN N et BECKER A.

Forced eruption: biological and clinical considerations.
J Oral Rehabil 1980;**7**:395-402.

234. STEVENS BH et LEVINE RA.

Forced eruption: a multidisciplinary approach for form, function, and biologic predictability.
Compend Contin Educ Dent 1998;**19**(10):994-1000.

235. STOREY E.

Bone changes associated with tooth movement. A radiographic study.
Aust J Dent 1953;**57**:57-64.

236. STROSTER TG.

Forced eruption: Clinical considerations.
Gen Dent 1990;**38**(5):375-380.

237. SULLIVAN HC et ATKINS JH.

Free Autogenous gingival grafts. I. Principles of successful grafting.
Periodontics 1968;**6**(1):5-13.

238. SZMUKLER-MONCLER S, PIATTELLI A, FAVERO GA et DUBRUILLE JH.

Considerations preliminary to the application of early and immediate loading protocols in dental implantology.
Clin Oral Implants Res 2000;**11**(1):12-25.

239. TAL H.

Relationship between the interproximal distance of roots and the prevalence of intrabony pockets.
J Periodontol 1984;**55**(10):604-607.

240. TARNOW D, ELIAN N, FLETCHER P et coll.

Vertical distance from the crest of bone to the height of the interproximal papilla between adjacent implants.
J Periodontol 2003;**74**(12):1785-1788.

241. TARNOW D et FLETCHER P.

The 2-3 month post-extraction placement of root form implant: a useful compromise.
Implants Clin Rev Dent 1993;**(2)**:1-8.

242. TARNOW D, MAGNER AW et FLETCHER P.

The effect of distance from the contact point to the crest of bone on the presence or absence of the interproximal dental papillae.

J Periodontol 1992;**63**(12):995-996.

243. TEN CATE AR, DEPORTER DA et FREEMAN E.

The role of fibroblasts in the remodeling of the periodontal ligament during physiologic tooth movement.

Am J Orthod 1976;**69**(2):155-168.

244. THILANDER B, NYMAN S, KARRING T et MAGNUSSON I.

Bone regeneration in alveolar bone dehiscences related to orthodontic tooth movements.

Eur J Orthod 1983;**5**(2):105-114.

245. THILANDER B, RYGH P et REITAN K.

Tissue reactions in orthodontics.

In : GRABER M, VANARSDALL RL, eds. Orthodontics: current principles and techniques. 3rd ed.

Saint-louis : Mosby, 2000:117-167.

246. THOMSON HE, MEYERS HI, WATERMAN JH et FLANAGAN G.

Preliminary macroscopic observations concerning the potentiality of supra-alveolar collagenous fibers in orthodontics.

Am J Orthod Dentofac Orthop 1958;**44**:485-497.

247. TOMIZUKA R, KANETAKA H, SHIMIZU Y et coll.

Effects of gradually increasing force generated by permanent rare earth magnets for orthodontic tooth movement.

Angle Orthod 2006;**76**(6):1004-1009.

248. TRAN VAN P et MAILLAND ML.

Short-term effects of occlusal hypofunction following agonist tooth extraction upon periodontal tissues in the rat.

J Biol Buccale 1981;**9**(4):385-400.

249. TRILLER M.

Histologie dentaire.

Paris: Masson, 1987.

250. VANARSDALL RL.

Reaction of the periodontal tissues to orthodontic movement.

Orthod Fr 1986;**57**(2):421-433.

251. VANARSDALL RL.

La réaction des tissus parodontaux aux mouvements orthodontiques.
Orthod Fr 1989; **57**(2):421-433.

252. VANARSDALL RL.

Orthodontics and periodontal therapy.
Periodontol 2000 1995; **9**:132-149.

253. VANARSDALL RL et CORN H.

Soft-tissue management of labially positioned unerupted teeth.
Am J Orthod 1977;**72**(1):53-64.

