

**UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER**  
**FACULTE DE SANTE – DEPARTEMENT D'ODONTOLOGIE**

---

ANNEE 2024

2024 TOU3 3016

**THESE**

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

par

**Romain DE LA VALLÉE DE PIMODAN**

Le 25 Mars 2024

**L'ÉVOLUTION DU COMPOSITE : D'UN MATÉRIAU DE  
RESTAURATION À UN MATÉRIAU BIOACTIF**

Directeur de thèse : Dr Laura Pascalin

**JURY**

Président :	Pr Paul MONSARRAT
1er assesseur :	Dr Sabine JONIOT
2ème assesseur :	Dr Thibault CANCEILL
3ème assesseur :	Dr Laura PASCALIN
Invité :	Dr Paul PAGES



**UNIVERSITÉ  
TOULOUSE III  
PAUL SABATIER**





**Faculté de santé**  
**Département d'Odontologie**

➔ **DIRECTION**

**Doyen de la Faculté de Santé**

M. Philippe POMAR

**Vice Doyenne de la Faculté de Santé**

**Directrice du Département d'Odontologie**

Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

**Directeurs Adjointes**

Mme Sarah COUSTY

M. Florent DESTRUHAUT

**Directrice Administrative**

Mme Muriel VERDAGUER

**Présidente du Comité Scientifique**

Mme Cathy NABET

➔ **HONORARIAT**

**Doyens honoraires**

M. Jean LAGARRIGUE +

M. Jean-Philippe LODTER +

M. Gérard PALOUDIER

M. Michel SIXOU

M. Henri SOULET

**Chargés de mission**

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)

M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)

M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)

M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)

M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

➔ **PERSONNEL ENSEIGNANT**

**Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention**

**56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE** (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

**ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE**

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE

Maîtres de Conférences : Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY

Assistants : Mme Anne GICQUEL, M. Robin BENETAH

Adjoints d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Mathieu TESTE, M. Daniel BANDON

**ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE**

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, M. Maxime ROTENBERG

Assistants : Mme Carole VARGAS JOULIA, Mme Chahrazed BELAILI

Adjoints d'Enseignement : Mme. Isabelle ARAGON, M. Vincent VIDAL-ROSSET

**56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE** (Mme Catherine NABET)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL, M. Jean-Noël VERGNES

Maîtres de Conférences : Mme Géromine FOURNIER

Adjoints d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, M. Jean-Philippe GATIGNOL

Mme Carole KANJ, Mme Mylène VINCENT-BERTHOUMIEUX, M. Christophe BEDOS

**Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale**

**57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE** (M. Philippe KEMOUN)

**PARODONTOLOGIE**

Professeurs d'Université :

Mme Sara LAURENCIN- DALICIEUX,

Maîtres de Conférences

Mme Alexia VINEL, Mme. Charlotte THOMAS

Assistants:

M. Antoine AL HALABI

Adjoints d'Enseignement :

M. Loïc CALVO, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE , Mme Myriam KADDECH,

M. Mathieu RIMBERT, M. Joffrey DURAN

### CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY  
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS  
Assistants : M. Antoine DUBUC  
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Jérôme SALEFRANQUE, M. Clément CAMBRONNE

### BIOLOGIE ORALE

Professeurs d'Université : M. Philippe KEMOUN, M. Vincent BLASCO-BAQUE  
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Matthieu MINTY  
Assistants : Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI, M. Maxime LUIS, Mme Valentine BAYLET GALY-CASSIT, Mme Sylvie LE  
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE, Mme Inessa TIMOFEEVA-JOSSINET

## *Section CNU 58 : Réhabilitation Orale*

### 58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (M. Franck DIEMER)

#### DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER  
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE  
Assistants : M. Nicolas ALAUX, M. Vincent SUAREZ, M. Lorris BOIVIN, M. Thibault DECAMPS, Mme Emma STURARO, Mme Anouk FESQUET  
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean-Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN, M. Romain DUCASSE, Mme Lucie RAPP, Mme Marion CASTAING-FOURIER

#### PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Philippe POMAR, M. Florent DESTRUHAUT,  
Maîtres de Conférences : M. Antoine GALIBOURG, M. Julien DELRIEU  
Assistants : Mme Coralie BATAILLE, Mme Mathilde HOURSET, Mme Constance CUNY, M. Anthony LEBON  
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Olivier LE GAC, M. Luc RAYNALDY, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Fabien LEMAGNER, M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Victor EMONET-DENAND, M. Thierry DENIS, M. Thibault YAGUE, M. Antonin HENNEQUIN, M. Bertrand CHAMPION, M. Steven CECCAREL

#### FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Professeur d'Université : Mr. Paul MONSARRAT  
Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONNIOT, M. Karim NASR, M. Thibault CANCEILL,  
Assistants : M. Olivier DENY, Mme Laura PASCALIN, Mme Alison PROSPER  
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, M. Damien OSTROWSKI

-----  
*Mise à jour pour le 01 février 2024*

## **Remerciements :**

Un grand merci à l'ensemble de ma famille, et plus particulièrement :

A Maman, merci pour tous les sacrifices que tu as fait depuis le début de mes études, merci de m'aider à aller de l'avant au quotidien.

A Papa et Christelle, pour toute la persévérance, la motivation et la détermination que vous m'avez si bien transmise.

A mes frères et sœurs : Gauthier, Chloé et Célia, merci de me soutenir et d'être auprès de moi.

A mes grands-parents, Mamita et Bon-papa, Mamie et Papi, ainsi qu'à mes Oncles, Tantes et Cousins.

A mes amis de la fac, dont :

Les BAG, merci pour toutes ces soirées et moments passés ensemble depuis l'intégration jusqu'à aujourd'hui.

La team de l'Hôtel-Dieu, mon binôme Cyril, Sarah, Edwige et tous les autres pour ces moments mémorables en clinique avec nos premiers patients, mais aussi en dehors.

A mes amis Victor, Hugo, Arnaud et les autres.

A tous ceux qui m'ont fait confiance dans leurs cabinets, auprès de qui j'ai continué et je continue encore d'apprendre : Philippe Cessal, Stéphane de Crozals, Silvia Condé, Julien Martinez.

A toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont porté de l'intérêt et qui ont contribué à mon parcours personnel et professionnel.

A notre Président du jury,

**Monsieur le Professeur Paul MONSSARAT**

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Docteur de l'Université Paul Sabatier - Spécialité Physiopathologie
- Diplôme Universitaire d'Imagerie 3D maxillo-faciale
- Diplôme Universitaire de Recherche Clinique en Odontologie
- Habilitation à Diriger des Recherches
- Lauréat de la faculté de Médecine Rangueil et de Chirurgie Dentaire de l'Université Paul Sabatier

*Nous sommes profondément reconnaissants de l'honneur que vous nous faites de présider cette thèse, et nous vous en remercions.*

*Vos conseils avisés et votre soutien affectueux ont constitué des éléments essentiels tout au long de notre parcours académique, que ce soit durant vos cours instructifs ou lors de notre pratique clinique à l'Hôtel Dieu.*

*Votre contribution précieuse a joué un rôle déterminant dans notre formation, et nous tenons à vous exprimer notre respect le plus sincère.*

A notre jury de thèse,

**Madame le Docteur Sabine JONIOT**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien hospitalier d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Docteur d'État en Odontologie
- Habilitation à Diriger des Recherches (HDR)
- Lauréate de l'Université Paul Sabatier.

*Nous vous remercions de votre implication en tant que membre du jury.*

*Ce fut un enrichissement de bénéficier de votre expérience et de votre bienveillance pendant toutes ces années d'études.*

*Depuis l'amphithéâtre de la première année, vous nous avez fait découvrir ce métier formidable et pour cela nous vous témoignons de notre profonde gratitude.*

A notre jury de thèse,

**Monsieur le Docteur Thibault CANCEILL**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire de l'Université Paul Sabatier
- Docteur en Sciences des matériaux
- Master 1 Santé Publique
- Master 2 de Physiopathologie
- CES de Biomatériaux en Odontologie
- Diplôme Universitaire de conception Fabrication Assisté par ordinateur en Odontologie (CFAO)
- Diplôme Universitaire de Recherche Clinique en Odontologie
- Diplôme Universitaire d'hypnose Médicale
- Attestation de Formation aux gestes et Soins d'Urgence Niveau 2
- Secrétaire du Collège National des Enseignants en Fonctions- Dysfonctions, Imagerie, Biomatériaux

*Votre participation comme assesseur du jury de cette thèse est un honneur que vous nous faites.*

*Nous tenions à vous remercier très sincèrement pour la qualité de vos enseignements théoriques et cliniques, ainsi que pour tous les conseils que vous nous avez prodigués tout au long de notre cursus.*

A notre jury de thèse,

**Madame le Docteur Laura PASCALIN**

- Chef de Clinique des Universités, Assistante des Hôpitaux
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Diplôme Universitaire d'hypnose Médicale
- Diplôme Universitaire d'Esthétique du sourire

*Nous vous remercions d'avoir accepté de reprendre la direction de cette thèse et d'y avoir apporté votre expérience et vos compétences.*

*Nous serons reconnaissant de votre pédagogie, gentillesse et disponibilité apportés tout au long de la rédaction de ce manuscrit.*

*Nous sommes heureux d'avoir partagé avec vous ce moment clôturant notre parcours universitaire. Veuillez trouver ici l'expression de notre gratitude et de notre plus profond respect.*



A notre invité du jury,

**Monsieur le Docteur Paul PAGES**

- Ancien Assistant Hospitalo-Universitaire d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire de l'Université Paul Sabatier
- Master 1 Sciences, Technologies, Santé mention Biologie-Santé
- CES Biomatériaux en Odontologie mention Caractérisation et évolution
- Diplôme Universitaire de Prothèse complète supra implantaire, implanto-portée, muco-porté
- Lauréat de la faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université Paul Sabatier

*Pour avoir été l'initiateur de ce projet,*

*Pour nous avoir encadré durant le début de la rédaction de ce manuscrit,*

*Pour votre disponibilité et vos bons conseils parmi l'équipe de l'Hôtel-Dieu, qui nous ont permis d'apprendre dans un cadre agréable et formateur.*

*Nous vous prions d'accepter nos remerciements les plus sincères.*

# Table des Matières :

<b>Introduction :</b>	<b>12</b>
<b>Partie 1 :</b>	<b>14</b>
A / Définitions :	14
B / Approche moderne de la dentisterie et ses biomatériaux	18
I. <b>Classifications</b>	<b>19</b>
a) Classification de Black	19
b) Classification Si/Sta	20
c) Classification ICDAS	21
II. <b>Biomatériaux de restaurations</b>	<b>22</b>
a) Composites	23
1) Composition	23
2) Classifications	25
b) Autres Biomatériaux de restauration	31
1) CVI	31
2) Compomères	33
3) Hydroxyde de calcium	34
4) MTA	35
5) Biodentine	36
<b>Partie 2 :</b>	<b>38</b>
A / L'Activa bioactive Restorative	39
1) Mise en forme	39
2) Propriétés	41
B / Le Cention N	42
1) Mise en forme	43
2) Propriétés	43
C / Le Surefil One	46
1) Mise en forme	46
2) Propriétés	47
D / Perspectives d'avenir des biomatériaux	49
<b>Conclusion</b>	<b>51</b>
<b>Bibliographie :</b>	<b>53</b>
<b>Table des illustrations</b>	<b>62</b>

## Introduction :

Les biomatériaux sont des matériaux développés pour interagir avec les tissus biologiques. On les retrouve dans de nombreux domaines en médecine, et tout particulièrement en odontologie. Les biomatériaux sont utilisés pour restaurer les dents délabrées ou manquantes, pour améliorer leur esthétique et pour prévenir et bien traiter les pathologies dentaires.

