



Propriétés physico-mécaniques comparées des composites Bulk à travers une revue systématique de la littérature

Mélissa Alessandri

► To cite this version:

Mélissa Alessandri. Propriétés physico-mécaniques comparées des composites Bulk à travers une revue systématique de la littérature. Médecine humaine et pathologie. 2017. dumas-01503918

HAL Id: dumas-01503918

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01503918>

Submitted on 7 Apr 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ NICE-SOPHIA ANTIPOLIS
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE
24 Avenue des Diablos Bleus, 06357 Nice Cedex 04

PROPRIETES PHYSICO-MECANQUES COMPAREES DES COMPOSITES BULK A TRAVERS UNE REVUE SYSTEMATIQUE DE LA LITTERATURE

Année 2017

Thèse n°42-57-17-08

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant
la Faculté de Chirurgie Dentaire de Nice
Le 1^{er} Mars 2017 par

Madame Mélissa ALESSANDRI

Née le 01 octobre 1989 à CANNES
Pour obtenir le grade de :

DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE (Diplôme d'État)

Examineurs :

Monsieur le Professeur BOLLA Marc
Madame le Professeur MULLER-BOLLA Michèle
Madame le Docteur BRULAT-BOUCHARD Nathalie
Monsieur le Docteur LEFORESTIER Eric

Président du jury
Assesseur
Directrice de thèse
Assesseur

CORPS ENSEIGNANT

56^{ème} section : DEVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PREVENTION

Sous-section 01 : ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeur des Universités : Mme MULLER-BOLLA Michèle
 Maître de Conférences des Universités : Mme JOSEPH Clara
 Assistant Hospitalier Universitaire : Mme PIERRE Audrey

Sous-section 02 : ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Professeur des Universités : Mme MANIERE-EZVAN Armelle
 Assistante Associée-Praticien Associé : Mme OUEISS Arlette
 Assistant Hospitalier Universitaire : M. BUSSON Florian

Sous-section 03 : PREVENTION, EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE, ODONTOLOGIE LEGALE

Professeur des Universités : Mme LUPI-PEGURIER Laurence
 Assistant Hospitalier Universitaire : Mme SOSTHE Anne Laure
 Assistant Hospitalier Universitaire : Mme BORSA Leslie

57^{ème} section : SCIENCES BIOLOGIQUES, MEDECINE ET CHIRURGIE BUCCALE

Sous-section 01 : PARODONTOLOGIE

Maître de Conférences des Universités : M. CHARBIT Yves
 Maître de Conférences des Universités : Mme VINCENT-BUGNAS Séverine
 Assistant Hospitalier Universitaire : M. BORIE Gwenaél
 Assistant Hospitalier Universitaire : M. RATHELOT Benjamin

Sous-section 02 : CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THERAPEUTIQUE, ANESTHESIE ET REANIMATION

Professeur des Universités Associées : Mme MERIGO Elisabetta
 Maître de Conférences des Universités : M. COCHAIS Patrice
 Maître de Conférences des Universités : M. SAVOLDELLI Charles
 Assistant Hospitalier Universitaire : M. PAUL Adrien

Sous-section 03 : SCIENCES BIOLOGIQUES

Professeur des Universités : Mme PRECHEUR-SABLAYROLLES Isabelle
 Maître de Conférences des Universités : Mme RAYBAUD Hélène
 Maître de Conférences des Universités : Mme VOHA Christine

58^{ème} section : SCIENCES PHYSIQUES ET PHYSIOLOGIQUES ENDODONTIQUES ET PROTHETIQUES

Sous-section 01 : ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE

Professeur des Universités : Mme BERTRAND Marie-France
 Professeur des Universités : M. MEDIONI Etienne
 Professeur Emérite : M. ROCCA Jean-Paul
 Maître de Conférences des Universités : Mme BRULAT-BOUCHARD Nathalie
 Maître de Conférences Associé des Universités : M. CEINOS Romain
 Assistant Hospitalier Universitaire : M. MORKOWSKI-GEMMI Thomas
 Assistant Hospitalier Universitaire : Mme DUVERNEUIL Laura
 Assistant Hospitalier Universitaire : M. GANDJIZADEH GHOUCHANI Mir-Payam

Sous-section 02 : PROTHESES

Professeur des Universités : Mme LASSAUZAY Claire
 Maître de Conférences des Universités : M. ALLARD Yves
 Maître de Conférences des Universités : M. LAPLANCHE Olivier
 Maître de Conférences des Universités : Mme POUYSSEGUR-ROUGIER Valérie
 Assistant Hospitalier Universitaire : Mme CERETTI Léonor
 Assistant Hospitalier Universitaire : M. OUDIN GENDREL Antoine
 Assistant Hospitalier Universitaire : M. SABOT Jean-Guy
 Assistant Hospitalier Universitaire : M. SAMMUT Arnaud

Sous-section 03 : SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

Professeur des Universités : M. BOLLA Marc
 Professeur des Universités : M. MAHLER Patrick
 Maître de Conférences des Universités : Mme EHRMANN Elodie
 Maître de Conférences des Universités : M. LEFORESTIER Eric
 Assistant Hospitalier Universitaire : Mme AZAN Cindy

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Marc BOLLA
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Université Nice Sophia-Antipolis
Professeur des Universités, Praticien Hospitalier
Sous-section Sciences anatomiques et physiologiques

Je vous remercie de m'avoir fait l'honneur de présider mon jury.
J'ai apprécié votre réactivité et la qualité de vos conseils pour la rédaction de cette thèse.
Votre professionnalisme et votre rigueur dans le travail ont été un véritable exemple à suivre pour moi.
Veuillez trouver dans ce travail l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A Madame le Professeur Michèle MULLER-BOLLA
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Université Nice Sophia-Antipolis
Professeur des Universités, Praticien Hospitalier
Sous-section Odontologie pédiatrique

Je vous suis très reconnaissante de vous compter parmi les membres de ce jury.
Vous avez réussi grâce à votre compétence et votre dynamisme à me faire aimer la pédodontie.
Veuillez recevoir mes sincères remerciements et le témoignage de ma profonde considération.

A Madame le Docteur Nathalie BRULAT-BOUCHARD
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Université Nice Sophia-Antipolis
Maitre de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier
Sous-section odontologie conservatrice, endodontie

Je vous remercie d'avoir accepté de m'encadrer et me guider dans l'élaboration de cette thèse.
Je vous suis reconnaissante de votre disponibilité, votre bonne humeur et votre gentillesse tout au long de ce travail, mais aussi en clinique et en TP. Je garderai un excellent souvenir de vous.
En espérant que cette thèse soit à la hauteur de vos attentes, veuillez trouver ici l'expression de tout mon respect et de ma profonde estime.

A Monsieur le Docteur Eric LEFORESTIER
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Université Nice Sophia-Antipolis
Maitre de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier
Sous-section Sciences anatomiques et physiologiques

C'est avec grand plaisir que je vous compte parmi les membres de ce jury.
Je vous remercie de votre bienveillance et de votre aide précieuse en clinique.
Veuillez trouver dans ce travail l'expression de ma considération et de mon profond respect.

TABLE DES MATIERES :

INTRODUCTION	1
I. LES COMPOSITES BULK	3
1. Définition - Classification	4
2. Composition	4
II. PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES	10
A. PROFONDEUR DE POLYMERISATION	11
1. Scraping test	12
2. Microdureté	12
2.1. Microdureté Vickers	13
2.2. Microdureté Knoop	14
2.3. Nanoindentation	15
3. Degré de conversion	16
3.1. Raman	16
3.2. FTIR	17
B. RESISTANCE ET RIGIDITE	20
3. Résistance à la flexion	20
4. Module d'élasticité	22
C. RETRACTION DE PRISE ET STRESS DE POLYMERISATION	24
1. Rétraction de prise (en %)	24
2. Contraintes de polymérisation (en MPa)	26
III. MATERIEL ET METHODES	29
1. Objectifs	30
2. Identification des articles	30
2.1. Mots clés	30
2.2. Recherches électroniques	30
2.3. Recherche manuelle	30
3. Sélections des articles	31
3.1. Critères de sélection	31
3.2. Présélection des articles	31
3.3. Présentation des articles	32
IV. RESULTATS	51
➤ Scraping test	54
➤ Microdureté Vickers	58
➤ Microdureté Knoop	73
➤ Nanoindentation	79
➤ Raman	82
➤ FTIR	87
➤ Résistance à la flexion	95
➤ Modules	101
➤ Rétraction de prise et contraintes de polymérisation	112

V. DISCUSSION	121
1. Matériel :	122
1.1. Echantillons	122
1.1.1. Forme / Dimensions	122
1.1.2. Matériau du moule	122
1.2. Photopolymérisation :	123
1.2.1. Types de lampes et spectres	123
1.2.2. Puissance et intensité	124
1.2.3. Embout (distance, position et diamètre)	125
1.2.4. Temps d'irradiation	125
2. Méthode :	126
2.1. Stockage	126
2.2. Profondeur de polymérisation : Scraping test / Acétone	126
2.3. Knoop / Scraping test	126
2.4. Dureté Vickers / Knoop	127
2.5. Nanoindentation / Microindentation	127
2.6. Degré de conversion RAMAN / FTIR	127
2.7. Flexion 3 points / flexion biaxiale	128
2.8. Les modules	128
2.9. Rétraction de prise et contraintes de polymérisation	128
3. Résultats	129
CONCLUSION	131
REFERENCES	133
ANNEXES	139

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES :

Figure 1 : Spectre en fonction des différents photo-initiateurs / Profondeur de polymérisation de l'Ivocerin de TECBF	5
Figure 2 : Schéma relaxateur de tensions (Ivoclar Vivadent)	5
Figure 3 : Monomère du SDR avec le modulateur de polymérisation en jaune (8)...	6
Figure 4 : Changement de translucidité Avec la technologie Aessencio	6
Figure 5 : Classification des composites bulk-fill selon famille et date d'apparition.	7
Tableau I : Composition des composites Bulk recouvrables et données fabricants (8, 9, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19)	8
Tableau II : Composition des composites Bulk non recouvrables et données fabricants (7, 10, 12, 13, 14, 20, 21)	9
Figure 6 : Schéma indentation Vickers (28)	13
Figure 7 : Indentation Knoop (28)	14
Figure 8 : Schéma Nanoindentation (33)	15
Figure 9 : Schéma d'un microscope confocal Raman (35)	17
Figure 10 : Schéma d'un spectromètre à transformée de Fourier (38)	18
Figure 11 : Flexion 3 points (27)	20
Figure 12 : Test de flexion biaxiale « ball on three ball » (42)	21
Figure 13 : Profil type contrainte-déformation d'un matériau (45)	22
Figure 14 : Formule module d'élasticité – modèle nanoindentation (33)	23
Figure 15 : Schéma méthode des disques collés (49, 9)	25
Figure 16 : Schéma d'un dilatomètre (50)	25
Figure 17 : Schéma d'un extensomètre (52)	25
Figure 18 : Schéma Stress-strain analyser (52)	26
Figure 19 : Méthode de photoélasticité pour mesurer les contraintes de polymérisation (8)	27
Tableau III : Propriétés physico-mécaniques des composites Bulk (données fabricants (7-21))	28
Tableau IV : Résultats de la recherche électronique de 2006 à 2016 (début décembre)	30
Figure 20 : Flow Chart des références	31
Tableau V : Niveaux de preuve et grades des recommandations	32
Tableau VI : Résumé des articles sélectionnés en fonction des propriétés testées	53
Tableau VII : Profondeur de polymérisation (en mm) par « scraping test » et test d'agitation à l'acétone	55-56
Tableau VIII : Résultats Profondeur de polymérisation (en mm)	56
Tableau IX : Microdureté Vickers	59-66
Tableau X : Résultats microdureté Vickers	67-69
Tableau XI : Résultats microdureté Vickers (articles comparant uniquement les composites bulk)	70-71
Tableau XII : Résultats Ratio microdureté Vickers	71
Tableau XIII : Microdureté Knoop	74-75
Tableau XIV : Résultats microdureté Knoop	76
Tableau XV : Résultats Ratio microdureté Knoop	77
Tableau XVI : Nanoindentation	80
Tableau XVII : Résultats nanoindentation	81
Tableau XVIII : Degré de conversion – Raman	83-84
Tableau XIX : Résultats degré de conversion – Raman	85
Tableau XX : Degré de conversion – FTIR	88-91

Tableau XXI : Résultats degré de conversion – FTIR	92-93
Tableau XXII : Résistance à la flexion	96-98
Tableau XXIII : Résultats résistance à la flexion (en MPa)	99
Tableau XXIV : Module de flexion	102-104
Tableau XXV : Module d'élasticité par indentation Vickers	105-106
Tableau XXVI : Module d'élasticité par nanoindentation	107
Tableau XXVII : Module d'élasticité à partir de la rétraction de prise ou du test de compression	108
Tableau XXVIII : Résultats module de flexion (en GPa)	108
Tableau XXIX : Résultats module d'élasticité par indentation Vickers (en GPa) ...	109-110
Tableau XXX : Résultats modules d'élasticité par nanoindentation (en GPa)	110
Tableau XXXI : Modules d'élasticité divers	110
Tableau XXXII : Rétraction de prise et contraintes de polymérisation	113-117
Tableau XXXIII : Résultats rétraction de prise (en %)	118
Tableau XXXIV : Résultats contraintes de polymérisation (en MPa)	119
Tableau XXXV : Type de photo-initiateurs en rapport avec leurs pics d'absorption	123
Tableau XXXVI : Lampes LED en fonction de leurs longueurs d'onde et de l'activation du photo-initiateur Ivocerin	124
Tableau XXXVII : Lampes halogènes en fonction de leurs longueurs d'onde et de l'activation du photo-initiateur Ivocerin	124
Tableau XXXVIII : Variations de l'intensité des embouts en fonction des lampes ..	125
Tableau XXXIX : Variations du diamètre des embouts en fonction des lampes	125
Tableau XXXX : Tableau récapitulatif et comparatif des composites bulk (valeurs tirées de la bibliographie) v/s composites hybrides (valeurs tirées de (5))	129
Tableau XXXXI : Tableau récapitulatif des composites bulk (valeurs de la bibliographie) v/s valeurs fabricants ou attendues).....	130

ABBREVIATIONS :

AFM : Monomère Addition – Fragmentation
A.S.T.M. : American Society for testing Materials
Bis-EMA : Diméthacrylate éthoxylé de bisphénol A
Bis-GMA : Diméthacrylate glycidique de bisphénol A
BHT : Hydroxy-toluène butylé
CQ : Camphoroquinone
DC : Degré de conversion
DDDMA : 1, 12 dodecanediol diméthacrylate
EBPADMA ou EBADMA: Bisphénol A diméthacrylate éthoxylé
FTIR : Infra-rouge à transformée de Fourier
KHN = KH : Knoop hardness number = dureté Knoop
LED : Diode électroluminescente
LVDT : Linear Variable Displacement Transducer
MMA : méthylmethacrylate;
MOD : Mésio-occluso-distal
PMMA : polyméthyl méthacrylate.
PP : Profondeur de polymérisation
PPD : Phénylpropanedione
QTH : Quartz-Tungstène-Halogène
TEGDMA : Triéthylène glycol diméthacrylate
UDMA : Uréthane diméthacrylate = diuréthane
VHN = VH : Vickers hardness number = dureté Vickers

Composites :

SDR : SureFil® SDR flow
VBF : Venus bulk fill
XTB : X-tra base
FBF : Filtek bulk fill flowable
EXP : EvexPosterior / XB : Xenius Base
SF : SonicFill
TECBF : Tetric EvoCeram bulk fill
XTF : X-tra Fil
QXF : QuixFil / QxxP : QuixxPosterior
FBFP : Filtek bulk fill Posterior
Col DCBF : Coltene Dual-cure Bulk fill
Hy : Hyperfil
BBF : Beautifil-Bulk Flowable
BBR : Beautifil-Bulk Restorative
G : Grandio
Gso : GrandioSo
VD : Venus Diamond
S TPH ou S : Spectrum
GDP : Gradia direct posterior
P : Permise
TEC : Tetric EvoCeram
CX+(M5) : CeramXmono+
Sy / Sy-E : Sinfony / Sinfony Enamel
FSup XTE/XT/P/U : Filtek Supreme XTE/XT/Plus/Ultra

FSup : Filtek Supreme,
FSi : Filtek Silorane
Z250 : Filtek Z250
Z350XT : Filtek Z350XT
Z100 : Z100 Restorative
G-aeA : G-aenial anterior
G-aeP : G-aenial Posterior
Al : Alert
T : Adamant
Exp O : Experimental ormocer
CX : CeramX
EsthetX HD (EX-HD) -EsthetX plus (EX-p) -Esthet X (EX)
Adm : Admira
Ad : Adoro
Ara : Arabesk
CgF : Compoglass F
Dy ext: Dyract extra
IT-S : InTen-S
HM : Heliomolar
ChaD : Charisma diamond
PhotoC : Photocore
CMajP : Clearfil Majesty Posterior,
HER C / HER XRV U : Herculite Classic / Herculite XRV Ultra
CI APX : Clearfil APX
N'D : N'Durance
Ka : Kalore
GF : Grandio Flow
GsoF : Grandioso flow,
GsoHF : GrandioSo heavy flow
VDF : Venus Diamond flow,
X-F : X-flow
FSupUF : Filtek Supreme Ultra Flowable
CMajF : Clearfil Majesty Flow
HFO-F : ENAMEL plus HFO Flow
HRI-F : ENAMEL plus Hri Flow
G-aeF / G-aeUF : G-aenial Flo / G-aenial Universal Flow
TECF : Tetric Evo Flow
EstXF : EsthetX Flow
FSup F/PF/XTEF : Filtek Supreme Plus Flow / Filtek Supreme XTE Flowable
ChaF : Charisma flow
FZ350XT F : Filtek Z350XT Flowable
FUF : Filtek Ultimate Flow
EsteFQ : Estelite flow quick
BFP : Beautifil flow plus
VF : Vertise Flow
AdOF : Adhese One F

INTRODUCTION

INTRODUCTION :

Au cours des 50 dernières années, les résines composites ont progressivement pris une place prépondérante en dentisterie restauratrice en technique directe (1). Si au début, les résines composites étaient surtout utilisées dans les secteurs antérieurs, elles sont aujourd'hui de plus en plus utilisées pour les restaurations postérieures. En effet, elles tendent à remplacer progressivement les restaurations à l'amalgame dans un esprit d'économie et de mimétisme tissulaire (2).

Cependant ces matériaux en résine composite microhybrides présentent une rétraction de polymérisation élevée variant de 1,5% à 5% en volume (1). Cette rétraction induit une contrainte de polymérisation important au niveau du joint de collage et peut engendrer des percolations à l'interface dent/adhésif/composite. Afin de diminuer ces contraintes et de garantir une meilleure polymérisation le montage des restaurations en résine composite est très strict et nous impose, une mise en œuvre incréments par incréments de 2mm (3).

Pour des restaurations volumineuses pouvant atteindre 7mm (4), cette technique est chronophage, fastidieuse et augmente le risque d'introduire des polluants aux différentes interfaces (bulles, oxygène, ...).

A la demande des praticiens, les fabricants ont développé des matériaux permettant une simplification des procédures : en 1997, ils ont introduit sur le marché des composites condensables dits « packables » (5), qui furent vite abandonnés montrant des résultats insatisfaisants.

Malgré l'échec de ces composites, les fabricants ont persévéré. Quelques années plus tard, ils ont finalement mis au point des matériaux de restauration pouvant être mis en place en 1 temps : les composites "Bulk Fill" ou composite de "placement en masse".

Ce sont des résines composites d'obturation coronaire qui peuvent être mises en place en une seule couche sur une épaisseur de 4 à 5mm. Ils sont de manipulation plus simple, plus rapide et plus reproductible. Pour concevoir ces composites, les fabricants ont suivi différentes voies, ils ont soit ajouté des photo-initiateurs plus puissants, soit augmenté leur translucidité, soit ajouté des modulateurs de polymérisation.

Ces composites bulk fill doivent répondre au cahier des charges suivant :

- une faible rétraction de polymérisation (contraction exprimée en %) et de faibles contraintes de polymérisation (stress de polymérisation exprimé en MPa) ;
- une profondeur de polymérisation importante qui permet de maintenir des propriétés physiques et mécaniques même dans les zones profondes (résistance à la flexion, module d'élasticité, dureté Vickers, etc.) ;
- une bonne adaptation du matériau aux limites de la cavité ;
- pour les matériaux condensables, une résistance suffisante à l'abrasion ; (6)

Nous nous intéresserons plus particulièrement aux 2 premières exigences.

Dans le cadre de cette thèse, nous commencerons par faire des rappels sur les composites bulk-fill ainsi que sur les propriétés physiques et mécaniques suivantes : la profondeur de polymérisation, la rétraction de prise, le degré de conversion, la microdureté, la résistance à la flexion et le module d'élasticité.

Puis nous vous proposerons à travers une revue de la littérature d'analyser les principales propriétés physiques et mécaniques des composites bulk.

Ce travail a donc pour but de rassembler l'ensemble des données actuelles de la science sur ce sujet afin de les comparer et d'en synthétiser les résultats.

I. LES COMPOSITES BULK

I. Les composites bulk-fill :

1. Définition et Classification :

Les composites bulk-fill peuvent être placés en masse, c'est à dire photopolymérisés sur une épaisseur de 4 à 5mm en 1 seul temps.