254. VAN VENROOY JR et VANARSDALL LR.

Tooth eruption: Correlation of histologic and radiographic findings in the animal model with clinical and radiographic findings in humans.
Int J Adult Orthod Orthognath Surg 1987;**2**(4):235-247.

255. VENROOY JR et YUKNA RA.

Extrusion of single-rooted teeth affected with advanced periodontal disease.
Am J Orthod 1985;**87**(1):67-74.

256. WAGENBERG BD, ESKOW RN et LANGER B.

Orthodontic procedures that improve the periodontal prognosis.
J Am Dent Assoc 1980;**100**(3):370-373.

257. WAGENBERG BD, ESKOW RN et LANGER B.

Orthodontie : Solution possible au problème parodontal ou prothétique avancé.
Parodont Dent Rest 1986;**6**(6):37-46.

258. WANG HL, SHOTWELL JL, ITOSE T et NEIVA RF.

Multidisciplinary treatment approach for enhancement of implants esthetics.
Implant Dent 2005;**14**(1):21-29.

259. WANG WG et WANG WN.

Forced eruption: an alternative to extraction or periodontal surgery.
J Clin Orthod 1992;**26**(3):146-149.

260. WEHR C, ROTH A, GUSTAV M et DIEDRICH P.

Forced eruption for preservation of a deeply fractured molar.
J Orofac Orthop 2004;**65**(4):343-354.

261. WEHRBEIN H et DIEDRICH P.

The periodontal changes following orthodontic tooth movement: a retrospective histological study in humans.1.
Fortschr Kieferorthop 1992a;**53**(3):167-178.

262. WEHRBEIN H et DIEDRICH P.

The periodontal changes following orthodontic tooth movement--a retrospective histological study in man.2.

Fortschr Kieferorthop 1992b;**53**(4):203-210.

263. WEINMAN J.

Bone changes related to eruption of the teeth.

Angle Orthod 1941;**11**(2):83-99.

264. WEISGOLD AS, ARNOUX JP et LU J.

Single-tooth anterior implant: a world of caution. Part I.

J Esthet Dent 1997;**9**(5):225-233.

265. WENNSTRÖM JL, STOKLAND BL, NYMAN S et THILANDER B.

Periodontal tissue response to orthodontic movement of teeth with infrabony pockets.

Am J Orthod Dentofacial Orthop 1993;**103**(4):313-319.

266. WISE MD.

Stability of gingival crest after surgery and before anterior crown placement.

J Prosthet Dent 1985;**53**(1):20-23.

267. WISE RJ et KRAMER GM.

Prédétermination par sondage parodontal des modifications osseuses associées au redressement des molaires inclinées.

Parodont Dent Rest 1983;**1**:69-81.

268. WOLF HF, RATEITSCHAK EM, RATEITSCHAK KH.

Parodontologie.

Paris : Masson, 1984.

269. WOLFF J.

Das Gesetz der Transformation der Knochen.

Berlin : Verlag Von August-Hirschwald, 1892.

270. YEO AB, CHEOK CB.

Management strategies of the unsalvageable tooth.

Dent Update 2006;**33**(1):7-12.

271. ZACHRISSON BU.

Important aspects of long-term stability.

J Clin Orthod 1997;**31**(9):562-583.

272. ZETU L et WANG HL.

Management of inter-dental/inter-implant papilla.
J Clin Periodontol 2005;**32**(7):831-839.

273. ZISKIND D, SHARON E, HIRSCHFELD Z et BECKER A.

Analysis of lateral tooth movement during forced orthodontic eruption.
J Prosthet Dent 2000;**84**(4):462-466.

274. ZUCCATI G et BOCCHIERI A.

Implant site development by orthodontic extrusion of teeth with poor prognosis.
J Clin Orthod 2003;**37**(6):307-311.

275. ZYSKIND K, ZYSKIND D, SOSKOLNE W A, HARARY D.

Orthodontic forced eruption: case report of an alternative treatment for subgingivally fractured young permanent incisors.
Quintessence Int 1992;**23**(6):393-399.