Pendant longtemps, le matériau le plus utilisé pour les restaurations directes postérieures en odontologie conservatrice était l'amalgame. Il s'agit d'un alliage de métaux, composé d'argent et d'un ou plusieurs autres métaux, à savoir le cuivre ou le zinc, ou encore le mercure. Ces métaux sont choisis pour leurs propriétés physiques et chimiques, notamment leur résistance à la corrosion. Actuellement, les chirurgiens-dentistes utilisent de moins en moins l'amalgame et celui-ci a été remplacée progressivement par la résine composite (1).

La liste des biomatériaux de restauration utilisés aujourd'hui dans les cabinets dentaires ne cesse de s'allonger. Les derniers matériaux de restaurations directes ou indirectes sont les composites, les ciments de verre ionomère, les céramiques et la zircone. Ces biomatériaux ont pour cahier des charges d'être non toxiques, biocompatibles, résistants à l'usure et avoir une adhésion importante aux tissus durs dentaires. De plus, ils doivent être faciles à employer et offrir des résultats esthétiques satisfaisants.

La restauration des cavités postérieures à l'aide de biomatériaux composites peut prendre jusqu'à deux fois plus de temps qu'avec l'amalgame (2). C'est pourquoi de nombreux fabricants ont créé de nouveaux systèmes adhésifs de nouvelle génération

pour simplifier et accélérer le processus de collage. Il existe aussi des composites appelés Bulk-fill : c'est-à-dire des composites que l'on peut utiliser en un seul incrément.

En plus de travailler sur la facilité de la mise en œuvre, les laboratoires ont tenté de rendre leur matériau bioactif. Cette nouvelle notion a été employée pour définir une caractéristique supplémentaire des matériaux biocompatibles. En effet, en étant bioactif, ils ne sont plus seulement acceptés par leur hôte, mais ils induisent une réponse biologique. Ils ne sont donc plus inertes. Dans notre cas, ce sont les composites que l'on a rendus bioactifs (3). Ils ont été conçus pour imiter les tissus dentaires naturels en libérant des ions bénéfiques à la dent, tels que le calcium, le phosphate et le fluor.

Dans ce contexte, la première partie de cette thèse se concentrera sur les différents biomatériaux de restauration utilisés actuellement en odontologie. On va examiner leur mode d'action, leurs avantages et inconvénients, ainsi que leur impact en bouche. Nous examinerons également les caractéristiques physiques, mécaniques et la biocompatibilité de ces matériaux.

Dans une seconde partie, nous aborderons plus spécifiquement les composites bioactifs : L'Activa Bioactive Restorative de Pulpdent, le Cention N d'Ivoclar Vivadent et le Surefil One de Denstply Sirona. Enfin, nous aborderons les perspectives d'avenir des composites en tant que matériaux de restauration dentaire innovants et leur impact potentiel sur les soins dentaires à l'avenir.

**L'objectif de ce travail est de faire une exploration approfondie des biomatériaux, de leurs caractéristiques et des composites bioactifs, avec un regard prospectif sur leur rôle novateur dans la dentisterie.**

# Partie 1 :

## A / Définitions :

Un biomatériau est un matériau non vivant utilisé dans un dispositif médical, à des fins thérapeutiques ou non, et appelé à **interagir avec les systèmes biologiques** (4). Lorsqu'on utilise un biomatériau, dans n'importe quelle spécialité, on cherche à ce qu'il soit **biocompatible** (c'est-à-dire sans toxicité pour l'organisme) et **biofonctionnel** (en réponse aux sollicitations mécaniques et thermiques).

Ces derniers sont classés en différentes catégories que l'on peut retrouver dans le Tableau 1. Elles ont été établies en prenant en compte la durée, la nature du contact et l'origine chimique du matériau. En fonction de cela les biomatériaux n'auront pas à subir les mêmes tests. En odontologie, ils sont en **classe IIa** et devront donc subir les tests suivants : génotoxicité, cytotoxicité, sensibilisation et implantation. La biocompatibilité est évaluée par une série de tests donnés par la Norme ISO 10-993 (4, 5).

La responsabilité du chirurgien-dentiste l'oblige à connaître ces notions de biocompatibilité afin d'assurer la sécurité du patient. Même si les biomatériaux en odontologie ne sont pas soumis à la même AMM (autorisation de mise sur le marché) que les médicaments à proprement parler (6) de nombreux tests sont exigés. Ils permettent d'évaluer cette compatibilité avec le corps humain. (5).

Les biomatériaux de restauration quant à eux, sont utilisés en odontologie conservatrice ou en prothèse, et doivent permettre le rétablissement des fonctions :

Classe I	Dispositifs médicaux non invasifs ou invasifs mais à usage temporaire
Classe IIa	Dispositifs médicaux invasifs à court terme et ceux à long terme de la sphère oropharyngée
Classe IIb	Dispositifs médicaux invasifs à long terme autres que la sphère oropharyngée
Classe III	Dispositifs médicaux invasifs à long terme en contact avec le cœur, système circulatoire et nerveux

*Tableau 1 : Classification des Biomatériaux (4)*

Les biomatériaux sont rarement inertes ; ils peuvent induire une réponse biologique de l'hôte et sont donc appelés **bioactifs**.

Pour induire une réaction, ils sont constitués de **molécules actives** : facteurs de croissance, peptides et analogues par exemple. Ces molécules vont agir sur l'évolution des cellules du vivant en contact avec le biomatériau ; ou bien être libérées en dehors comme dans la circulation sanguine dans un but thérapeutique (9). En ce qui concerne le domaine dentaire, un matériau bioactif va **induire une reminéralisation durable** des tissus durs, notamment de la dentine, grâce à une libération d'ions (11).

Les composites bioactifs sont des biomatériaux de restaurations utilisés en Odontologie Conservatrice et Endodontie (OCE), on les utilise le plus souvent comme

thérapeutique d'obturation définitive. Ils permettent d'accélérer le processus de réparation tissulaire (9).

Ces composites se composent de résines composites classiques auxquelles sont adjointes des particules de  $\text{SiO}_2$ , de  $\text{Na}_2\text{O}$ , de  $\text{CaO}$  ainsi que de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (10). Ces matériaux peuvent libérer des ions sodium, calcium et phosphate au contact de liquides physiologiques. Ces ions permettent de provoquer une reminéralisation de la substance dentaire dure par précipitation d'hydroxyapatite (11). En somme, ces biomatériaux bioactifs participent aux cycles d'échanges ioniques des minéraux que l'on retrouve dans la composition des dents et de la salive, ce qui permet de préserver le maintien de la structure et la santé bucco-dentaire (12).

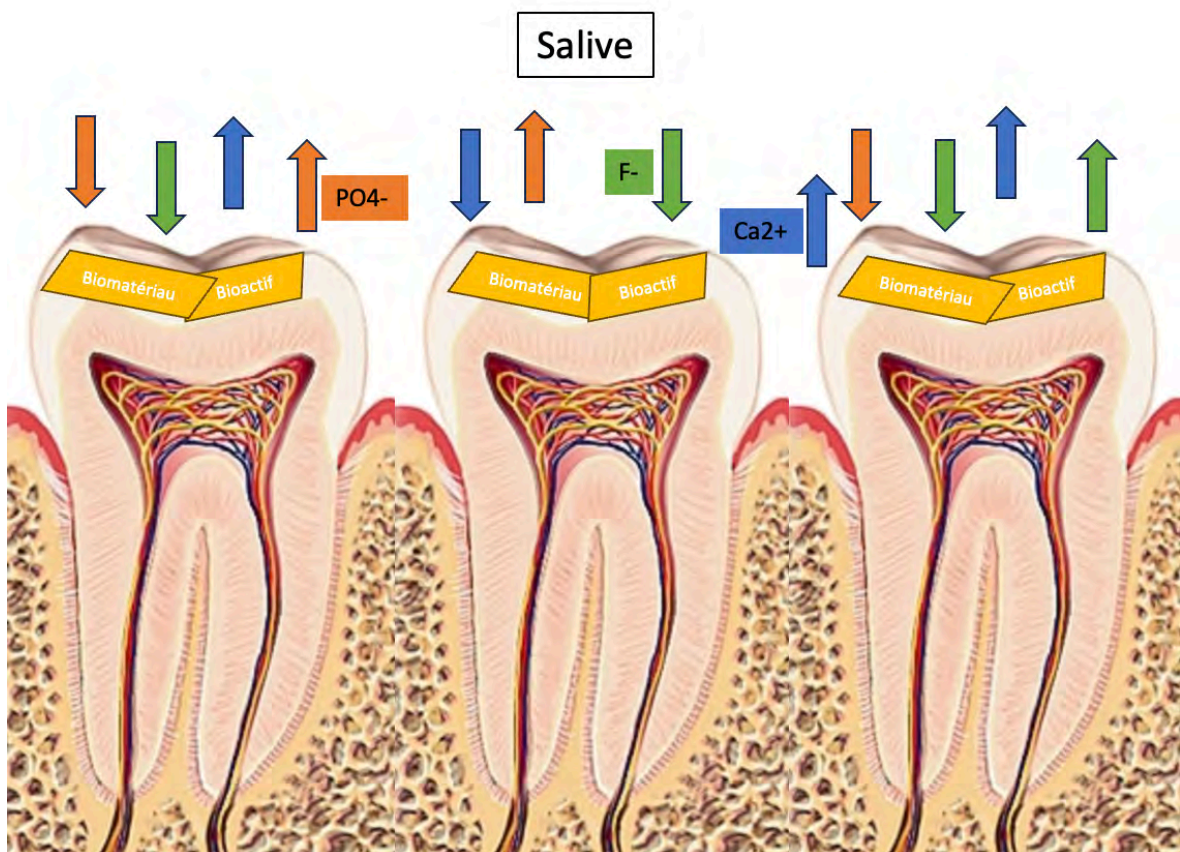


Figure 1 : Schéma d'échanges ioniques avec la salive

Il peut également être considéré comme bioactif via une libération d'ions Fluorures : il se produit alors une précipitation de fluorapatite (13). C'est un solide minéral

proche de l'hydroxyapatite dont la solubilité est moindre et dont la production est l'issue du processus carieux. Cela permet de **limiter une déminéralisation** ultérieure (14), c'est le cas des CVI que nous aborderons plus loin.

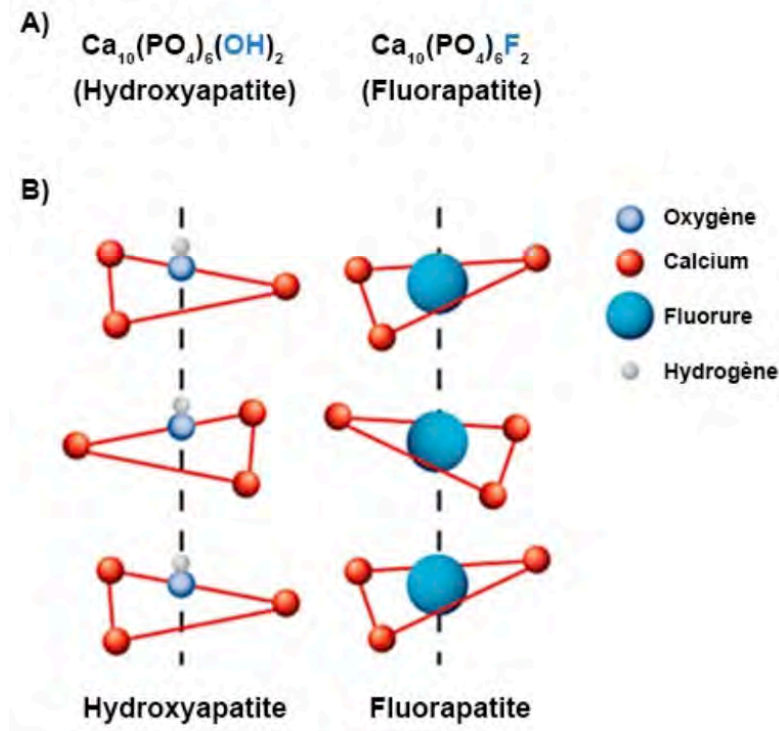


Figure 2 : Compositions chimiques de l'hydroxyapatite et du Fluorapatite (15)



## **B / Approche moderne de la dentisterie et ses biomatériaux**

Les principes de l'odontologie moderne reposent sur la prévention médicale et l'économie tissulaire. Cela suppose de nouveaux concepts, tels que le MIOC (soins bucco-dentaires à intervention minimale) (16), le CariesCare (17) ou le MITP (plan de traitement à intervention minimale) (18). Ils visent à offrir des soins adaptés à chaque cas clinique. Pour cela, on utilise les dernières avancées scientifiques pour la détection, le diagnostic et le suivi des problèmes bucco-dentaires, afin de maintenir une bonne santé bucco-dentaire tout au long de la vie.