Ils sont divisés en 2 grandes catégories :

- **des substituts dentinaires**, indiqués en fond de cavité, qui doivent être recouverts par un composite conventionnel = ce sont les bulk-fill fluides, de faible viscosité et les bulk fibrés :
 - **Surefil® SDR® (Dentsply®)**
 - **Venus Bulk Fill® (Heraeus Kulzer®)**
 - **X-tra Base® (Voco®)**
 - **Filtek Bulk Fill Flow® (3M ESPE®)**
 - **Tetric EvoFlow Bulk Fill (Ivoclar Vivadent®)**
 - **EverX Posterior® (GC®)**
- **des composites condensables, modelables**, de haute viscosité, qui sont utilisés pour des restaurations coronaires en 1 temps (nul besoin d'être recouverts) :
 - **QuixFil® (Dentsply®)**
 - **Tetric EvoCeram Bulk Fill® (Ivoclar Vivadent®)**
 - **X-tra Fil® (Voco®)**
 - **SonicFill® (Kerr Hawe®)**
 - **Filtek Bulk Fill Posterior® (3M ESPE®)**

Les composites bulk-fill apparaissent comme une nouvelle catégorie de matériaux restaurateurs en proposant une simplification de la méthode de restauration directe, tout en conservant des propriétés physiques, mécaniques et chimiques suffisantes.

Afin de réussir ce défi, des modifications dans leur formulation chimique ont été apportées.

2. Composition :

Leur composition de base reste identique à celle des composites conventionnels :

- La phase **organique** (= phase continue ou dispersante), **matrice** résineuse constitue en moyenne 24 à 50% du volume (soit 15 à 40% du poids) du composite. Elle comprend la résine matricielle, les abaisseurs de viscosité, le système de polymérisation et divers additifs. La matrice résineuse joue un rôle de liant.
- La phase **inorganique** est constituée par **les charges** qui renforcent le matériau. Ces charges sont liées à la matrice par l'intermédiaire d'un silane. Elles permettent d'augmenter les propriétés mécaniques des composites. Et de diminuer les contraintes dues à la rétraction de polymérisation.
- Un agent de couplage (5)

C'est l'adjonction de systèmes innovants dans leur composition qui va les différencier des composites conventionnels :

- Une **translucidité accrue** : propriété optique qui facilite le passage de la lumière à travers la résine et fournit ainsi aux zones les plus profondes du composite une intensité lumineuse suffisante lors de la polymérisation, (la teinte et la translucidité du composite affectent la profondeur de polymérisation mais aussi ses propriétés esthétiques).

- L'utilisation de **photo-initiateurs optimisés** et donc plus puissants, l'Ivocérin, contenu dans les composites Tetric Bulk fluide et condensable, possède le coefficient d'absorption le plus élevé (sensibilité et réactivité accrue) par rapport à la camphoroquinone (CQ) et à la Lucirin TPO (TPO). Même avec très peu de lumière, il y a initiation d'une polymérisation suffisante, assurant ainsi une grande profondeur de polymérisation (7).

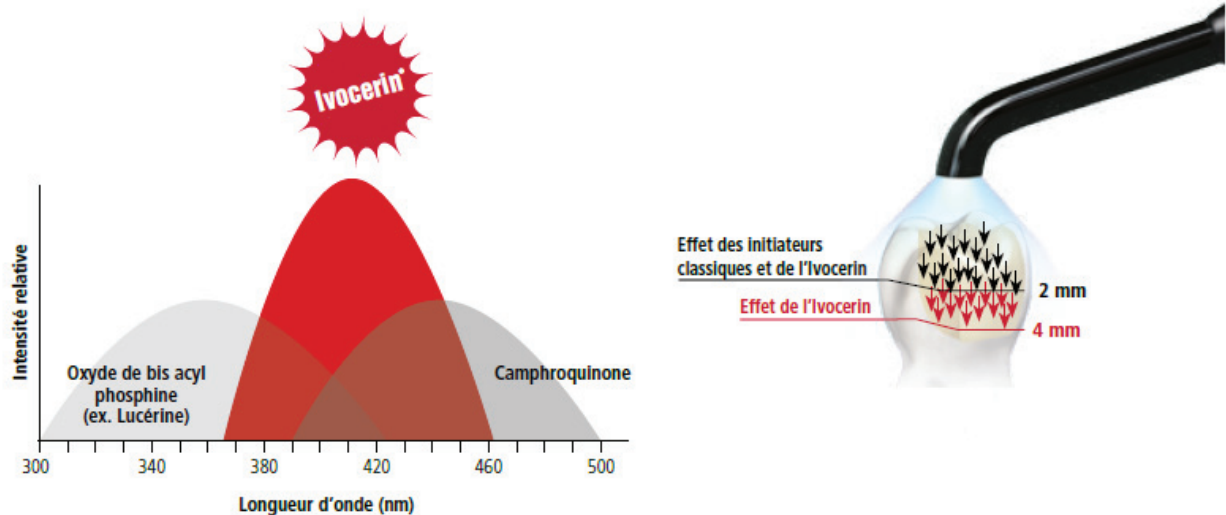


Figure 1 : Spectre en fonction des différents photo-initiateurs / Profondeur de polymérisation de l'Ivocérin de TECBF

- L'intégration dans la résine de «**relaxateurs des tensions de polymérisation**» ou «**modulateurs de polymérisation**», réagissent comme un ressort = ils diminuent les forces de contraction lors de la polymérisation en raison d'une augmentation plus lente du module d'élasticité lors de la polymérisation, sans pour autant influencer négativement la vitesse de polymérisation et le degré de conversion.

En particulier pour :

Les composites Tetric Bulk Fill qui contiennent des charges extensibles réductrices de stress (de module d'élasticité = 10GPa < 71GPa des charges de verre),

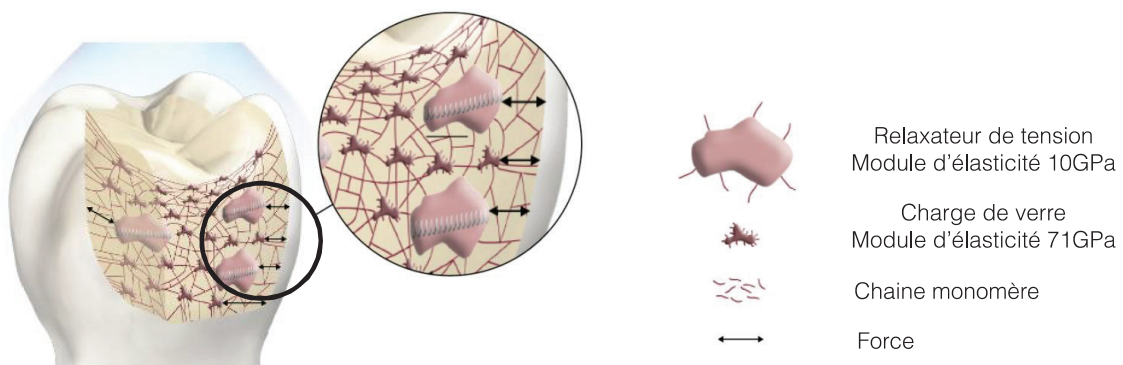


Figure 2 : Schéma relaxateur de tensions (Ivoclar Vivadent (7))

SDR = « Stress Decreasing Resin » contient de l'UDMA modifié de haut poids moléculaire : sa flexibilité dissipe l'énergie et entraîne une faible rétraction de prise 3,5% (8).

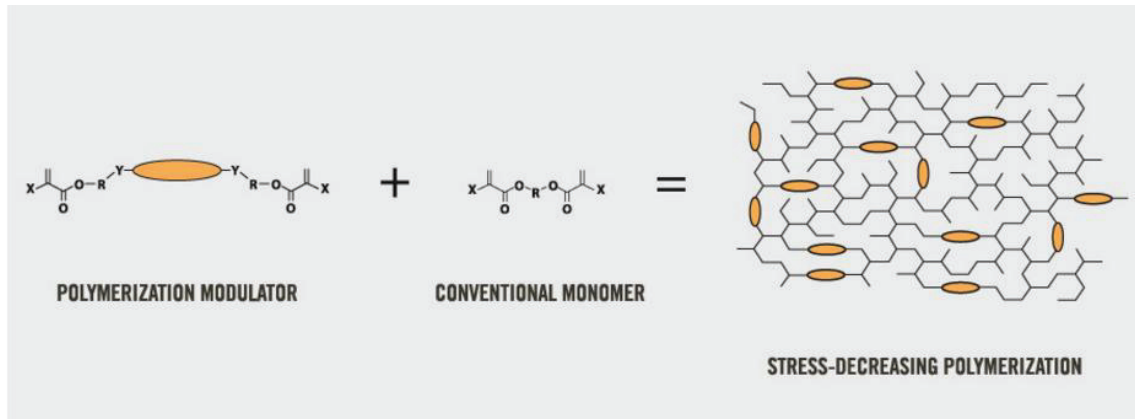


Figure 3 : Monomère du SDR avec le modulateur de polymérisation en jaune (8)

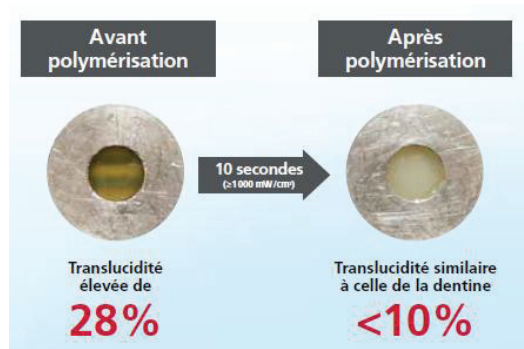
Filtek Bulk Fill Flow est composé d'UDMA Bis EMA procrylate (de poids moléculaire élevé entraîne une diminution de la viscosité et de la rétraction de prise) (9).

Filtek Bulk Fill Posterior est constitué de plusieurs monomères à base de méthacrylate :

- AFM (Monomère Addition – Fragmentation : entraîne un clivage réversible qui diminue les tensions),
- AUDMA (monomère de haut poids moléculaire = diminution de la rétraction de prise),
- DDDMA (monomère de faible viscosité, flexible) (10).

De plus le Tetric EvoFlow Bulk Fill est doté de la technologie Aessencio (donne un aspect naturel, avec une translucidité de 28% qui chute à 10%, proche de celle de la dentine, pendant la photopolymérisation permettant alors de masquer les dyschromies) (11).

Figure 4 : Changement de translucidité Avec la technologie Aessencio (11)



Quant au **SonicFill**, sa faible rétraction de prise revendiquée par son fabricant, est liée à son taux de charges élevé (~85% en poids), qui augmente alors sa viscosité. Cette élévation est temporairement déjouée par une activation ultra-sonique (agent modificateur réactif aux ultrasons contenu dans sa matrice, qui abaisse sa viscosité) (12).