ANNEXES

- *Bibliographie relative à l'aménagement tissulaire pré-implantaire par égression orthodontique classée selon niveau de preuve.* Fig.47

Type de publication	Référence
Revue de la littérature	(123)
Expérience clinique rétrospective	(213)
Cas cliniques	(6) (47) (51) (52) (53) (61) (76) (83) (102) (132) (136) (142) (143) (144) (150) (166) (165) (174) (179) (210) (212) (214) (258) (274)
Article	(13) (85) (86) (111) (141) (172) (181) (191) (202) (217) (222) (226) (270) (273)

● **Table des illustrations.** Fig.48

1. Fig. 1 d'après (268)	
Structures parodontales.....	18
2. Fig. 2, d'après (245) et (268)	
Représentation schématique des principaux faisceaux de fibres gingivales.....	24
3. Fig. 3, d'après (183)	
Schéma représentant les principaux groupes de fibres desmodontales.....	31
4. Fig. 4, d'après (148)	
Schéma illustrant les 3 dimensions physiologiques parodontales.....	36
5. Fig. 5, d'après (22)	
Différences anatomiques entre les tissus péri-dentaires et péri-implantaires.....	42
6. Fig. 6, d'après (39)	
Etapes de l'implantation selon Branemark.....	45
7. Fig. 7, d'après (39)	
Représentation schématique de l'ostéointégration.....	47
8. Fig. 8, d'après (62)	
Etapes des différents protocoles d'implantation.....	50
9. Fig. 9, d'après (210)	
Classification des défauts extractionnels selon Salama et Salama.....	57
10. Fig. 10, d'après (83)	
Classification des implantations immédiates en fonction de la classe du site d'implantation.....	59
11. Fig. 11, d'après (62)	
Comparaison des durées de traitement selon la technique et le type de mise en charge.....	60
12. Fig. 12, d'après (62)	
Effet de l'espacement implant-implant ou dent-implant sur la papille interdentaire....	68
13. Fig. 13, d'après (212)	
Localisation anatomique de la hauteur de l'os inter-proximal (dent ou implant).....	69
14. Fig. 14, d'après (212)	
Classification de la hauteur de l'os interproximal.....	70
15. Fig. 15, d'après (272)	
Facteurs influençant la présence ou l'absence de la papille interdentaire ou interimplantaire.....	70
16. Fig. 16, d'après (62)	
Types de morphologies osseuses au maxillaire et à la mandibule.....	73
17. Fig. 17, d'après (62)	
Types de qualités osseuses.....	74
18. Fig. 18, d'après (62)	
Distances à respecter, dans le sens mésio-distal, entre éléments adjacents lors d'implantation.....	78
19. Fig. 19, d'après (62)	
Épaisseur minimale de la table vestibulaire requise pour implanter.....	79
20. Fig. 20, d'après (63)	
Schématisme de la régénération osseuse guidée.....	62