Ces concepts participent à une vision plus globale : la Minimally Invasive Dentistry (dentisterie minimalement invasive), qui distingue trois niveaux d'intervention : non invasif, micro-invasif et invasif (19). L'approche consiste à traiter les pathologies bucco-dentaires tout en préservant au maximum les tissus durs et mous de la cavité buccale, en utilisant des biomatériaux bioactifs. L'objectif principal est de privilégier une approche biologique qui vise à soigner une structure vivante atteinte par une pathologie, plutôt que de suivre une approche mécanique qui se contenterait de remplacer ce qui est endommagé.

# I. Classifications

Lorsqu'on définit un biomatériau de restauration, il est d'usage de préciser pour quels sites topographiques il sera utilisé. Pour cela, il existe différentes classifications ; les plus utilisées sont celle de Blake, et plus récemment celle du Si/Sta ou celle de l'ICDAS.

## a) Classification de Black

Pour cette classification on se base principalement sur la localisation anatomique de la lésion.

Classe I : cavités de caries dans les dépressions anatomiques des dents (puits et sillons)	
Classe II : cavités de caries proximales des molaires et prémolaires	
Classe III : cavités de caries proximales des incisives et canines sans atteinte des bords incisifs,	




Classe IV : cavités de caries proximales des incisives et canines avec atteinte des bords incisifs	
Classe V : cavités de caries des collets dentaires	
Classe VI : cavités de caries des bords incisifs et des pointes cuspidiennes	

Tableau 2 : Classification de Black (1908) (20, 21)

## b) Classification Si/Sta

La classification Si/Sta (22) : Pour celle-ci, on détermine d'abord le site, puis pour chacun d'eux le stade. C'est une classification plutôt radiologique.

Sites	Stades
<u>1.</u> Déminéralisation d'origine carieuse des tissus durs dentaires au niveau des faces occlusales, dont les fosses, fossettes, et cingulum	<u>Stade 0</u> : lésion réversible sans cavitation, limitée à la jonction amélo-dentinaire, ne nécessitant pas d'intervention chirurgicale, Le traitement est préventif non invasif
<u>2.</u> Déminéralisation des tissus durs dentaires des aires de contact proximales entre les dents adjacentes	<u>Stade 1</u> : lésion débutante avec micro-cavitations, ne dépassant pas le tiers dentinaire externe, nécessite une intervention restauratrice minimale

<p><u>3.</u> Déminéralisation des tissus durs dentaires, dont le cément, à partir de la jonction amélo-cémentaire, sur toutes les faces des dents</p>	<p><u>Stade 2</u> : lésion cavitaire active progressant dans le tiers dentinaire médian sans fragiliser les structures cuspidiennes, nécessitant aussi une intervention restauratrice minimale</p>
	<p><u>Stade 3</u> : lésion cavitaire étendue, progressant dans le tiers dentinaire interne et fragilisant les structures cuspidiennes, nécessite une intervention restauratrice plus importante.</p>
	<p><u>Stade 4</u> : lésion cavitaire parapulpaire ayant détruite une partie des structures cuspidiennes, nécessite une intervention restauratrice de recouvrement coronaire partiel ou total.</p>

*Tableau 3 : Classification Si/Sta*

### **c) Classification ICDAS**

La classification ICDAS (Caries Detection And Assessment System Foundation ou système international de détection et d'évaluation des lésions carieuses en français) a été conçue pour aider le chirurgien-dentiste dans le diagnostic de la lésion carieuse (23).

Tout en tenant compte du Risque Carieux Individuel, cette classification permet de diagnostiquer la maladie carieuse chez un patient et d'adapter le plan de traitement en fonction. C'est notamment le cas en pédodontie, car la classification est surtout visuelle (observation directe de la cavité), et permet par exemple d'orienter le traitement par des scellements de sillons.

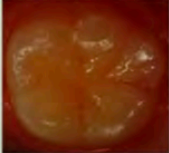

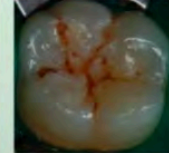
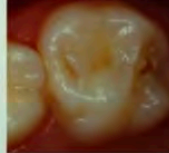

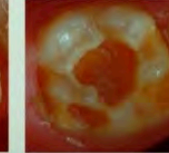
Examen visuel: ICDASS II	0	1	2	3	4	5	6
	Surface dentaire saine: pas de changement de translucidité ou de coloration	Changements visibles après séchage	Changements visibles sans séchage	Rupture localisée de l'émail sans déminéralisation de la dentine sous jacente visible	Dentine cariée visible par transparence sans ou avec rupture localisée de l'émail	Micro cavité avec dentine visible du fait de la perte d'intégrité de surface	Cavité dentinaire étendue
		1w: blanc 1b: marron	2w: blanc 2b: marron				
							

Tableau 4 : récapitulatif de l'ICDAS (22)

## II. Biomatériaux de restaurations

Le panel de biomatériaux utilisés en odontologie est très vaste. Il se compose de matériaux non actifs et bioactifs que nous allons décrire dans ce chapitre. L'objectif de celui-ci est d'aborder de manière approfondie les caractéristiques, les avantages et les limites des biomatériaux de restauration en dentisterie actuelle. Ceux-ci n'ont plus comme unique objectif de restaurer une cavité dans un seul but fonctionnel. Bien qu'essentiel, de nouvelles considérations sont apparus comme l'esthétique ou la biologie. Nous aborderons dans un premier temps les résines composites, puis dans un second temps les autres biomatériaux de restauration.

## **a) Composites**

En odontologie, le terme "résine composite" désigne un matériau composé d'une matrice organique résineuse et de charges. La liaison entre ces deux éléments est établie grâce à l'utilisation d'un agent de couplage. Ces résines particulières sont apparues dans les années 1950.

### **1) Composition**

Les composites possèdent une longévité comparable aux amalgames en regard des restaurations postérieures d'après les études cliniques à long terme (24, 25). Ils sont esthétiques grâce à une grande variété de teintes, certaines plus proches de la dentine, d'autres de l'émail (26).

Parmi les inconvénients, il y a principalement la contraction de prise du composite lors de la polymérisation. Elle est liée au changement de liaison des monomères entre eux. En effet, la polymérisation va transformer les liaisons de Van Der Waals, qui sont des liaisons faibles, en liaisons covalentes qui sont des liaisons fortes et donc qui rapprochent les atomes entre eux. In fine, la longueur totale du polymère sera plus courte que tous les monomères pris indépendamment, elle est donc uniquement liée à la phase organique. La conséquence s'observe surtout au niveau du joint marginal entre le composite et la dent où il peut y avoir une perte d'adaptation (27). Le taux de conversion des monomères ne dépasse pas 60% en méthode directe alors qu'il peut atteindre 80% en méthode indirecte. Le pourcentage restant est plus ou moins libre et risque d'être relargué, et ces monomères non polymérisés sont cytotoxiques, d'où l'importance de l'épaisseur de dentine résiduelle.

Les composites s'agencent en deux phases (20) et un agent qui fait la liaison entre les deux :

- **La phase organique** : elle se compose de monomères, souvent de Bis-GMA, d'UDMA ou de TEGDMA, chacun possédant 2 fonctions polymérisables et donc pouvant se lier à deux autres monomères. C'est le principe de la polymérisation en chaîne. C'est aussi cette phase qui est à l'origine de la rétraction de prise et des contraintes qu'elle engendre.
- **La phase minérale** (ou inorganique) : elle se compose de charges minérales qui vont permettre d'améliorer les propriétés mécaniques et thermiques du biomatériau en se liant à la phase organique grâce à l'agent de couplage. Il existe différents types de charges minérales, avec des tailles allant de 2mm à 0,0005 $\mu$ m (28) :
  - i. Des charges de silice soit sous forme cristalline (principalement le quartz) qui apporte de la dureté, soit sous forme non cristalline (des verres comme le boro-silicaté) qui améliore l'esthétique.
  - ii. Des charges de verres de métaux lourds comme le silicate de verre de baryum ; elles peuvent agir comme radio-opacifiants.
  - iii. Des charges organiques : il s'agit de courtes chaînes déjà polymérisées ce qui permet de réduire la rétraction de prise, parfois adjointes de particules de céramiques : les OrMoCers. Cependant ces charges appartiennent plutôt à la phase organique.
  - iv. Des charges organo-minérales qui ont un noyau minéral (silice vitreuse) et une matrice résineuse déjà polymérisée qui enrobe le noyau, les micro-charges sont essentiellement sous cette forme.

Ainsi, elles visent à compenser les lacunes de la matrice organique, notamment sur la contraction de la polymérisation qu'elles limitent. Elles augmentent les propriétés de résistance à l'usure et l'esthétique du composite. Elle diminue l'absorption d'eau du biomatériau. Donc la composition, la taille, la distribution et le pourcentage des charges dans la matrice organique définissent une variété de composite et permettent d'établir une classification (20).

- **L'agent de couplage** : il s'agit principalement du silane (24). On trouve également un certain nombre d'autres molécules comme les amorceurs de la photopolymérisation (il s'agit souvent de la camphorquinone), des modificateurs de la viscosité ou encore des radio-opacifiants.

## 2) Classifications

Les composites ne sont pas considérés comme des biomatériaux bioactifs en tant que tels. Il existe différentes classifications, que ce soit en fonction de la viscosité, en fonction du mode de polymérisation ou de l'indication (20), on peut citer :

- Il existe une Classification **selon la taille des charges** (28). On va pouvoir distinguer 3 catégories :
  - i. Les composites macro-chargés avec des tailles de charge moyenne comprise entre 10 et 100 $\mu$ m. Ce sont les premiers apparus et sont moins utilisés aujourd'hui.
  - ii. Les composites micro-chargés avec des tailles de charge moyenne de 0,04  $\mu$ m. La diminution de la taille des charges améliore les propriétés mécaniques, mais en contrepartie augmente la viscosité ce qui les rend difficiles à être manipulés.