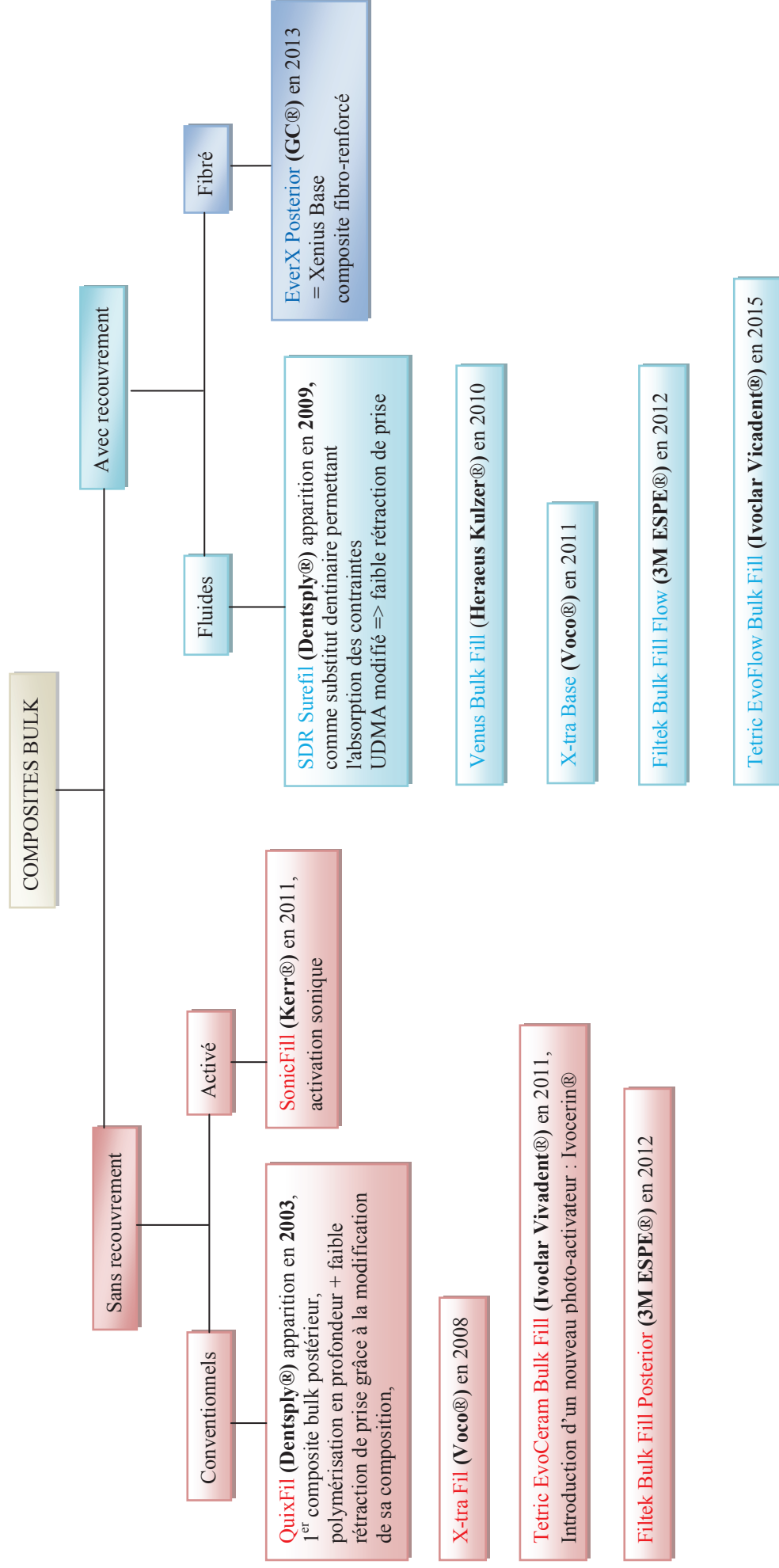


Figure 5 : Classification des composites bulk-fill selon famille et date d'apparition

TABEAU RECAPITULATIF DES COMPOSITES BULK-FILL :

Matériaux	Fabricants	Composition	Teintes / Données fabricants
Venus® bulk fill Viscosité fluide	Heraeus Kulzer®	Sa matrice est composée d'UDMA et EBADMA. Les charges sont une combinaison de verre de silicate de tri-fluorure, dioxyde de silicium et baryum/aluminium/fluor. Avec pour taille de 0,02µm à 5µm, elles représentent 65% du poids (38% du volume).	Teinte : Universelle Incrément : 4 mm max recouvert de 2 mm de composite de surface Polymérisation : 20s > 550mW/cm²
SureFil SDR® Flow Viscosité fluide	Densply®	Il est composé de TEGDMA, EBPADMA et UDMA modifié. Il possède des charges de verre d'alumino-fluoro-borosilicate de baryum et de verre d'alumino-fluoro-silicate de strontium. Elles ont une taille de 4,2µm et représentent 68% du poids (45% du volume).	Teintes : Universelle, A1, A2, A3 Incrément : 4 mm max recouvert de 2 mm de composite de surface Polymérisation : 20s > 500mW/cm² pr U / 40s pr autres teintes. (avec pic λ=470nm)
X-tra base® Viscosité fluide	Voco®	Sa matrice est composée de Bis-EMA, MMA, UDMA. Et a pour charges de la céramique de verre de baryum et de la silice de taille 3,5µm. Les charges représentent 75% du poids (61% du volume).	Teintes : Universelle, A2 Incrément : 4mm recouvert de 2 mm de composite de surface Polymérisation : 10s > 500mW/cm² pr U / 20s à 500-800mW/cm² OU 10s > 800mW/cm² pr A2
Filtek® Bulk Fill Flowable Viscosité fluide	3M®	Sa matrice est composée de Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA et résine procylate. Les charges sont une combinaison de zircone/silice de taille 0,01µm à 3,5µm et d'ytterbium trifluorure de taille 0,1µm à 5µm. Elles représentent 64,5% du poids (42,5% du volume).	Teintes : U, A1, A2, A3 Incrément : 4 mm max recouvert de 2 mm de composite Polymérisation : 10s à 1000-2000 mW/cm² OU 20s à 550-1000mW/cm² pr U / Temps x2 pr autres teintes
Tetric® EvoFlow Bulk Fill Viscosité fluide	Ivoclar Vivadent®	La matrice se compose de diméthacrylates. Les charges comportent du verre de baryum, du trifluorure d'ytterbium et des copolymères. Il contient aussi : additifs, initiateurs, stabilisateurs et pigments. Teneur en charge 68% du poids (46% du volume) de taille moyenne de 5µm.	Teintes : IVA, IVB, IVW Incrément : 4 mm max recouvert de 2 mm de composite Polymérisation : 10s ≥ 1000mW/cm² OU 20s ≥ 600mW/cm²
EverX Posterior Composite fibré	GC®	Composite de remplacement dentinaire renforcé en fibres de verre. Il est composé de Bis-GMA, PMMA, TEGDMA. Il a pour charge du verre de baryum, fibres de verre-E (1-2mm). Les charges et fibres inorganiques représentent 77% du poids (55% du volume).	Teinte : Universelle (Transparent) Incrément : 4mm recouvert de 1-2mm de composite de surface Polymérisation : 10s > 1200mW/cm² OU 20s à 700mW/cm² (pic à 470nm)

Tableau I : Composition des composites Bulk recouvrables et données fabricants
(8, 9, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19)

Matériaux	Fabricants	Composition	Teintes / Données fabricants
SonicFill® Composite nanohybride de haute viscosité – modelable	Kerr®	Sa matrice est composée Ethoxylated bisphénol-A-diméthacrylate, Bisphénol A-bis-(2-hydroxy-3-méthacryloxypropyl) éther, TEGDMA, 3-triméthoxysilylpropyl méthacrylate. Les charges sont une combinaison de verre de silicate, elles représentent 83,5% du poids.	Teinte : Universelle Incrément : 5 mm max Polymérisation : 10s
Tetric® EvoCeram Bulkfill Composite nano- hybride - modelable	Ivoclar Vivadent®	Il présente une matrice de Bis-GMA Bis-EMA et UDMA et a pour charge du verre de baryum, du trifluorure d'ytterbium, d'oxyde mixte et de pré-polymères. Taille des particules de 40nm à 3000nm. Les charges minérales représentent 81% du poids (61% du volume).	Teintes : IVA, IVB, IVW Incrément : 4 mm max Polymérisation : 10s à 1200 mW/cm² (longueur d'onde entre 400 et 500nm)
X-tra fil® Composite hybride de haute viscosité	Voco®	Il est composé d'une matrice d'UDMA, TEGDMA, Bis-GMA et de BTH. Les charges de verre d'alumino-fluoro-borosilicate de baryum (2-3 µm) représentent 86% du poids (70% du volume).	Teinte : Universelle Incrément : 4 mm max Polymérisation : 10s ≥ 800 mW/cm² OU 20s de 500 à 800mW/cm²
QuixFil® Composite haute viscosité - modelable	Densply®	Sa matrice est composée d'UDMA, TEGMA, de résines Di- et Triméthacrylate, BHT, de résine diméthacrylate modifié par acide carboxylique. Il possède aussi un UV stabilisateur de la camphoroquinone de l'éthyle-4-diméthylaminobenzoate. Les charges sont une combinaison de Phosphate-silicate silané au fluorure de strontium, d'aluminium et de sodium, elles représentent 85,5% du poids (66,4% du volume).	Teinte : Universelle Incrément : 4 mm max Polymérisation : 10s à 800 mW/cm² OU 20s de 500 à 800 mW/cm²
Filtek®Bulk Fill Postérieur Composite haute viscosité - modelable	3M®	Sa matrice est composée d'un monomère méthacrylate à haut poids moléculaire appelé AUDMA et d'un autre appelé AFM. Il possède aussi du DDDMA (1, 12 dodecanediol diméthacrylate) et de l'UDMA. Les charges sont une combinaison d'ytterbium trifluorure 100nm, de silice (20nm) et de zircone (4-11nm), elles représentent 77% du poids (59% en vol).	Teintes : A1, A2, A3, B1, C2 Incrément : 4 à 5 mm Polymérisation : 20s à 1000-2000mW/cm² OU 40s à 550-1000mW/cm² (400 à 500nm)

Tableau II : Composition des composites Bulk non recouvrables et données fabricants
(7, 10, 12, 13, 14, 20, 21)

II. PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANQUES

II. PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES :

Les propriétés physiques et mécaniques des matériaux composites sont la résultante des propriétés des deux phases : organique et minérale.