21. Fig. 21, d'après (63)	
	Schématisation de la greffe osseuse d'apposition (ici, greffe apico-coronaire).....84
22. Fig. 22, d'après (63)	
	Schématisation du système de distraction osseuse.....84
23. Fig. 23, d'après (63)	
	Schématisation de la technique de Summers.....85
24. Fig. 24, d'après (63)	
	Schématisation de la technique du sinus lift.....85
25. Fig. 25, d'après (22)	
	Critères de choix de la technique d'augmentation tissulaire.....88
26. Fig. 26, d'après (272)	
	Guide de référence de la planification des problèmes esthétiques : le triangle esthétique.....91
27. Fig. 27, d'après Roberts WE et all. : Indiana dent Assoc 1989;68:19-24.	
	Section schématique d'os cortical présentant des zones de modelage et de remodelage.....99
28. Fig. 28, d'après (245)	
	Facteurs influant le modelage et de remodelage osseux.....100
29. Fig. 29, d'après (245) et (20)	
	Modifications histologiques du côté de la face en pression d'après Baron.....106
30. Fig. 30, d'après (245)	
	Degré de déplacement dentaire observé avant et après la période de hyalinisation...108
31. Fig. 31, d'après (60)	
	Forces optimales selon le type de déplacement.....110
32. Fig. 32, d'après (196)	
	Conséquences tissulaires du mouvement d'égression d'une incisive supérieure.....115
33. Fig. 33, d'après (108)	
	Conséquences gingivales de l'égression orthodontique en comparaison avec l'élongation coronaire.....117
34. Fig. 34, d'après (274)	
	Effets du torque radiculaire vestibulaire : Augmentation en épaisseur de l'os alvéolaire.....133
35. Fig. 35, d'après (214)	
	Effets visibles de la traction orthodontique.....136
36. Fig. 36, d'après (68)	
	Vues vestibulaire et occlusale d'un dispositif d'égression comprenant une barre transversale, un crochet radiculaire et un élastique (dents postérieures).....145
37. Fig. 37, d'après (229)	
	Vue occlusale et vestibulaire d'un dispositif d'égression faisant intervenir un crochet radiculaire, une barre d'ancrage et un élastique (dents antérieures).....146
38. Fig 38, d'après (68)	
	Vues vestibulaire et palatine d'un dispositif d'égression faisant intervenir des brackets, un arc, un élastique et une facette (pour l'esthétique).....147

39. Fig. 39, d'après (137)	
	Système d'égression faisant appel à un élastique et à des brackets.....149
40. Fig. 40, d'après (24) & (68)	
	Le positionnement apical du bracket à égresser par rapport aux dents adjacentes, engendre une force d'égression sur celle-ci.....150
41. Fig. 41, d'après (24)	
	L'inclusion de boucles permet d'augmenter la longueur de fil travaillante et de délivrer des forces d'égression plus légères.....151
42. Fig. 42, d'après (205)	
	Dispositif d'égression faisant intervenir des brackets, un ressort super-élastique et un mini-implant.....152
43. Fig. 43	
	Dispositif d'égression de choix.....154
44. Fig. 44	
	Avantages et Inconvénients des divers dispositifs d'égression unitaire.....156
45. Fig. 45, d'après O'NEAL RB et BUTLER BL (172)	
	Cas de la littérature.....162
46. Fig. 46, d'après Dr Hervé DROGOU	
	Cas clinique d'égression pré-implantaire.....164
47. Fig.47	
	Bibliographie relative à l'aménagement tissulaire pré-implantaire par égression orthodontique classée selon niveau de preuve.....198
48. Fig.48	
	Table des illustrations.....199

MERER (Clémentine) - L'aménagement tissulaire pré-implantaire par égression orthodontique.

202 f. ; 48 ill. ; 275 ref. ; 30 cm (Thèse Chir. Dent. ; Nantes ; 2010)

RESUME :

L'égression orthodontique de dents condamnées, avant leur extraction et leur remplacement par un implant, est une méthode d'augmentation tissulaire non chirurgicale qui présente certains avantages sur les méthodes d'augmentation tissulaire conventionnelles.

Cette possibilité thérapeutique méconnue doit pourtant être proposée dès lors que la dent à remplacer est présente sur l'arcade et que le défaut à corriger est modéré.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Implantologie - Orthodontie

MOTS CLES MESH :

- Implant dentaire - Dental implants
- Orthodontie - Orthodontics
- Régénération - Regeneration
- Parodonte - Periodontium

JURY :

<i>Président</i>	M. le Professeur Bernard GIUMELLI
<i>Directeur</i>	M. le Docteur Alain HOORNAERT
<i>Assesseur</i>	M. le Docteur Stéphane RENAUDIN
<i>Assesseur</i>	M. le Docteur Afchine SAFFARZADEH

ADRESSE DE L'AUTEUR :

45 rue du Canada
17000 La Rochelle
clementinemerer@hotmail.fr