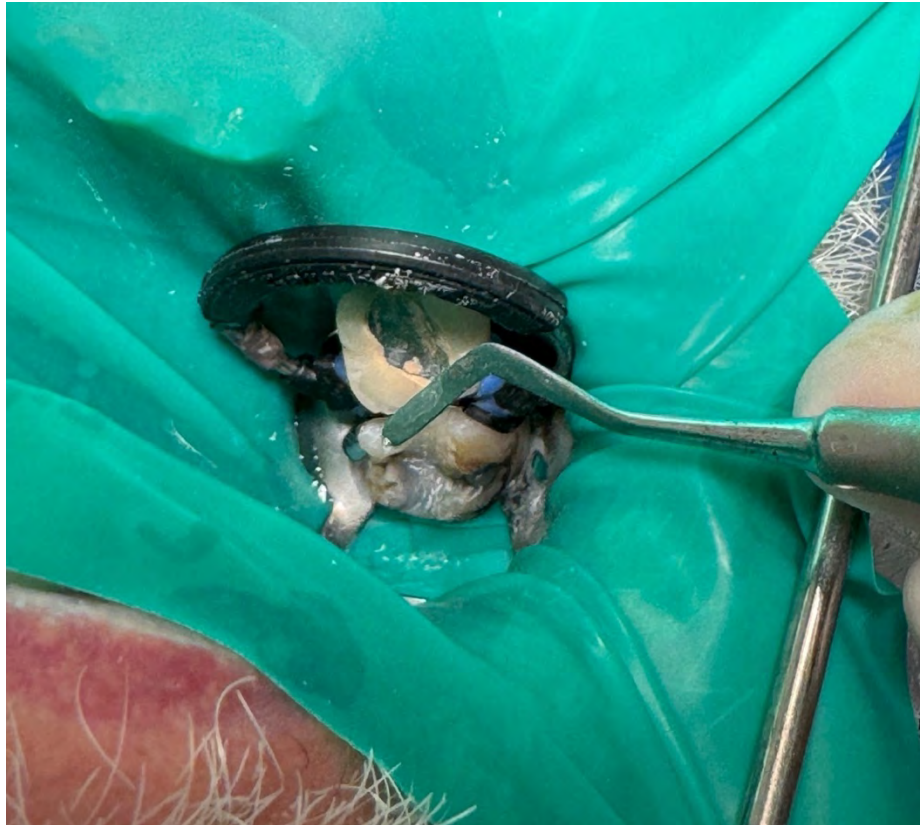


iii. Les composites hybrides, de loin la catégorie la plus nombreuse avec des subdivisions ; toutes les combinaisons de charge ont été rendues possibles, associant des macrocharges et des microcharges permettant d'améliorer les propriétés mécaniques et esthétiques sans trop augmenter la viscosité, notamment avec l'incorporation récente de nanocharges (<70nm), de taille inférieure aux longueurs d'onde visibles et donc améliorant encore considérablement l'esthétique.

- Une classification **selon l'indication**, car le composite s'utilise à la fois en méthode directe, c'est-à-dire mis en place directement au fauteuil sans intermédiaire, et à la fois en méthode indirecte c'est-à-dire comme composant d'un onlay ou tout autre pièce prothétique par l'intermédiaire d'un prothésiste ou d'une usineuse. Nous aborderons ici les composites utilisés en méthode directe.
- Une autre classification **selon la viscosité** :

#### a. Les composites conventionnels :

Les composites conventionnels sont à ce jour les composites les plus résistants de la famille et les seuls vraiment indiqués pour la restauration de la face occlusale d'une cavité de Classe 1 ou 2. Ils s'utilisent soit à l'aide d'un pistolet à carpule, soit d'une seringue à piston, que l'on applique en général sur une plaque en verre, puis que l'on amène dans la cavité à restaurer, avant de remodeler l'anatomie dentaire avec différents instruments.



*Figure 3 : Exemple d'un composite conventionnel, le composite Estelite Asteria, de Tokuyama Dental, en teinte A3 (29)*

#### **b. Les composites Flow :**

Les composites dentaires fluides, plus connus sous le nom de composites flow ou de faible viscosité, ont fait leur apparition sur le marché à la fin des années 1990. Ils possèdent moins d'indications dans leur utilisation que les composites conventionnels car ils ne sont pas indiqués pour la restauration de surface occlusale (Classe I) (30). Cependant, ces biomatériaux se révèlent particulièrement intéressants dans l'approche de la dentisterie minimalement invasive et dans l'approche préventive, voici leurs avantages :

- Une Indication supplémentaire : **scellements de sillon**, notamment s'ils contiennent du fluor.
- **Une Utilisation simple** : souvent sous forme de seringue avec embout jetable, peut s'utiliser directement dans la cavité.
- Parfois également Bulk-Fill (cf prochain paragraphe).
- Indiqué dans les **cavités de Classe V**

Néanmoins, ils possèdent également des inconvénients, notamment car ils ont une plus grande **rétraction de prise** (31) car ils sont plus fluides parce qu'ils contiennent moins de charges ; et par conséquent la phase organique est plus importante.



Figure 4 : Exemple de composite flow : l'Estelite Universal Flow en teinte A3 (29)

### c. Les composites Bulk :

Les composites Bulk, également appelés composites à placement en masse ou Bulk-Fill, sont des biomatériaux utilisés en odontologie conservatrice qui présentent plusieurs avantages par rapport aux composites conventionnels. Voici les avantages de ces composites :

- **Le Gain de temps** : Les composites bulk permettent une restauration en une seule étape, ce qui réduit le temps nécessaire pour effectuer une obturation dentaire. Contrairement aux composites conventionnels, qui nécessitent souvent plusieurs couches et étapes de durcissement (2 mm maximum par apport), les composites bulk sont appliqués en une seule couche associée à une seule étape de photopolymérisation (jusqu'à 4mm) (32). Ces composites ont également la possibilité d'être conditionnés en seringue comme les composites flow.
- **La Réduction des erreurs de stratification** : Les composites bulk éliminent le besoin de superposer plusieurs couches de composite, ce qui réduit les risques d'erreur de stratification, telles que des bulles d'air ou des zones non polymérisées entre les couches.
- Une Indication supplémentaire : **reconstitution du moignon** notamment dans le protocole du tenon fibré, indiqué dans de nombreux cas en remplacement de l'inlay core conventionnel.
- **La Réduction de la sensibilité post-opératoire** : En une seule étape, les composites bulk réduisent le risque de laisser des espaces ou des

interfaces entre les couches de composite, ce qui pourrait entraîner une sensibilité post-opératoire (33).

- **Polyvalence** : Bien que cela n'est pas recommandé par les fabricants, certains praticiens l'utilisent aussi pour des restaurations de surface (32).

Ils ont néanmoins aussi des inconvénients : augmentation du **facteur de configuration**. En effet celui-ci est maximum pour une cavité de classe I, et pour le réduire il faut faire un apport par paroi, ce qui n'est pas le mode d'application du bulk qui se place en un seul incrément. Ils ont également besoin d'être recouverts d'un composite conventionnel, ce qui tempère leur utilisation en une seule étape.

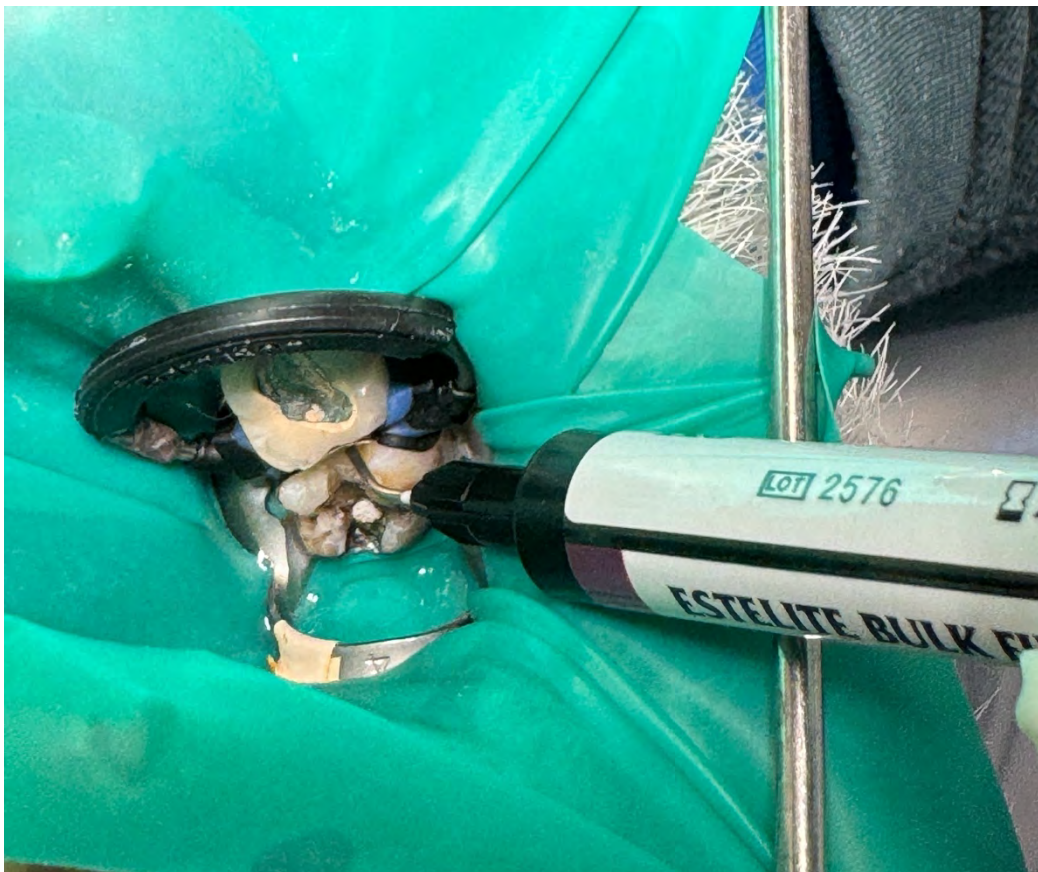


Figure 5 : Exemple de composite Bulk fill flow, l'Estelite Bulk Fill de Tokuyama Dental (29)

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Valeurs d'adhésion et propriétés mécaniques bonnes	Protocole compliqué et long
Différentes viscosités disponibles	Non bioactifs
Très esthétiques, y compris en antérieur avec de larges gammes de teintes	Intolérants à l'humidité
Plusieurs indications cliniques	Relargage de monomères cytotoxiques
	Contraction de prise

*Tableau 5 : les avantages et les inconvénients des composites en général*

## **b) Autres Biomatériaux de restauration**

### **1) CVI**

Les CVI (ciment de verre ionomère), dans leur définition générale, sont des substances qui peuvent se solidifier grâce à une **réaction acido-basique** (d'où le terme de ciment) impliquant une poudre de verre Fluoro-Alumino-Silicate (FAS) à caractère basique et une solution liquide d'acide polyacrylique (34).

Par conséquent, en fonction de leur composition, le CVI libère lors de sa polymérisation des ions calcium et aluminium. Ce sont des matériaux **bioactifs** car ils libèrent également des ions fluorures pendant leur période d'usage. Cette libération permet de faire des liaisons ioniques entre les ions carboxyles ionisés et les acides polyacryliques, ce qui entraîne la formation progressive de sels de polyacrylates, ce qui

permet de favoriser la **reminéralisation** de l'émail et de la dentine lors d'un potentiel processus carieux.

Les différents types de CVI libèrent globalement la même quantité de fluor, c'est notamment le cas des CVI et des CVIMAR que nous aborderons plus loin (35). Cet élément ionique va agir de manière à limiter la prolifération bactérienne grâce au blocage des systèmes enzymatiques à pH acide, en réduisant la déminéralisation par la formation d'une couche labile de fluorure de calcium à la surface des tissus dentaires, et en stimulant la reminéralisation grâce à la formation de fluorapatite (36, 37).

Ensuite sont apparus les **CVI-HV** c'est-à-dire à haute viscosité, ce qui réduit le temps de prise initial (38). Pour cela, les fabricants ont ajouté des charges de Fluoro-Alumino-Silicates, des charges de même nature que les CVI conventionnels, mais plus petites, ce qui ne change en rien la nature de la réaction de prise (réaction acide-base). Il y aurait également une amélioration de la dureté (38).