La phase organique continue, servant de liant, a en général tendance à diminuer la valeur des propriétés du matériau. L'augmentation du pourcentage de résine accroît le coefficient d'expansion thermique, la rétraction de prise, l'absorption d'eau et la solubilité. Elle diminue également la résistance mécanique à l'abrasion, à la compression et à la traction.

Tandis que la phase minérale inorganique, constituée de charges variant en taille, nature et pourcentage (poids et volume), conditionne les propriétés physiques et mécaniques du matériau. Plus le pourcentage de charges est élevé plus les propriétés physiques et mécaniques sont favorables : diminution de la rétraction de polymérisation, du coefficient d'expansion thermique, amélioration des propriétés optiques et augmentation de la dureté. Il y a donc intérêt à augmenter le taux de charges par rapport à la phase organique (5, 22).

A. PROFONDEUR DE POLYMERISATION :

La profondeur de polymérisation est généralement décrite comme l'épaisseur d'une résine composite suffisamment durcie, une définition plus complète a été récemment proposée : "l'épaisseur maximale qui doit être utilisée pour chaque incrément successif de résine composite".

Le taux ainsi que le type de charge influencent la profondeur de polymérisation : plus il y a de charges moins la lumière passe à travers le composite ; plus les particules sont opaques moins la lumière est transmise en profondeur. Les pigments ou les photo-initiateurs absorbent la lumière, lorsque les composites sont plus sombres ou opaques la lumière transmise est plus faible il en résulte une moins bonne polymérisation des couches profondes.

Beaucoup d'autres facteurs peuvent influencer la profondeur de polymérisation comme le type et l'intensité de la lampe ou encore le mode de photopolymérisation (23).

L'augmentation de la profondeur de polymérisation est l'une des principales caractéristiques des composites Bulk. L'intérêt majeur des composites Bulk réside dans leur technique de mise en place en un seul temps en couche de 4mm d'épaisseur permettant ainsi une manipulation aisée et rapide. Il est important d'obtenir une irradiance suffisante à travers toute la restauration ; car une polymérisation inadéquate du matériau peut entraîner des effets indésirables tels que la formation de lacunes, une mauvaise adaptation marginale, des caries récidivantes, des réactions pulpaires indésirables et l'échec de la restauration (1).

Il existe 3 méthodes différentes couramment utilisées pour mesurer l'étendue de la polymérisation :

- le **"scraping test"** selon la norme ISO 4049 (24) = **test de grattage**, ou encore **"l'acetone shake test"** = **test d'agitation à l'acétone** qui diffère du "scraping test" par la méthode d'élimination du composite non polymérisé.

- la **microdureté**, méthode indirecte nous permet d'évaluer la profondeur de polymérisation en calculant le rapport (dureté) de la base à la surface des échantillons de résines composites. Des valeurs de dureté élevées sont un indicateur de polymérisation importante. Certains auteurs ont suggéré que les valeurs du rapport de la dureté devaient être de 0,8 à 0,9 pour une polymérisation acceptable des résines composites, soit $\geq 80\%$ (25).

- le **degré de conversion**, la spectroscopie Raman, comme la spectroscopie infrarouge, sont des méthodes vibrationnelles, qui permettent une approche directe du degré de conversion.

1. Scraping test :

✓ Le "Scraping Test"

Cette méthode qui définit l'épaisseur maximale d'incrément de résine composite a été mise en place par l'Organisation internationale de normalisation ISO et officiellement dénommée « ISO 4049; Profondeur de polymérisation » en 1988.

Selon le procédé, la résine composite à tester est insérée dans un moule en acier inoxydable de forme cylindrique, photopolymérisée à partir de la surface supérieure puis sortie du moule. Le composite mou, non polymérisé est ensuite éliminé ("raclé") de la surface inférieure avec une spatule laissant un spécimen cylindrique dur.

Enfin, la profondeur de polymérisation est ensuite définie en divisant par deux la longueur de composite polymérisé résiduel. Il définit l'épaisseur maximale de l'incrément en mm (24).

✓ Test d'agitation à l'Acétone

Est une variante du scraping test par sa méthode d'élimination du composite non polymérisé : qui consiste à placer le cylindre de composite dans une cuve d'acétone pur à 99,9% hermétiquement fermée et de la faire vibrer pendant 15 secondes de sorte que les vibrations enlèvent la partie non polymérisée du composite et laisse l'autre partie polymérisée non endommagée. La taille de l'échantillon est ensuite mesurée et divisée par 2 pour obtenir la profondeur de polymérisation.

2. Microdureté :

La **microdureté** est le coefficient de dureté d'un matériau.

La **dureté** est « la capacité d'un matériau à résister à une déformation plastique » (26), elle est donc définie comme la résistance qu'un corps oppose à une déformation locale (somme de la déformation permanente et de la déformation élastique), sous charge. S'il y résiste bien, il est dit dur, sinon il est dit mou.

La dureté d'un composite est influencée par sa phase organique mais elle est directement liée à son taux de charges (plus le matériau est chargé, plus la dureté est élevée et plus il est difficile à polir). Ceci explique les plus faibles valeurs des composites microchargés et fluides. Les valeurs de dureté des résines composites sont toujours bien inférieures à la dureté de l'émail (240 à 440 VHN) mais aussi à celle de la dentine (50 à 87 VHN).

On retrouve donc dans l'ordre : Email > Dentine > Composites compactables, hybrides > Composites microchargés, Fluides (5).

La dureté est une propriété de surface qui reflète la difficulté de finition et de polissage du matériau. Elle donne une indication sur la résistance du matériau à l'abrasion et sur la profondeur de polymérisation.

La méthode de détermination consiste à faire pénétrer sous une certaine charge un corps déterminé appelé « pénétrateur » dans la substance à étudier et à repérer, après cessation de la charge, la pénétration, la profondeur de l'empreinte. Il existe différents pénétrateurs : par exemple une bille en acier trempé (dureté Brinell) ou une pyramide en diamant (dureté Vickers) (27).

Les mesures d'indentations classiques de dureté se répartissent généralement en deux catégories principales : les tests de macroindentation pour des charges supérieures à 1 kg et des tests de microindentation pour des charges inférieures à 1 kg. Ces derniers sont les plus couramment utilisés dans l'étude de matériaux de restauration dentaire.

La dureté peut être mesurée de plusieurs façons : les duretés Knoop et Vickers étant les plus courantes, mais aussi la dureté de Mohs - la dureté Brinell - la dureté Rockwell B et C (28). Dans ces techniques, l'empreinte est imagée et la dureté est déterminée en divisant la charge appliquée par la surface de l'empreinte restant après la procédure de pénétration. Ces essais fournissent une indication sur la profondeur totale à laquelle le composite est polymérisé et sur la dureté de surface. Pour étudier la dureté d'un matériau, on peut donc utiliser l'indentation Vickers et Knoop. Celles-ci diffèrent par leur indenteur, pyramide en diamant à base carrée pour la première et à base losange pour la seconde (29).

2.1. Microdureté Vickers :

La dureté Vickers, conçue dans les années 1920 par les ingénieurs de la société Vickers en Angleterre, est caractérisée par l'empreinte faite par un indenteur sous une charge donnée pendant un certain temps. La norme de dureté Vickers a été adoptée en 1952 et celle de microdureté, en 1969 (28).

L'indenteur est une **pyramide en diamant à base carrée** dont les faces opposées font un angle de 136° . La charge appliquée est comprise entre 1 et 120 kgf. Le côté de l'empreinte est de l'ordre de 0,5 mm, la mesure s'effectue à l'aide d'un microscope. La profondeur de pénétration est d'environ 1/7 de la longueur de la diagonale (28).

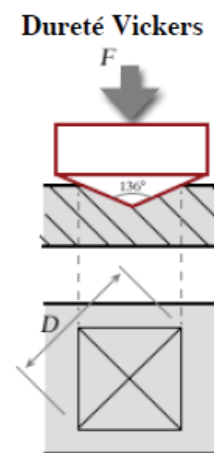


Figure 6 : Schéma indentation Vickers (28)

La dureté universelle est définie comme la force d'essai divisée par la surface apparente de l'empreinte sous la force d'essai appliquée, elle est calculée en Kg/mm^2 à l'aide de la formule suivante :

$$HV = \frac{2F \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} \text{ soit } HV = 1,8544 \frac{F}{d^2}$$

où F est la charge appliquée en kg,
d la diagonale de l'empreinte en millimètres (30).

À partir d'une multiplicité de mesures, un facteur de conversion (0,0945) entre la dureté universelle et la dureté Vickers (HV) est calculé et entré dans un logiciel, afin que les résultats soient indiqués dans des unités de dureté Vickers plus familières.

Ensuite, la dureté de la surface à la base a aussi été calculée dans certains articles sous forme de ratio selon la formule suivante :

$$VHR = \frac{\text{valeur moyenne VHN à la base}}{\text{valeur moyenne VHN à la surface}} \times 100$$

Ce ratio dureté Vickers doit être supérieur à 80% pour que le matériau soit suffisamment polymérisé (31).

2.2. Microdureté Knoop :

La norme de micro-dureté Knoop a été adoptée en 1969.

L'essai de Knoop permet de mesurer la dureté des matériaux fragiles comme la céramique et le verre.

Le pénétrateur en diamant est de forme pyramidale à base rectangulaire avec un angle de $172^{\circ}30'$ entre deux faces opposées et 130° pour les deux autres faces.

Les charges appliquées sont inférieures à 1 kgf.

Le pénétrateur laisse une empreinte dont la taille est comprise entre 0,01 et 0,1 mm ($D = 7d$ et $H = D / 30$).

Les mesures de l'empreinte sont réalisées à l'aide d'un microscope (28).

Dureté Knoop

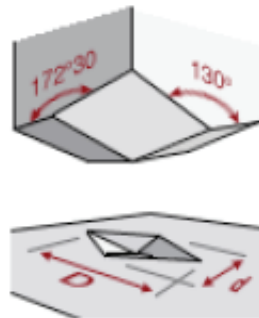


Figure 7 : Indentation Knoop (28)

La dureté Knoop (**HK**) est donnée par la formule suivante :

$$HK = \frac{14,229 F}{D^2}$$

où F est la charge appliquée en kgf et

D^2 l'aire de l'empreinte en mm^2 .

$$\text{KHN} = F/A = P/CL^2$$

avec

F = charge appliquée en kgf

A = l'aire projetée de l'indentation en mm^2

L = la longueur de la diagonale de l'indentation en mm

C = 0,07028 = constante du pénétrateur reliant à l'aire projetée du pénétrateur au carré de la longueur de la diagonale.

Cette méthode est habituellement utilisée et permet de définir la profondeur de polymérisation comme étant la distance entre le haut d'un cylindre de composite polymérisé et le point où la valeur de microdureté est au moins égale à 80 % de la valeur mesurée à la surface supérieure. Il a été démontré que la dureté est corrélée à la polymérisation (une dureté de 80 % de bas en haut égale une conversion carbone de 90 %).

Les matériaux composites doivent obtenir un pourcentage minimum de dureté égal à 80% pour être considérés comme suffisamment polymérisés pour une épaisseur de 4mm. Un pourcentage de 80% sera considéré comme une polymérisation acceptable, et un pourcentage supérieur à 90% représentera une polymérisation efficace (32).

2.3. Nanoindentation :

La nanoindentation est une technique d'indentation instrumentée permettant la détermination des propriétés mécaniques locales des matériaux. Elle peut aussi bien être appliquée aux matériaux massifs qu'aux films minces.

Principe :

La nanoindentation consiste à mesurer la profondeur d'enfoncement d'un indenteur de géométrie connue dans un matériau dans le but d'obtenir ses propriétés élastoplastiques.

La pointe utilisée est une pointe Berkovich (pyramide à base triangulaire).

La force peut être comprise entre 0,3mN et 500mN.

Durant le test d'indentation, un **système d'acquisition** enregistre la force appliquée en fonction de la profondeur de pénétration de la pointe.

Ces deux paramètres sont mesurés en continu lors d'une phase de charge et d'une phase de décharge. Le résultat est une courbe charge-déplacement.

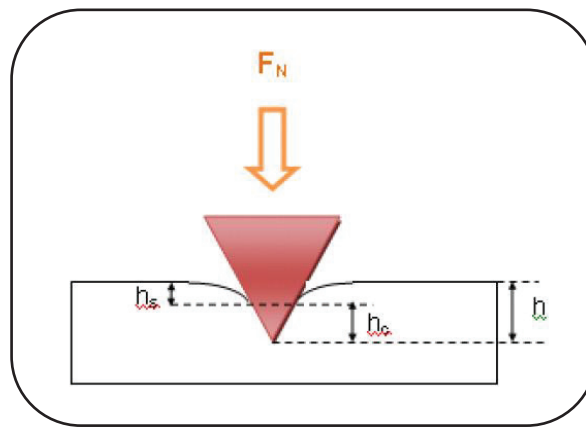


Figure 8 : Schéma Nanoindentation (33)

Une des principales propriétés mesurées est la dureté (H) (selon la norme NF en ISO 14577). Le modèle le plus utilisé, dans le domaine de la nanoindentation, pour le calcul de la dureté est celui développé par Oliver et Pharr (33).

Détermination de la dureté suivant la formule :

$$H = \frac{F_{\max}}{A_c}$$

A_c = aire de contact entre l'indenteur et l'échantillon et définie par la relation : $24,56 \times h_c^2$ pour un indenteur Berkovich.

3. Degré de conversion :

Le degré de conversion (DC) se réfère au pourcentage de doubles liaisons $[C=C]$ qui se convertit en liaisons simples $[C-C]$ lors de la réaction de polymérisation. La conversion n'est pas finie après la photopolymérisation et se poursuit pendant 24 heures (1).

Le DC obtenu n'est jamais de 100% et ne dépasse pas 50 à 60% pour les résines composites photopolymérisables. Le degré de conversion dépend du mode de polymérisation (chémopolymérisation < photopolymérisation < thermopolymérisation) mais aussi de : la nature de la matrice et des charges, la taille des charges, la teinte du composite, la puissance de la source lumineuse, du temps d'irradiation (5).

Les propriétés physiques et mécaniques des composites dentaires sont directement influencées par le degré de conversion. Un degré de conversion trop bas implique des composites avec des propriétés mécaniques inférieures ainsi qu'une dégradation et une décoloration accrues ayant pour résultat une mauvaise résistance à l'usure et une mauvaise stabilité de la teinte (34).

Il existe différentes techniques de mesure telles que : le microscope optique qui peut être utilisé pour détecter des changements dans l'indice de réfraction des résines et évaluer ainsi la profondeur de polymérisation. Ainsi que les méthodes vibrationnelles, la spectroscopie FTIR (infra-rouge à transformée de Fourier), la spectroscopie RT-NIR (real-time near infrared) et la spectroscopie Raman qui permettent une approche directe du degré de conversion (35).

Les articles sélectionnés se servent exclusivement de la spectroscopie Raman et FTIR.

3.1. Spectroscopie Raman :

La **spectroscopie Raman** (ou spectrométrie Raman) est une méthode d'observation et de caractérisation de la composition moléculaire et de la structure d'un matériau.

C'est une technique non destructive qui exploite le phénomène physique selon lequel : un milieu modifie légèrement la fréquence de la lumière qui le traverse. Ce décalage en fréquence dit l'effet Raman correspond à un échange d'énergie entre le rayon lumineux et le milieu, et donne des informations sur le matériau.

La spectroscopie Raman consiste à envoyer une lumière monochromatique sur l'échantillon et à analyser les radiations diffusées par le matériau.

Cette technique est complémentaire de la spectroscopie infrarouge. Les deux permettent d'étudier les modes vibrationnels d'une molécule, mais les règles de sélection pour les deux spectroscopies peuvent être différentes selon la symétrie moléculaire (36).

Le degré de conversion (DC en %) est mesuré en déterminant l'évolution de la concentration des doubles liaisons $C=C$ de la fonction vinylique (correspondant au pic 1640 cm^{-1}) entre l'échantillon non polymérisé et l'échantillon polymérisé. Tandis que la concentration en doubles liaisons $C=C$ d'un groupe aromatique (correspondant au pic 1610 cm^{-1}) est utilisée comme référence (car elles ne participent pas à la réaction). La matrice polymère des composites utilisés dans les applications dentaires possède au moins deux types de monomères diméthacrylates dont au moins un contient deux noyaux aromatiques.

Les spectres Raman sont obtenus par l'intermédiaire d'un microscope confocal Raman, Selon les paramètres suivants :

- La résolution optique (latérale et verticale) en nm.
- La résolution spectrale en cm^{-1} .
- La source d'excitation est un laser (longueur d'onde (nm) et puissance de sortie (mW)).
- Le diamètre du sténopé (trou confocal) ou profondeur de pénétration s'exprime en μm .
- Objectif x avec une ouverture numérique, et une grille du spectromètre réglée en x lignes par millimètres.

Le contrôle du microscope Raman s'effectue à l'aide d'un logiciel dédié.

- Temps et acquisition de x spectres (accumulations). Obtention d'une gamme spectrale (35).

Le degré de conversion est alors calculé grâce à la formule suivante :

$$DC (\text{en } \%) = \left[1 - \frac{(\text{Pic } 1640 \text{ cm}^{-1} / \text{Pic } 1610 \text{ cm}^{-1})_{\text{polymérisé}}}{(\text{Pic } 1640 \text{ cm}^{-1} / \text{Pic } 1610 \text{ cm}^{-1})_{\text{non polymérisé}}} \right] \times 100$$

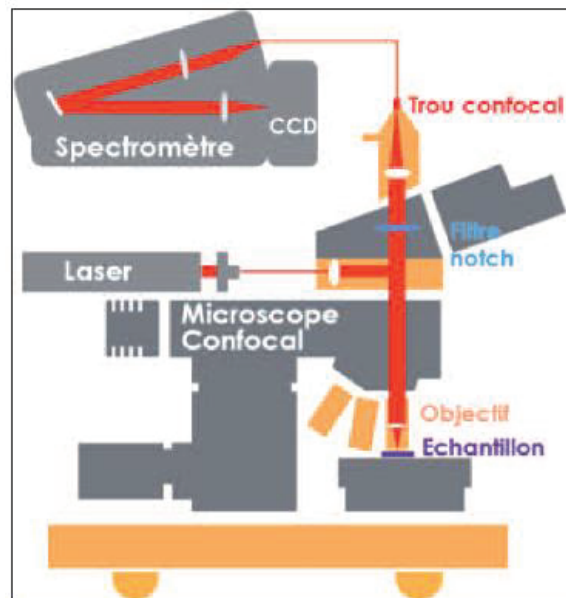


Figure 9 : Schéma d'un microscope confocal Raman (35)

3.2. FTIR :

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) :

La spectroscopie infrarouge (IR) est une méthode d'analyse des fonctions chimiques basée sur l'absorption d'un rayonnement IR par le matériau à analyser.

Elle est basée sur le fait que les molécules absorbent des fréquences qui sont caractéristiques de leur structure. Ces absorptions sont des fréquences résonantes, autrement dit la fréquence de la radiation absorbée correspond à l'énergie de transition de la liaison vibrante. Le spectre IR qui en résulte permet d'identifier les liaisons.

Elle permet donc à travers la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques, d'effectuer l'analyse du matériau.

L'expression « spectroscopie par transformée de Fourier » fait référence au fait qu'il est nécessaire de passer par une transformation de Fourier pour convertir les données brutes en réel résultat spectral (37).

La réflexion totale atténuée (ATR) est considérée comme une des approches la moins destructive pour les matériaux dentaires et nécessite l'utilisation d'un cristal en contact avec l'échantillon.

Test : Un échantillon est placé sur le cristal ATR et irradié avec un rayonnement infrarouge moyen. Le signal réfléti est détecté.

Soit plus précisément : un faisceau lumineux irradie l'échantillon et lorsque la longueur d'onde apportée est proche de l'énergie de vibration de la molécule, cette dernière va absorber le rayonnement ; on enregistrera alors une diminution de l'intensité réfléchi ou transmise. Le domaine infrarouge entre 4000 cm^{-1} et 400 cm^{-1} ($2.5 - 25\text{ }\mu\text{m}$) correspond au domaine d'énergie de vibration des molécules. Mais toutes les vibrations ne donnent pas lieu à une absorption, cela dépendra de la géométrie (symétrie) de la molécule. Pour une géométrie donnée on peut déterminer les modes de vibration actifs en infrarouge grâce à la Théorie des Groupes. La position de ces bandes d'absorption va dépendre en particulier de la différence d'électronégativité des atomes et de leur masse. Par conséquent à un matériau de composition chimique et de structure donnée va correspondre un ensemble de bandes d'absorption caractéristiques permettant d'identifier le matériau.

L'analyse s'effectue à l'aide d'un spectromètre à transformée de Fourier qui envoie sur l'échantillon un rayonnement infrarouge et mesure les longueurs d'onde auxquelles le matériau absorbe et les intensités de l'absorption (38).