Enfin les derniers qui sont arrivés sur le marché sont les **CVI-MAR**, ou CVI modifié par adjonction de résine. Ils contiennent des monomères d'HEMA (Hydroxy-éthyl-méthacrylate) qui vont venir se polymériser en chaîne pour augmenter considérablement les propriétés mécaniques du CVI conventionnel, mais également diminuer le temps de prise (35).

On peut noter aussi une sensibilité hydrique plus faible que les CVI conventionnels. Grâce à la présence de résine le phénomène de prise retardée des CVI conventionnels est diminué et limite les échecs cliniques. Le protocole de mise en œuvre est assez simple et rapide du fait de la propriété auto-adhésive des CVI, car ceux-ci nécessitent seulement l'utilisation d'un acide avant son application directe. Ceci fait qu'il est beaucoup utilisé en pédodontie.

Avantages	Inconvénients
Biocompatibilité et Libération de fluor	Esthétique moyenne en secteur antérieur
Mise en œuvre et protocole simple	Valeurs d'adhésion et propriétés mécaniques moyennes
Auto-adhésif	
Tolérance à l'humidité	

*Tableau 6 : les avantages et les inconvénients des CVI en général*

## 2) Compomères

Pour répondre aux demandes des praticiens, les industriels ont essayé d'associer les avantages des composites aux avantages des CVI : ce sont les compomères.

Il s'agit d'une résine composite modifiée par **l'ajout de polyacides** (39). Le terme « compomère » est formé en combinant « composite » et « ionomère ». La phase organique est semblable à celle que l'on trouve dans une résine composite. On retrouve une résine matricielle, généralement constituée de bis-GMA, des abaisseurs de viscosité pour modifier les propriétés rhéologiques, tels que le TEGDMA et l'UDMA (40), et d'autres éléments présents dans les composites ordinaires.

Néanmoins, les compomères diffèrent des résines composites sur deux points précis (41) :

1. Une faible proportion de monomères fonctionnels, contenant des **groupes acide carboxylique (-COOH)**, est ajoutée à la composition : « résines composites modifiées par un polyacide ». Cette composition permet la déshydratation des groupes acides en -COOH, assurant une incorporation parfaite dans la matrice résineuse après polymérisation, tout en conservant une hydrophobie élevée (40).



2. Dans la phase minérale, il y a des charges silanisées non réactives telles que le quartz ou la silice, mais on observe aussi la présence de **charges silanisées réactives type FAS**. Ces charges réactives se lient à la matrice résineuse, améliorant les propriétés mécaniques tout en libérant des ions fluorure (27).

Ces adjonctions vont donc permettre aux compomères d'être classés dans les biomatériaux **bioactifs** car une libération d'ions se produit, cependant ces libérations sont très inférieures aux CVI. Également, si les propriétés mécaniques sont semblables à celles des composites conventionnels au moment de son application, elles se dégradent beaucoup plus vite dans le temps (73). Ceci fait que les compomères ne sont plus très utilisés aujourd'hui et qu'ils ne cumulent pas parfaitement les avantages des CVI aux avantages des composites.

### 3) Hydroxyde de calcium

L'hydroxyde de calcium est un biomatériau utilisé depuis longtemps en odontologie. Ce n'est pas un matériau de restauration définitive, mais il a encore aujourd'hui de nombreuses indications comme la possibilité de temporiser en endodontie (42), de faire une l'apexification (43), de l'utiliser en fond de cavité après une pulpotomie, de réaliser un coiffage pulpaire indirect ou encore de traiter des résorptions radiculaires externes post-traumatiques (72).

Son mode d'action lui donne plusieurs avantages (72) :

- **Une Action anti-microbienne** : peut inhiber la croissance bactérienne
- **La Formation de dentine tertiaire** : capacité de favoriser la minéralisation et la formation de ponts dentinaires, contribuant ainsi à la protection de la pulpe.
- **Un Effet anti-inflammatoire** : utilisé en coiffage pulpaire indirect.
- **Un Effet tampon de la salive** : aide à remonter légèrement le pH dans l'environnement traité. Un environnement basique peut favoriser la reminéralisation et contribuer à la neutralisation de l'acidité pouvant résulter du processus carieux.

Ses principaux inconvénients sont liés à sa dégradation prématurée dans les fluides, notamment la salive (42).

#### **4) MTA**

Le MTA (Mineral Trioxide Aggregate ou agrégat de trioxyde minéral en français) fut d'abord commercialisé sous le nom de ProRoot MTA par Dentsply. Apparue durant l'année 1993, ce biomatériau a suscité un intérêt de plus en plus important en dentisterie, notamment en endodontie et en pédodontie.

Ce ciment a été conçu à la base pour la chirurgie endodontique, et a rapidement trouvé de nouvelles indications comme le coiffage pulpaire, le traitement des perforations et l'apexification des dents immatures. Les avantages de ce matériau sont très

intéressants : **bonne étanchéité, tolérance tissulaire, propriété bioactive** avec notamment la néoformation de ciment (45). Tout ceci a permis de faire évoluer l'odontologie avec désormais de nouvelles possibilités thérapeutiques : des coiffages pulpaire plus efficaces ou l'obturation rétrograde en endodontie.

Cependant, quelques inconvénients sont à noter. Il présente des difficultés de manipulation et c'est un biomatériau coûteux.

Le principe actif de ce matériau serait le silicate de calcium (celui-ci n'a à ce jour pas été bien identifié). Pour pallier certains de ces inconvénients, la biodentine a fait son apparition.

## 5) Biodentine

La Biodentine (produit par Septodont) est actuellement considéré comme le matériau de choix pour la restauration des fonds de cavités dentaires proches de la pulpe (46). Il présente plusieurs avantages, dans **l'isolation thermique**, ou grâce à ses propriétés **bioactives** (46) qui se manifeste par une libération de calcium et sa transformation en hydroxyapatite, ce qui permet la formation d'une dentine réactionnelle qui va constituer un pont dentinaire en regard du matériau, facilitant la cicatrisation de la pulpe. Ce matériau est également particulièrement intéressant pour le traitement des traumatismes en pédodontie et endodontie (47). Contrairement au MTA (agrégat trioxyde minéral) ou à l'hydroxyde de calcium, la biodentine se dégrade moins avec le temps.

La biodentine peut également servir de pansement en raison de sa **résistance mécanique** relativement élevée. On peut donc s'en servir comme matériau temporaire unique jusqu'au niveau occlusal pendant trois semaines (46). Par la suite on remplace la

partie occlusale par un matériau plus définitif tout en conservant la partie parapulpaire en biodentine.

Son inconvénient principal est son temps de prise : plus de 10 min. Son protocole nécessite la mise en place du champ opératoire et ses effets bioactifs ne sont notables qu'une semaine au moins après la mise en place.

## Partie 2 :

Après avoir énuméré les principaux biomatériaux classiques en odontologie, nous allons aborder certains nouveaux biomatériaux, notamment composites, qui se veulent en rupture avec les biomatériaux de restauration conventionnels en étant plus innovants sur la propriété bioactive.

Si certaines tentatives d'allier les avantages des composites, c'est-à-dire notamment les bonnes propriétés mécaniques et l'esthétique aux avantages des CVI c'est-à-dire la propriété auto-adhésive et l'aspect bioactif, ne datent pas d'aujourd'hui, elles se sont avérées le plus souvent imparfaites (notamment pour les compomères) ou alors se rapprochaient trop de l'un ou de l'autre (CVIMAR) si bien qu'elles ne possédaient pas vraiment les caractéristiques des deux familles.

Pour cela, ces matériaux devraient respecter des critères mécaniques (par exemple un polymère doit pouvoir supporter des forces de flexion  $>80$  MPa pour être utilisé en classe I ou II (48)), et des critères biologiques de bioactivité (relargage ionique lors de la période d'usage), plus difficile à quantifier.

Plus récemment, les industriels ont donc développé de nouveaux composites bioactifs qui fonctionnent tout autrement : L'Activa Bioactive Restorative et le Cention N. Nous aborderons également un biomatériau semblable à ces derniers mais qui a été retiré récemment du marché : le Surefil One de Dentsply Sirona.

## A / L'Activa bioactive Restorative



*Figure 6 : L'Activa Bioactive Restorative*

L'Activa Bioactive Restorative (12) est un biomatériau commercialisé par Pulpdent Corporation (Massachusetts, USA) depuis 2013 qui se présente sous forme de **seringue d'automélange**. Il existe différentes façons de le nommer : composite bioactif pour les uns (dont la marque elle-même), CVIMAR pour les autres (44).

### **1) Mise en forme**

Il se produit dans la seringue un **mélange poudre-liquide**.

Le liquide se compose de :

- Des **acides polyacryliques**.
- Des monomères appelés résine « **Embrace** » par le fabricant, qui sont en réalité des monomères d'UDMA, ils confèrent à l'Activa une propriété hydrophile

- Du phosphate de diméthacrylate (acides).
- Des photos et chémo-initiateurs.

La poudre est constituée :

- Des **charges non réactives silanisées** capables de se lier à la matrice de résine et de jouer un rôle dans la résistance à l'usure et l'esthétique du matériau.
- Des charges adjointes de **FAS** (Fluoro-Alumino-Silicate que l'on retrouve habituellement dans les CVI) silanisées.

L'Activa Bioactive ne possède **pas de propriété auto-adhésive** propre (49). En outre, il nécessite une préparation de la surface dentaire qui est commune aux composites conventionnels : mordantage, rinçage et séchage, application d'adhésif (50) et photopolymérisation)

Durant sa mise en œuvre, il y a donc une double réaction qui se produit : une **réaction acide-base** semblable aux CVI, et une **réaction de polymérisation** en chaîne comme les composites. La réaction acide base est permise grâce aux monomères de FAS silanisées. C'est une caractéristique commune aux CVIMAR et compomères, bien qu'elle diffère qualitativement et quantitativement. Tout ceci va également permettre de relarguer des ions fluor et calcium (selon le fabricant) et donc conférer à l'Activa ses propriétés bioactives. Pour cela, il va se former « une matrice constituée d'une résine ionique bioactive, d'une résine caoutchoutée résistante et de charges de verre ionomère réactives qui imitent les propriétés physiques et chimiques des dents naturelles » (12).

## 2) Propriétés

Selon le site internet du fabricant, l'Activa est recommandé comme composite de comblement pour toute **restauration de classe I, II** (résistance aux forces de flexion de 90 MPa), **III et V** lorsque la pulpe vitale n'est pas exposée (non recommandé pour les coiffages directs).

Ce biomatériau a montré qu'il était intéressant **sur des dents temporaires**. En effet, ses multiples mécanismes de polymérisations, son protocole raccourci et sa propriété bioactive sont des atouts lorsque que la compliance est délicate. Une étude a comparé l'utilisation d'Activa Bioactive sur des cavités de Classe I et II sur des molaires temporaires à un composite Bulk-Fill, et a conclu qu'ils ont la même performance (sur des critères esthétiques, fonctionnels et biologiques) (51).

L'Activa pourrait avoir une **action antibactérienne** contre le streptocoque Mutans, bien qu'aucune différence statistiquement significative n'ait été montrée en comparaison avec le Ketac Silver (CVI adjoint d'argent), ce qui pourrait avoir un intérêt en dentisterie pédiatrique **chez les patients à haut risque carieux** (52).