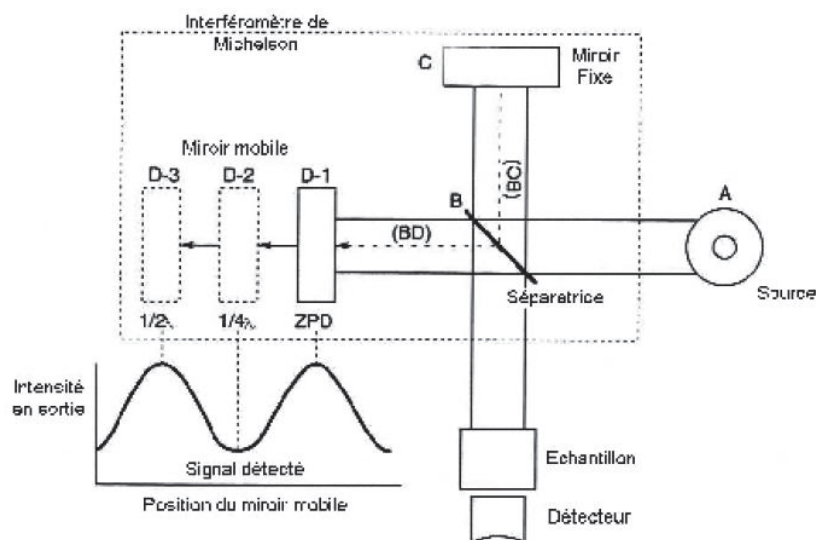


Figure 10 : Schéma d'un spectromètre à transformée de Fourier (38)

L'efficacité de polymérisation des composites de résine a été évaluée en mesurant le degré de conversion (DC) avec des techniques spectroscopiques qui déduisent la quantité de doubles liaisons restantes.

Le DC a été mesuré par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier en utilisant une réflexion totale atténuée (ATR) et en mesurant la variation de hauteur du pic à 1635 cm^{-1} ou 1638 cm^{-1} correspondant à l'absorbance de la double liaison du carbone aliphatique. Ceci est facilité par l'utilisation de l'absorbance des liaisons aromatiques à 1608 cm^{-1} , comme témoin standard, qui n'a pas été affecté par la réaction de polymérisation.

Le pourcentage de degré de conversion pour chaque échantillon a été calculé selon la formule suivante :

$$DC \text{ (en \%)} = \left[1 - \frac{(\text{Pic } 1638 \text{ cm}^{-1} / \text{Pic } 1608 \text{ cm}^{-1})_{\text{polymérisé}}}{(\text{Pic } 1638 \text{ cm}^{-1} / \text{Pic } 1608 \text{ cm}^{-1})_{\text{non polymérisé}}} \right] \times 100$$

Le degré de conversion de différents systèmes de monomères augmente dans l'ordre suivant : Bis-GMA < Bis-EMA < UDMA < TEGDMA.

Au moins pour les couches restauratrices occlusales, des valeurs de DC inférieures à 55% ne sont pas recommandées. Le degré de conversion pour un matériau restaurateur à base de méthacrylate est de l'ordre de 50 à 70%. Un degré de conversion supérieur à 70% pour ces résines n'est pas obtenu en raison de l'incapacité de toutes les molécules à réagir complètement, mais cela n'implique pas une polymérisation inférieure (5).

Un DC au dessus du seuil de 55% est requis pour avoir une résistance à l'usure adéquate au niveau occlusal de la restauration (39, 40).

B RESISTANCE ET RIGIDITE :

D'une manière générale, la flexion désigne l'action de fléchir, de courber, de plier, ou son résultat. La flexion est la déformation d'un objet qui se traduit par une courbure.

Plus particulièrement, en science des matériaux, la flexion est un type de déformation de la matière.

La flexion d'un matériau se définit par la déformation d'une poutre sous l'action de force transversale. L'essai de flexion d'une poutre est un essai mécanique utilisé pour tester la résistance en flexion.

1. Résistance à la flexion :

Flexure strength, traduit par résistance à la flexion, est définie dans l'A.S.T.M. (E 6-65) (American Society for testing Materials) par : « pression ou tension maximale (que la rupture ait lieu par compression ou par tension) dans la fibre extrême d'une poutre chargée jusqu'à rupture ». Une meilleure définition serait : « contrainte de rupture en flexion ». La **résistance à la flexion** indique donc si une restauration peut tolérer une charge occlusale sans rupture.

Un matériau qui présente une grande résistance à la fracture est capable de mieux résister à l'amorçage de fissures et à leur propagation. Par conséquent, les propriétés de ténacité et de résistance à la flexion deviennent des critères importants de la longévité des matériaux dentaires.

Les tests calculant la résistance à la flexion permettent de simuler certaines contraintes occlusales exercées sur les restaurations dans la cavité buccale. Dans les régions postérieures, les composites doivent être les plus résistants possibles pour supporter les forces masticatoires. Dans ces zones, il est indispensable d'utiliser un matériau ayant une résistance à la flexion élevée. Elle varie fortement entre les différentes familles de composites et au sein d'une même famille. En général, les hybrides (non fluides) ont une résistance à la flexion similaire et supérieure aux composites des autres familles. Hybrides (viscosité moyenne ou compactable) > autres composites (5).

□ Le test de flexion transversale est le plus fréquemment utilisé : un échantillon ayant soit une section transversale circulaire ou rectangulaire est plié jusqu'à la rupture à l'aide d'une technique d'essai de flexion trois points. La flexion trois points, essai mécanique classique, est un essai de résistance d'une poutre supportée à chaque bout, sous une charge statique (27).

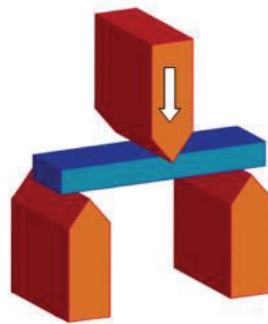


Figure 11 : Flexion 3 points (27)

La résistance à la flexion représente la contrainte la plus élevée dans le matériau connu au moment de sa rupture. Elle est mesurée en termes de stress, ici donnée comme le symbole σ . La résistance à la flexion (σ) est calculée selon la formule suivante (41) :

$$\sigma = \frac{3Fl}{2bh^2}$$

Où F est la charge maximale appliquée (N) avant rupture

l est la longueur de la travée = espacement (20 mm),

b est la largeur des échantillons et h est l'épaisseur des échantillons.

L'essai de résistance à la flexion conduit selon les normes **ISO 4049/2009** (24) :

Vitesse 0,75mm/min

Espacement 20 mm

Indenteur 2mm de diamètre

Echantillon : Taille = 25mm x 2mm x 2mm et Nombre : 5

Moule en Inox ou polyéthylène haute densité

La photopolymérisation doit être réalisée suivant les instructions du fabricant

Après polymérisation placer le moule avec la barrette dans de l'eau à 37°C pendant 15 minutes, puis retirer la barrette avec précaution.

Polissage avec du papier abrasif.

Stockage dans bain à 37°C pendant 24H

□ Il existe aussi les tests de **flexion biaxiale** dont le test de flexion « ball on three ball » (42) :

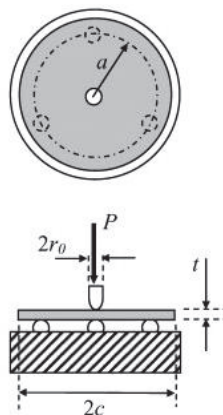


Figure 12 : Test de flexion biaxiale « ball on three ball » (42)

La résistance à la flexion biaxiale (MPa) a été calculée selon la formule suivante :

$$BFS = \frac{P}{h^2} \left[(1 + \nu) \left[0.485 \ln \left(\frac{a}{h} \right) + 0.52 \right] + 0.48 \right]$$

où P = la charge à la fracture en Newtons (N),

a = rayon du support (5 mm),

ν = Poisson's ratio pour les résines composites (0.225) et

h = l'épaisseur de l'échantillon (mm) déterminé au point de fracture mesurée avec : micrometer screw gauge reading to 1 μ m (Mitutoyo, Kawasaki, Japan) (43).

2. Module d'élasticité :

Le **module d'élasticité** nous informe sur le comportement du matériau soumis à des contraintes et caractérise la rigidité du matériau. Il détermine à partir de quelle contrainte le matériau est déformé réversiblement ou irréversiblement (5).

Plus le module d'élasticité est élevé, moins le matériau se déforme sous la contrainte (donc plus il est rigide) mais on a alors un risque de fracture de la dent. Tandis qu'un module d'élasticité faible correspond à un matériau souple ou élastique qui suit les contraintes.

Le module d'élasticité joue, avec le système adhésif, un rôle important dans la prévention de la percolation, les récidives de caries et les discolorations marginales.

Le module d'élasticité est un paramètre clef dans la description du comportement de déformation des matériaux. Le module de flexion est fonction de plusieurs facteurs tels que : le contenu en charges, la chimie et la structure des monomères ainsi que de l'interaction entre matrice et charges.

Le module est fortement lié à la composition en charge des composites : il augmente avec le taux de charges (44). Il est compris entre 3 et 16 GPa.

Aucun composite n'atteint le module d'élasticité de l'émail (82,5 GPa) ou de la dentine (18,5 GPa). En général, les composites fluides et microchargés présentent les modules d'élasticité les plus faibles tandis que les compactables, les hybrides à viscosité moyenne ont des modules d'élasticité similaires et souvent plus élevés. Fluides, Microchargés < Hybrides, compactables (tiré de (5)).

Le module d'élasticité est le rapport entre la contrainte et la déformation :

Module de Young (E) : Facteur de proportionnalité entre la contrainte et la déformation : σ (contrainte) = E x ϵ (déformation).

Il existe différents modules d'élasticité, dépendant du type de contrainte exercée :

- Module de Young E (traction, compression, indentation)
- Module de Flexion (généralement test de flexion 3 points)
- Module de Coulomb G (cisaillement)
- Acquisition du module élastique pendant la polymérisation : analyseur mécanique dynamique

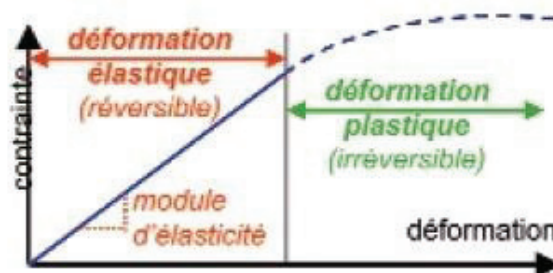


Figure 13 : Profil type contrainte-déformation d'un matériau (45)

- ✓ Le **module de flexion** est déterminé à partir de la tangente de la pente initiale de la courbe charge-déflexion = Le module de flexion (E) a été déterminé en utilisant la pente initiale de la courbe de déplacement de la charge.

Le module de flexion (E_f) est calculé selon la formule suivante (en kg/mm²) (41) :

$$E_f = \frac{SI^3}{4bh^3}$$

S est la rigidité (N/m) $S = F / d$ et d est la déflexion correspondant à la charge F à un point dans la partie linéaire de la trace

I est la longueur de la travée = espacement (en mm),

b est la largeur des échantillons et h est l'épaisseur des échantillons.