Pulpdent évoque également la possibilité de formation des cristaux d'hydroxyapatite grâce à la **libération de fluorure**, de phosphate et calcium, grâce à un mécanisme d'action sur les cycles du pH. Ceci n'a pas été mis en évidence par une étude, qui conclut à une libération ionique très inférieure à un CVI conventionnel (53). Une autre étude a cependant montré que le potentiel de reminéralisation du produit se situe au même niveau que le MTA, la biodentine et le TheraCal (à base d'hydroxyde de calcium). Cette démonstration a été établie en fonction de la libération de la même quantité d'ions Calcium et Hydroxyle entre les matériaux (49). Elle conclue néanmoins que d'autres études sont nécessaires afin de confirmer cette bioactivité.



Il pourrait également permettre de restaurer efficacement les **lésions cervicales non carieuses**. En effet, nous savons que ces dernières sont souvent situées au niveau de la dentine et du cément, dont l'adhésion des résines composites est compliquée. L'Activa Bioactive a présenté moins d'infiltration marginale qu'un autre composite nanohybride lors d'une étude in vitro (54).

Concernant la résistance aux forces de flexion exercées sur des cavités de classe II, celles-ci seraient équivalentes entre l'Activa et des composites conventionnels et Bulk. Cette étude a néanmoins montré une infiltration marginale supérieure pour ce nouveau matériau aux composites conventionnels (mais inférieure aux Bulk) (55).

## **B / Le Cention N**



Le Cention N (57) est un matériau commercialisé par Ivoclar Vivadent (Schaan, Lietschentein) depuis 2016, uniquement en Asie. Il appartient au groupe des alcasites, nom donné par le fabricant en raison de sa faculté de réguler le pH lors d'attaques acides via des charges alcalines. Ces derniers sont en fait également des résines composites mais qui sont **bioactives** car elles relarguent des ions Calcium, Fluorures et surtout Hydroxydes qui vont favoriser la reminéralisation (56).

*Figure 7 : Le Cention N*

## 1) Mise en forme

Son mode de fonctionnement se rapproche grandement de l'Activa. Il se met en œuvre par un **mélange poudre-liquide**, mais de manière manuelle : le liquide contenant les monomères de résines composites, principalement de l'**UDMA** (57) ; et la poudre qui contient les charges silanisées, mais aussi des charges proches des **FAS**. Ces dernières se retrouvent dans les CVI et elles confèrent ici les propriétés dites bioactives, annoncées par le fabricant comme étant hautement réactives (56). Une étude a mis en évidence cette bioactivité par la **formation d'apatite** (53), elle montre également un relargage ionique d'ions Fluorures, Aluminium et Calcium très supérieur à l'Activa Bioactive ; cependant le Cention N n'a pas été testé après l'application d'un adhésif.

Une autre étude in vitro a démontré une action bioactive par l'inhibition de la déminéralisation de l'émail, qui était plus importante qu'un composite conventionnel et similaire à celle d'un CVI (58). Une augmentation du pH de la cavité buccale est aussi à noter après cette libération (59).

Son **mode de prise est duale**, et l'utilisation d'une prise uniquement autopolymérisante ou après photopolymérisation directe n'aurait pas d'impact sur le résultat et les propriétés mécaniques, simplement la prise est plus rapide dans le second cas (60, 61).

## 2) Propriétés

Le Cention N est indiqué pour les cavités de classe I, II (résistance aux forces de flexion de 110 MPa) et V ; il a une prise autopolymérisante. D'après le fabricant, il est plus

solide et plus esthétique que les ciments de verre ionomère. Il a été comparé à un composite conventionnel et aurait une **résistance aux forces de flexion similaire** (60).

Une étude récente a conclu à une efficacité clinique similaire dans des restaurations de Classe II (sur plusieurs critères comme l'adaptation marginale, la sensibilité post-opératoire, la décoloration marginale, la texture de surface, la similarité de la teinte et la formation de caries secondaires) entre le Cention N et un composite conventionnel jusqu'à 12 mois (62).

Il a été conçu pour être utilisé **sans mordantage, ni primer, ni adhésif**. Cependant, ses propriétés mécaniques seraient meilleures après l'utilisation d'un adhésif (63).

L'infiltration marginale d'une restauration de classe V a été étudiée et elle serait inférieure dans le cas d'utilisation du Cention N avec adhésif comparativement à un composite fluide (64). Pour cette même catégorie de cavités, une autre étude a montré que l'application de ce matériau provoquait moins de sensibilité post opératoire qu'un CVIMAR (65).

Le biomatériau a également été comparé à un CVI pour la restauration de Classe II de molaires temporaires, il a été démontré qu'il avait une meilleure stabilité de la teinte. De plus, aucune carie secondaire n'a été déplorée pour les 70 restaurations après 9 mois (66).

Plus récemment, en 2020, Ivoclar a commercialisé une nouvelle version du Cention N, le **Cention Forte**, qui est disponible en Europe. La principale différence est sa mise en œuvre : ce dernier est une capsule qui se vibre dans un mélangeur à capsule pendant 15 secondes, permettant de **simplifier le protocole**. La composition de ce dernier est la même à l'exception d'une partie des initiateurs et de la proportion liquide/poudre (67). Une étude a même démontré des propriétés mécaniques supérieures du Cention Forte par rapport au Cention N : pour la résistance aux forces de flexion et dureté de Vicker (69).

Toutefois, son principal inconvénient est qu'il ne possède **pas de potentiel adhésif propre** dans le sens où il nécessite un primer spécifique, le Cention Primer qui est un primer auto mordançant et auto polymérisant. Celui-ci va rallonger son protocole de mise en œuvre. Cependant il ne nécessite pas d'application d'adhésif.

Une étude du fabricant a montré une supériorité du Cention Forte sur la résistance aux forces de flexion par rapport à l'Equia Forte (un CVI-HV), le Fuji IX (CVI) et le Surefil one (composite bioactif concurrent) (68).



*Figure 8 : Cention Forte, photo du site internet d'Ivoclar Vivadent (68)*

## C / Le Surefil One



*Figure 9 : Le Surefil One, photo du site internet*

Le Surefil One était présenté comme un composite créé par Dentsply Sirona, qui est une entreprise américaine de matériel dentaire dont le siège social est basé à York (Pennsylvanie, USA).

Ce matériau était commercialisé depuis 2019 et était à l'origine le sujet principal de cette thèse, avant qu'il soit retiré du marché par son fabricant en novembre 2023.

### **1) Mise en forme**

Il s'agissait d'un **composite Bulk-fill auto-adhésif à prise duale** principalement conçu pour les restaurations postérieures (69). La principale innovation selon eux était le MOPOS (Modified Poly Acide System) : c'est une chaîne de polyacide sur laquelle sont greffés des groupements polymérisables (69). On pourrait le traduire en français par : système polyacide modifié de poids moléculaire élevé. Il permet de fusionner les propriétés auto-adhésives des polyacides classiques connus des ciments de verres

ionomère (CVI) avec la capacité de réticulation et de polymérisation des monomères structurels dans les composites.

L'entreprise présentait plusieurs avantages pour ce produit ; il permettait selon eux de simplifier et réduire la durée de vos procédures (69). Voici leur cahier des charges :

- Obturation en un seul incrément
- Auto-adhésif sur émail et dentine : pas de mordantage ni d'adhésif, pas de nécessité de créer une cavité rétentive
- Longévité : aussi durable qu'un composite classique
- Mise en place très rapide
- Relargage d'ions fluorures, Aluminium et Calcium

## 2) Propriétés

La même étude qui a évalué l'inhibition de la déminéralisation de l'émail du Cention N a aussi mesuré le Surefil One dans les mêmes conditions, et celui-ci aurait bien cette même **faculté bioactive** mais dans des proportions inférieures au précédent biomatériau (58).

Le Surefil One aurait donc en théorie pu être classé comme un composite bioactif, mais une étude in vivo mettant en évidence une reminéralisation aurait été nécessaire (70).

Une étude a comparé le Surefil One à un composite conventionnel sur la durabilité, cependant cette dernière montre que le résultat n'est pas significatif pour cette

hypothèse ( $p > 0,005$ ), Même si les résultats étaient encourageants sur les comparaisons avec les CVI et CVIMAR qu'il surpassait (71).

## D / Perspectives d'avenir des biomatériaux

Les biomatériaux en odontologie connaissent un développement continu, avec de nombreuses perspectives d'évolutions. Voici quelques hypothèses de tendances qu'on pourrait retrouver dans un avenir plus ou moins proche :

1. L'Amélioration des **propriétés biomécaniques** : les chercheurs travaillent constamment sur le développement de biomatériaux offrant une résistance, une durabilité et une flexibilité accrues pour une meilleure performance dans la bouche du patient.
2. Les Biomatériaux **bioactifs** : les biomatériaux dotés de propriétés bioactives, telles que la stimulation de la régénération osseuse ou la prévention des infections, sont en cours de développement pour favoriser une guérison plus rapide et plus efficace.
3. La **Nanotechnologie** : les nanomatériaux offrent des avantages tels qu'une meilleure adhérence et une amélioration des propriétés mécaniques. Ils sont de plus en plus utilisés pour la fabrication de dispositifs et de revêtements dentaires.
4. **L'Impression 3D** : elle permet déjà de créer des restaurations dentaires ou des prothèses sur mesure avec une précision qui s'améliore de plus en plus. Son utilisation est déjà largement répandue dans les laboratoires de prothésistes, mais aussi directement dans les cabinets dentaires (méthode direct) avec le CEREC de Dentsply Sirona. Pour l'instant ce dernier permet surtout d'usiner de la céramique pure ou hybride, mais cela pourrait s'étendre aux composites.
5. La **Biocompatibilité** et la sécurité : l'accent sur la sécurité et la biocompatibilité des matériaux utilisés en dentisterie continuera de croître, avec des tests plus



rigoureux pour garantir que les matériaux n'entraînent pas de réactions indésirables chez les patients.

6. **L'Intelligence artificielle (IA)** : l'IA peut être utilisée pour la conception de restaurations dentaires personnalisées, l'analyse des données cliniques et l'aide à la prise de décision pour des traitements dentaires optimaux. On a déjà vu ces derniers mois l'apparition de logiciel d'IA comme Allisone qui permet d'analyser des radiographies dentaires et d'en déduire la présence de tel ou tel biomatériau sur telle dent.
7. **L'Écologie et la durabilité** : la recherche de biomatériaux **durables et respectueux de l'environnement** prend de l'importance, notamment en réduisant les déchets produits pendant les protocoles de mise en œuvre, mais aussi pendant la fabrication. On pourrait aussi penser à l'invention de nouveaux biomatériaux biodégradables qui se dégradent naturellement dans le corps après avoir rempli leur fonction, certains existant déjà comme le Pangen (Urgo médical), éponge hémostatique utilisée après une extraction.

# Conclusion

Nous avons donc vu les différents biomatériaux de restauration utilisés de nos jours en odontologie, avec les classifications permettant leurs indications, des CVIMAR aux composites flow en passant par le MTA.

Si le caractère bioactif de certains d'entre eux ne fait plus débat (CVI ou biodentine), ce n'est pas le cas de la dernière catégorie de biomatériaux qui ont récemment été mis au point : les composites bioactifs, qualifiés comme tels par les industriels. Ces derniers, en plus d'obtenir de nouvelles indications, bien que le recul scientifique soit encore insuffisant sur ce point, ont permis de simplifier et raccourcir les protocoles, donc de réduire les étapes et avec cela les erreurs.

Ainsi, les biomatériaux de restauration en odontologie, et en particulier les composites, ont beaucoup évolué ces dernières années. Certains ont vu leurs apparitions se faire dans les cabinets dentaires, et on peut prévoir que leurs utilisations vont augmenter en même temps que leur coût diminuer, et peut-être même remplacer les composites qui font aujourd'hui l'unanimité dans la dentisterie.

Certaines études ont souligné l'intérêt de tels biomatériaux, que ce soit pour la qualité de collage, ou pour la possibilité d'un placement immédiat de la restauration, ce qui pourraient entraîner des traitements plus prévisibles d'un point de vue clinique et anatomique (49).

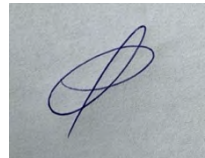
Cependant, du fait qu'il y ait encore très peu de composites bioactifs en odontologie et du faible recul clinique, il convient au praticien d'être prudent quant à

leurs utilisations. Les futures études cliniques contribueront certainement à déterminer leur place au sein de notre stratégie thérapeutique.

**Vu le président de jury**  
**Pr MONSARRAT Paul**

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'P. Monsarrat', written on a light-colored background.

**Directeur de thèse**  
**Dr PASCALIN Laura**

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'L. Pascaline', written on a grey background.

## Bibliographie :

1. Niek J.M. Opdam, Ewald M. Bronkhorst, Joost M. Roeters, Bas A.C. Loomans. A retrospective clinical study on longevity of posterior composite and amalgam restorations. *Dental Materials* 2007 ; 23, Issue 1 : 2-8, ISSN 0109-5641, <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.11.036>
2. Christopher D. Lynch, Niek J. Opdam, Reinhard Hickel, Paul A. Brunton, Sevil Gurgan, Afrodite Kakaboura, Ann C. Shearer, Guido Vanherle, Nairn H.F. Wilson. Guidance on posterior resin composites: Academy of Operative Dentistry - European Section, *Journal of Dentistry* 2014 ; 42, Issue 4 : 377-383, SSN 0300-5712, <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.01.009>
3. Khan AS, Syed MR. A review of bioceramics-based dental restorative materials. *Dent Mater J.* 2019 Mar 31;38(2):163-176. doi: 10.4012/dmj.2018-039. Epub 2018 Nov 1. PMID: 30381635
4. Camps J. Notions de biocompatibilité. Université Médicale Virtuelle Francophone ; 2010
5. Thanusha AV, Koul V. Biocompatibility evaluation for the developed hydrogel wound dressing - ISO-10993-11 standards -in vitroandin vivostudy. *Biomed Phys Eng Express.* 2021 Nov 30;8(1). doi: 10.1088/2057-1976/ac3b2b. PMID: 34794128.
6. Brigitte Grosgeat, Dispositifs médicaux : le nouveau règlement européen, *Biomatériaux Cliniques* n°2, 15 octobre 2017, <https://www.information-dentaire.fr/actualites/dispositifs-medicaux-le-nouveau-reglement-europeen/>, (consulté le 16 oct. 23)
7. <https://www.inserm.fr/dossier/biomateriaux/#>, (consulté le 16 oct. 23)

8. Vallittu P., Boccaccini A.R., Hupa L., Watts D.C. Matériaux dentaires bioactifs - Existent-ils et que signifie la bioactivité ? *Dent. Mater.* 2018;34:693–694. doi: 10.1016/j.dental.2018.03.001.
9. Iovene A, Zhao Y, Wang S, Amoako K. Bioactive Polymeric Materials for the Advancement of Regenerative Medicine. *J Funct Biomater.* 2021 Feb 20;12(1):14. doi: 10.3390/jfb12010014. PMID: 332492; PMCID: PMC8006220
10. Hench, L.L. (1991), Bioceramics: From Concept to Clinic. *Journal of the American Ceramic Society*, 74: 1487-1510. <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1991.tb07132.x>
11. Phoebe Burrer, Thomas Attin, Matej Par, Tobias T. Tauböck, Matériaux de restauration bioactifs en odontologie conservatrice, *Swiss Dental Journal*, SSO VOL 132, 2 P 2022
12. Photo du site internet, et documentation scientifique accessible sur : <https://pulpdent.fr/pulpdent-products/activa-bioactive-restauration-fr/>, consulté le 8 déc. 23
13. Cury JA, Tenuta LM. Reminéralisation de l'émail : contrôler la maladie des caries ou traiter les lésions précoces des caries ? *Braz Oral Res.* 2009 ; 23 Suppl 1 : 23-30. doi : 10.1590/s1806-83242009000500005. PMID : 19838555.
14. Tenuta LM, Cury JA. Fluoride: its role in dentistry. *Braz Oral Res.* 2010;24 Suppl 1:9-17. doi: 10.1590/s1806-83242010000500003. PMID: 20857070.
15. <https://www.dentalcare.ca/fr-ca/ce-cours/ce410/mecanisme-d-action-du-fluorure>, Figure 3 ; d'après Posner A S. The mineral of bone. *Clin Orthop Relat Res.* 1985 ; (200) : 87-99. PMID: 3905126.
16. Banerjee, A. Minimum intervention oral healthcare delivery - is there consensus? *Br Dent J* 2020 ; 229, 393–395. <https://doi.org/10.1038/s41415-020-2235-x>

17. Martignon, S., Pitts, N., Goffin, G. et al. CariesCare practice guide: consensus on evidence into practice. *Br Dent J* 2019 ; 227 : 353–362 (2019).  
<https://doi.org/10.1038/s41415-019-0678-8>
18. Banerjee A, Zalba J, Gaucher C, Milétić I, Basso M, Reich E et al., Plan de Tratamiento de Mínima Intervención (MITP) - Implementación práctica en el ejercicio dental general. *J Minim Interv Dent*. 2009 ; 2
19. Torres PJ, Phan H T, Bojorquez A K, Garcia-Godoy F, Pinzon, L M et al. Minimally invasive techniques used for caries management in dentistry. A review. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 2021; 45, Issue 4 : 224-232
20. Chaput Frédéric, Faure Anne-Charlotte. Composites dentaires. Techniques de l'Ingénieur 2019, pp.MED7500 v1. 10.51257/a-v2-med7500.hal-0236246,  
<https://doi.org/10.51257/a-v1-med7500>
21. Source images : [https://www.researchgate.net/figure/GV-Black-classification-of-dental-caries-21\\_fig1\\_344611293](https://www.researchgate.net/figure/GV-Black-classification-of-dental-caries-21_fig1_344611293), (consulté le 04 nov. 23)
22. Mazière Chloé, 32, Th D, Odontologie, Marseilles, Prise en charge des lésions carieuses de classe II en micro-dentisterie, <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01427039>
23. Ismail AI, Sohn W, Tellez M, Amaya A, Sen A, Hasson H, Pitts NB. The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol* 2007 ; 35(3) : 170-8. doi: 10.1111/j.1600-0528.2007.00347.x. PMID: 17518963.
24. Heintze SD, Rousson V. Clinical effectiveness of direct class II restorations - a meta-analysis. *J Adhes Dent*. 2012 Aug ;14(5):407-31. doi: 10.3290/j.jad.a28390. PMID: 23082310.
25. Beck F, Lettner S, Graf A, Bitriol B, Dumitrescu N, Bauer P, Moritz A, Schedle A. Survival of direct resin restorations in posterior teeth within a 19-year period (1996-2015): A meta-analysis of prospective studies. *Dent Mater*. 2015 Aug;31(8):958-85. doi: 10.1016/j.dental.2015.05.004. Epub 2015 Jun 16. PMID: 26091581.

26. Decerle N, Turpin Y-L, Desa C, Hennequin M. Le point sur la stratification esthétique des composites. *Actual. Odonto-Stomatol* 2011 ; 256 : 341-352
27. Uno S, Shimokobe H. Contraction stress and marginal adaptation of composite restorations in dentinal cavity. *Dent Mater J.* 1994 Jun;13(1):19-24. doi: 10.4012/dmj.13.19. PMID: 7842638.
28. Raskin A. Les résines composites. Société francophone de biomatériaux dentaires, 2009, vol. 2010.
29. Photographies : Romain de Pimodan, Restauration par résines composites d'une cavité Occluso-Mésiale de 47.
30. Patricia A. Miguez, Patricia N.R. Pereira, Richard M. Foxton, Ricardo Walter, Mauro F. Nunes, Edward J. Swift. Effects of flowable resin on bond strength and gap formation in class I restorations. *Dental Materials* 2004; 20, Issue 9 : 839-845, ISSN 0109-5641, <https://doi.org/10.1016/j.dental.2003.10.015>.
31. Peutzfeldt A, Mühlebach S, Lussi A, Flury S. Marginal Gap Formation in Approximal "Bulk Fill" Resin Composite Restorations After Artificial Ageing. *Oper Dent.* 2018 Mar/Apr;43(2):180-189. doi: 10.2341/17-068-L. Epub 2017 Nov 17. PMID: 29148914.
32. Jürgen MANHART, Restauration directe par composite nanohybride. Cas clinique sur une molaire mandibulaire, <https://www.dentalespace.com/praticien/formationcontinue/restauration-directe-composite-nanohybride-cas-clinique-molaire-mandibulaire/>, consulté le 17 oct. 23
33. Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR™ technology. *Dent Mater.* 2011 Apr;27(4):348-55. doi: 10.1016/j.dental.2010.11.014. Epub 2010 Dec 30. PMID: 21194743
34. Singh TM, Suresh P, Sandhyarani J, Sravanthi J et al. Glass ionomer cements (GIC) in dentistry: a review. *IJPAES* 2011 ; 1: 26-30.
35. Attal J P. Les ciments verres ionomères (CVI). Société francophone de biomatériaux dentaires, Université médicale virtuelle francophone ; 2010.

36. Buzalaf MAR, Pessan JP, Honório HM, Ten Cate JM. Mechanisms of action of fluoride for caries control. *Monogr Oral Sci.* 2011 ; 22 : 97-114. doi: 10.1159/000325151. Epub 2011 Jun 23. PMID: 21701194.
37. Valentin Rock, 97, Th D, Odontologie, Nancy, Les matériaux bioactifs de reconstitution coronaire, <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03298293/document>
38. Yap AUJ, Pek YS, Cheang P. Physico-mechanical properties of a fastset highly viscous GIC restorative. *J Oral Rehabil.* 2003 ; 30(1): 1-8.
39. George Eliades, Afrodite Kakaboura, Georgios Palaghias, Acid–base reaction and fluoride release profiles in visible light-cured polyacid-modified composite restoratives (compomers), *Dental Materials*, Volume 14, Issue 1, 1998, Pages 57-63, ISSN 0109-5641, [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(98\)00010-4](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(98)00010-4)
40. John W. Nicholson, Polyacid-modified composite resins (“compomers”) and their use in clinical dentistry, *Dental Materials*, Volume 23, Issue 5, 2007, Pages 615-622, ISSN 0109-5641, <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.05.002>
41. J.M. Meyer, M.A. Cattani-Lorente, V. Dupuis, Compomers: between glass-ionomer cements and composites, *Biomaterials*, Volume 19, Issue 6, 1998, Pages 529-539, ISSN 0142-9612, [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(97\)00133-6](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(97)00133-6).
42. Paul Laccourreye, Romain Orlu, Denis Bouter, « Traitement d’apexification : un cas clinique », <https://www.aonews-lemag.fr/apexification-laccourreye-paul-aonews-19/>, consulté le 18 oct. 23
43. Katherine Semennikova, Aline Hartmann, Pierre Colon, « Résorptions radiculaires externes inflammatoires post-traumatiques », *Clinic n° 07 du 01/07/2015*
44. Jan W.V. van Dijken, Ulla Pallesen, Ana Benetti, A randomized controlled evaluation of posterior resin restorations of an altered resin modified glass-ionomer cement with claimed bioactivity, *Dental Materials*, Volume 35, Issue 2, 2019, Pages 335-343, ISSN 0109-5641, <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.11.027>



45. Von Arx T. Mineral Trioxide Aggregate (MTA) : une Erfolgsgeschichte in der apikalen Chirurgie [Mineral trioxide aggregate (MTA) a success story in apical surgery]. *Swiss Dent J.* 2016;126(6):573-95. French, German. PMID: 27377433.
46. Peutzfeldt A, Mühlebach S, Lussi A, Flury S. Marginal Gap Formation in Approximal "Bulk Fill" Resin Composite Restorations After Artificial Ageing. *Oper Dent.* 2018 Mar/Apr;43(2):180-189. doi: 10.2341/17-068-L. Epub 2017 Nov 17. PMID: 29148914.
47. Rajasekharan, S., Martens, L.C., Cauwels, R.G.E.C. et al. Caractéristiques du matériau Biodentine™ et applications cliniques : une revue et une mise à jour de la littérature de 3 ans. *Eur Arch Paediatr Dent* 19, 1–22 (2018). <https://doi.org/10.1007/s40368-018-0328-x>
48. Norme ISO 4049, <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-iso-4049/medecine-buccodentaire-produits-de-restauration-a-base-de-polymeres/fa192445/83325>, consulté le 17 janv. 24
49. Lukomska-Szymanska M. Bio-Inductive Materials in Direct and Indirect Pulp Capping—A Review Article. *Materials.* 2020; 13(5):1204. <https://doi.org/10.3390/ma13051204>
50. Tohidkhal S, Kermanshah H, Ahmadi E, Jalalian B, Ranjbar Omrani L. Micro-fuite marginale et force de liaison microtensielle modifiée d'Activa Bioactive, par rapport aux matériaux de restauration conventionnels. *Clin Exp Dent Res.* 2022 Feb;8(1):329-335. doi: 10.1002/cre2.534. Epub 2022 17 janvier. PMID : 35037730 ; PMCID : PMC8874067.
51. Lardani, L.; Derchi, G.; Marchio, V.; Carli, E. One-Year Clinical Performance of Activa Bioactive-Restorative Composite in Primary Molars. *Children* 2022, 9, 433. <https://doi.org/10.3390/children9030433>
52. Cury Conti G, Veneri F, Amadori F, Garzoni A, Majorana A, Bardellini E. Evaluation of Antibacterial Activity of a Bioactive Restorative Material Versus a Glass-Ionomer Cement on Streptococcus Mutans: In-Vitro Study. *Dent J (Basel).* 2023 Jun 8;11(6):149. doi: 10.3390/dj11060149. PMID: 37366672; PMCID: PMC10297256.

53. Melissa Tiskaya, N.A. Al-eesa, F.S.L. Wong, R.G. Hill, Characterization of the bioactivity of two commercial composites, *Dental Materials*, Volume 35, Issue 12, 2019, Pages 1757-1768, ISSN 0109-5641, <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.10.004>.
54. Kaushik M, Yadav M. Marginal microleakage properties of activa bioactive restorative and nanohybrid composite resin using two different adhesives in non carious cervical lesions - an in vitro study. *J West Afr Coll Surg*. 2017 Apr-Jun ; 7(2):1-14. PMID: 29951462; PMCID: PMC6016748.
55. Martínez-Sabio L, Peñate L, Arregui M, Veloso Duran A, Blanco JR, Guinot F. Comparison of Shear Bond Strength and Microleakage between Activa™ Bioactive Restorative™ and Bulk-Fill Composites-An In Vitro Study. *Polymers (Basel)*. 2023 Jun 27;15(13):2840. doi: 10.3390/polym15132840. PMID: 37447487; PMCID: PMC10346547.
56. Sujith R, Yadav TG, Pitalia D, et al. Comparative Evaluation of Mechanical and Microleakage Properties of Cention-N, Composite, and Glass Ionomer Cement Restorative Materials. *J Contemp Dent Pract* 2020;21(6):691–695
57. Photo du site internet, et documentation scientifique accessible sur : [https://www.ivoclar.com/en\\_eme/products/composites/cention-n](https://www.ivoclar.com/en_eme/products/composites/cention-n), consulté le 8 déc. 23
58. Albelasy EH, Chen R, Fok A, Montasser M, Hamama HH, Mahmoud SH, Abdelrehim T, Chew HP. Inhibition of Caries around Restoration by Ion-Releasing Restorative Materials: An In Vitro Optical Coherence Tomography and Micro-Computed Tomography Evaluation. *Materials (Basel)*. 2023 Aug 10;16(16):5558. doi: 10.3390/ma16165558. PMID: 37629848; PMCID: PMC10456765.
59. Kasraei et al., Phosphate Ion Release and Alkalizing Potential of Three Bioactive Dental Materials in Comparison with Composite Resin. *International Journal of Dentistry*. 2021 ; 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5572569>
60. Ilie N. Comparative Effect of Self- or Dual-Curing on Polymerization Kinetics and Mechanical Properties in a Novel, Dental-Resin-Based Composite with Alkaline

- Filler. Resin-Composites with Alkaline Fillers. *Materials (Basel, Switzerland)*. 2018 Jan;11(1):E108. DOI: 10.3390/ma11010108. PMID: 29324684; PMCID: PMC5793606.
61. Ozaslan S, Celiksoz O, Tepe H, Tavas B, Yaman BC. A Comparative Study of the Repair Bond Strength of New Self-Adhesive Restorative Materials With a Resin Composite Material. *Cureus*. 2023 Aug 29;15(8):e44309. doi: 10.7759/cureus.44309. PMID: 37779740; PMCID: PMC10535027.
62. Oz FD, Meral E, Gurgan S. Clinical performance of an alkasite-based bioactive restorative in class II cavities: a randomized clinical trial. *J Appl Oral Sci*. 2023;31:e20230025. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2023-0025>
63. Firouzmandi M, Alavi A, Jafarpour D, Sadatsharifee S. Fracture Strength and Marginal Adaptation of Conservative and Extended MOD Cavities Restored with Cention N, *International Journal of Dentistry*, 2021 : 7  
<https://doi.org/10.1155/2021/5599042>
64. Meshram P, Meshram V, Palve D, Patil S, Gade V, Raut A. Comparative evaluation of microleakage around Class V cavities restored with alkasite restorative material with and without bonding agent and flowable composite resin: An in vitro study. *Indian J Dent Res*. 2019 May-Jun;30(3):403-407. doi: 10.4103/ijdr.IJDR\_767\_17. PMID: 31397416.
65. Bharate RR, Patel AS, Reche A, Dhimole RC. A Comparative Evaluation of Postoperative Sensitivity Between Cention-N and Resin-Modified Glass Ionomer Cement in Class V Cavity: An In Vivo Study. *Cureus*. 2023 Oct 27;15(10):e47801. doi: 10.7759/cureus.47801. PMID: 38021989; PMCID: PMC10676706.
66. Arora, Divya; Jain, Mansi; Suma Sogi, H. P.; Shahi, Prinka; Gupta, Ishita; Sandhu, Meera. In vivo evaluation of clinical performance of Cention N and glass ionomer cement in proximal restorations of primary molars. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry* Jan–Mar 2022 ; 40 (1) : 23-29, | DOI: 10.4103/jisppd.jisppd\_108\_21

67. Clinical Evaluation of Cention Forte Restorative Material, essai clinique en cours, <https://ichgcp.net/clinical-trials-registry/NCT04796974>, Consulté le 9 Jan. 24
68. <https://www.ivoclar.com/fr/bx/products/composites/cention-forte>, consulté le 9 janv. 24
69. Ilie N. Resin-Based Bulk-Fill Composites: Tried and Tested, New Trends, and Evaluation Compared to Human Dentin. *Materials (Basel)*. 2022 Nov 15;15(22):8095. doi: 10.3390/ma15228095. PMID: 36431581; PMCID: PMC9694352.
70. Francois P, Fouquet V, Attal JP, Dursun E. Commercially Available Fluoride-Releasing Restorative Materials: A Review and a Proposal for Classification. *Materials (Basel)*. 2020 May 18;13(10):2313. doi: 10.3390/ma13102313. PMID: 32443424; PMCID: PMC7287768.
71. Frankenberger R, Dudek MC, Winter J, Braun A, Krämer N, von Stein-Lausnitz M, Roggendorf MJ. Alternatives à l'amalgame évaluées de manière critique : effet de la charge thermomécanique à long terme sur la qualité marginale, l'usure et le comportement des fractures. *J Adhes Dent*. 2020;22(1):107-116. doi: 10.3290/j.jad.a44001. PMID : 32030381.
72. Estrela C, Decurcio DA, Rossi-Fedele G, Silva JA, Guedes OA, Borges ÁH. Root perforations: a review of diagnosis, prognosis and materials. *Braz Oral Res*. 2018 Oct 18;32(suppl 1):e73. doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0073. PMID: 30365614.
73. Hamouda IM. Effects of various beverages on hardness, roughness, and solubility of esthetic restorative materials. *J Esthet Restor Dent Off Publ Am Acad Esthet Dent Al*. 2011;23(5):315-22.

## **Table des illustrations :**

### **Liste des figures :**

Figure 1 : Schéma d'échanges ioniques avec la salive

Figure 2 : Compositions chimiques de l'hydroxyapatite et du Fluorapatite (15)

Figure 3 : Exemple d'un composite conventionnel, le composite Estelite Asteria, de Tokuyama Dental, en teinte A3 (29)

Figure 4 : Exemple de composite flow : l'Estelite Universal Flow en teinte A3 (29)

Figure 5 : Exemple de composite Bulk fill flow, l'Estelite Bulk Fill de Tokuyama Dental en teinte A3 (29)

Figure 6 : L'Activa Bioactive Restorative (12), photo du site internet

Figure 7 : Le Cention N (57), photo du site internet

Figure 8 : Le Cention Forte, photo du site internet d'Ivoclar Vivadent (68)

Figure 9 : Le Surefil One, photo du site internet

### **Liste des tableaux :**

Tableau 1 : Classification des Biomatériaux (4)

Tableau 2 : Classification de Black (1908) (20, 21)

Tableau 3 : Classification Si/Sta

Tableau 4 : récapitulatif de l'ICDAS (22)

Tableau 5 : les avantages et les inconvénients des composites en général

Tableau 6 : les avantages et les inconvénients des CVI en général

## **L'ÉVOLUTION DU COMPOSITE : D'UN MATÉRIAU DE RESTAURATION À UN MATÉRIAU BIOACTIF**

---

### **RÉSUMÉ :**

Les composites de restauration en odontologie ont beaucoup évolué. Nous évoquons certains matériaux bioactifs comme les ciments de Verre Ionomère jusqu'aux nouveaux composites comme l'Activa Bioactive Restorative, le Cention N, et le Surefil One. Nous examinons les classifications, avantages, et inconvénients de ces biomatériaux. Nous soulignons l'importance des nouvelles indications des composites bioactifs, malgré un recul clinique limité, et envisageons leur potentiel remplacement des composites conventionnels dans la dentisterie. Il convient d'insister sur la nécessité d'une approche prudente, en attente de futures études cliniques pour définir leur rôle thérapeutique.

---

**TITRE EN ANGLAIS :** THE EVOLUTION OF COMPOSITE : FROM A RESTORATIVE MATERIAL TO A BIOACTIVE MATERIAL

---

**DISCIPLINE ADMINISTRATIVE :** Chirurgie-dentaire

---

**MOTS-CLÉS :** Composite bioactif, Bioactivité, Restauration, Biomatériaux, Activa Bioactive, Cention N, Surefil One

---

### **INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR :**

Université Toulouse III - Paul Sabatier  
Faculté de santé – Département d'Odontologie  
3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex 09

---

**Directeur de thèse :** Dr Laura PASCALIN