- ✓ Le **module d'indentation** comparable au module d'élasticité (**E**) est obtenu à partir de la pente de la tangente de la courbe de la profondeur d'indentation, à la force maximale (46, 47, 48).

- ✓ Le **module élastique** est mesuré (selon la norme ISO 14577) grâce au modèle le plus utilisé en **nanoindentation**, développé par Olivier et Pharr (33).
Détermination du module suivant la formule :

$$S = \frac{\partial F}{\partial h} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot E_r \cdot \sqrt{A_c}$$

$$\frac{1}{E_r} = \frac{1 - \nu_i^2}{E_i} + \frac{1 - \nu^2}{E}$$

$\left\{ \begin{array}{l} E_r = \text{module réduit.} \\ E_i = \text{module de l'indenteur} \\ E = \text{module de l'échantillon} \\ \nu = \text{coefficient de Poisson} \end{array} \right.$

Figure 14 : Formule module d'élasticité – modèle nanoindentation (33)

C RETRACTION DE PRISE ET CONTRAINTE DE POLYMERISATION :

1. La rétraction de prise :

La **rétraction de prise** est liée à la réticulation du matériau lui-même. Elle est également appelée contraction de polymérisation (« shrinkage ») et observable par une réduction du volume du composite (réduction de la distance inter-atomique entre les monomères). Elle se produit pendant et après la polymérisation. En effet, 75% de la polymérisation s'effectue durant les 10 premières minutes et se poursuit pendant 24 heures. **La rétraction de prise se mesure en pourcentage (%)**, et varie de 1,5% à 5% en volume pour les résines méthacrylates (1).

Elle peut entraîner un hiatus à l'interface dent-matériau, avec des risques de coloration marginale et de micro-infiltration, ainsi que des contraintes dans les tissus résiduels. Il est donc important que cette rétraction soit la plus faible possible afin de diminuer les effets néfastes qu'elle engendre.

Inconvénient majeur, elle dépend de la composition chimique de la résine composite, de la fraction volumique des charges et du degré de conversion.

- Les monomères de Bis-GMA et d'UDMA ont un poids moléculaire élevé ce qui entraîne une plus faible rétraction de prise lorsqu'ils sont introduits dans les résines composites, mais une viscosité élevée. Ceci implique l'obligation d'incorporer des diluants comme le TEGDMA de poids moléculaire plus faible qui vont diminuer l'effet bénéfique du Bis-GMA sur la rétraction de prise. Les nouvelles molécules "siloranes" et les composites à base de résine époxy permettent de compenser partiellement la rétraction de prise. TEGDMA > Bis-GMA > UDMA (5).
- Egalement, le taux de charges a des conséquences sur la rétraction de prise : en effet, une augmentation du pourcentage de charges (en volume) engendre une diminution de la rétraction finale. Ceci s'explique par le fait que les charges sont inertes et n'interviennent pas dans la réaction de polymérisation, leur volume reste donc constant.
- De plus, la rétraction de prise est directement liée au degré de conversion : plus le degré de conversion augmente, plus le taux de rétraction finale du composite augmente.
- Enfin, la rétraction de prise sera d'autant plus faible que la quantité polymérisée en une seule fois est faible : il est donc indispensable d'utiliser de petites quantités de résine composite par apports successifs de 2mm lors de l'obturation (technique par incréments). Ainsi, le facteur C est maintenu (rapport du nombre de surfaces collées par rapport aux nombre de surfaces non collées ou libres dans une cavité) aussi bas que possible.

A l'heure actuelle, aussi bien pour toutes les résines composites, le retrait de polymérisation existe toujours. Cependant, il est réduit dans les résines contenant des nanocharges, ces dernières, du fait de leur diamètre encore plus diminué, permettent un remplissage additionnel en charges.

TESTS pour évaluer la rétraction de prise :

Il existe différentes techniques pour mesurer la rétraction de polymérisation des matériaux composites : la méthode des disques collés (= méthode de Watts en 1991), le linomètre, la technique d'Archimède, les jauges d'extensométrie et la dilatométrie.

- La méthode de Watts « bonded-disk » consiste à mesurer la contraction linéaire que subit un échantillon de composite qui est collé dans un disque puis de convertir cette valeur de contraction linéaire en contraction volumétrique (% du volume), à l'aide d'une sonde LVDT (linear variable displacement transducer). Le but principal de cette technique est donc de mesurer la déformation uniaxiale d'un échantillon sous forme de disque en fonction du temps (49).

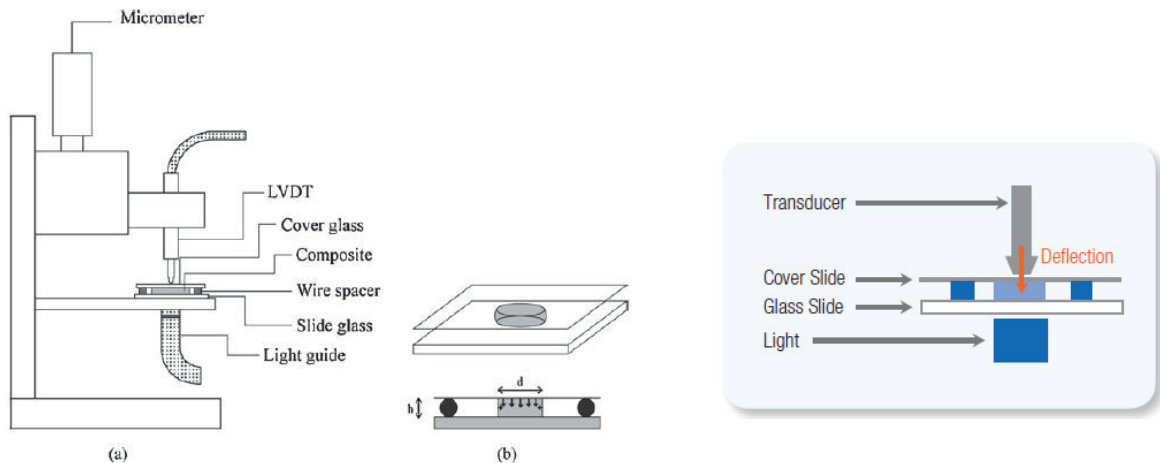


Figure 15 : Schéma méthode des disques collés (49, 9)

- **Linomètre** : variante des disques collés est utilisée pour déterminer la rétraction de polymérisation linéaire, qui est finalement convertie en rétraction volumétrique.
- **La technique d'Archimède** : « flottabilité » réalise une mesure directe de la contraction volumétrique (quantifie un changement de volume en mesurant une variation de densité) et donne ainsi des valeurs qui sont toujours légèrement supérieures à celles obtenues par la technique de Watts.
- **Jauge d'extensométrie (« strain gage »)** traduit la déformation d'un matériau en variation de résistance électrique : la rétraction de prise est mesurée en collant du composite sur la jauge, qui se présente sous la forme d'un film fin (en μm). L'échantillon se contracte pendant la polymérisation, les fils d'extensométrie se raccourcissent, entraînant une diminution de leur résistance, on peut en déduire la déformation relative.
- **Dilatometre** : L'échantillon est plongé dans un liquide non réactif (mercure ou eau), contenu dans une verrerie se prolongeant par un tube capillaire. La sonde LVDT mesure le niveau du liquide dans le capillaire. Une température ambiante constante est nécessaire. (50)

Figure 16 : Schéma d'un dilatomètre (50)

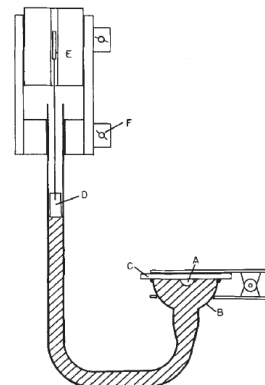


Fig. 1. Schematic diagram of the dilatometer. (A) test specimen; (B) glass joint; (C) quartz plate; (D) PTEE float; (E) LVDT; (F) clamp.

2. Les contraintes de polymérisation :

Il existe des **contraintes de polymérisation ou stress de polymérisation** qui s'exercent à la jonction adhésif/composite, elles **se mesurent en MPa**.

Les contraintes de polymérisation sont générées par la rétraction de prise des composites. Ces tensions se manifestent quand le matériau atteint la phase post-gel et qu'il n'est plus capable de subir la moindre déformation (celle-ci étant possible pendant toute la durée de la phase pré-gel). Par conséquent, à partir de ce moment, la rétraction transmet des contraintes aux tissus dentaires et à l'adhésif.

Le stress de polymérisation est considéré comme le problème principal avec les restaurations actuelles et un facteur important de défaillance des restaurations composites. Car il est capable de déformer les tissus dentaires résiduels (le stress de rétraction est transféré à la structure de dent environnante si le module d'élasticité de la dent est beaucoup plus grand que le composite) ; et de provoquer des sensibilités post-opératoires, l'apparition de microfêlures, des percolations marginales, des défaillances adhésives et des microinfiltrations conduisant à des reprises de carie.

Le stress est dicté par une interaction complexe entre la viscosité de la résine, le retrait volumique, la vitesse de polymérisation, le degré de conversion, le développement du module et l'évolution de la structure du réseau. Un DC élevé engendre un stress élevé.

Les contraintes générées par la rétraction de prise sont liées à la géométrie de la cavité (facteur de configuration), mais aussi aux propriétés intrinsèques du matériau de restauration : rétraction de prise, visco-élasticité et vitesse de polymérisation.

- Facteur C : plus ce dernier est élevé et plus les contraintes sur les parois seront élevées.
- Rétraction de prise : les matériaux contenant une grande quantité de résine méthacrylate sont les matériaux qui se contractent le plus.
- Viscoélasticité : plus le matériau est viscoélastique et mieux il absorbera les contraintes lors de la polymérisation, en se déformant.
- Vitesse de polymérisation du matériau : plus le matériau polymérise vite et moins longtemps il peut encaisser une partie des stress en se déformant. (51).

TESTS pour évaluer les contraintes de polymérisation (stress) :

Plusieurs techniques sont utilisées pour mesurer l'amplitude des contraintes issues de la polymérisation :

- Un **extensomètre** ou capteur d'allongement sert à mesurer une déformation (déplacement), ils utilisent des jauges de déformation ou jauges de contrainte (strain gauge),

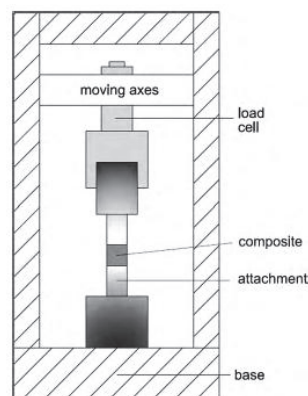


Figure 17 : Schéma d'un extensomètre (52)

- Un analyseur de contrainte-déformation (stress-strain analyser).

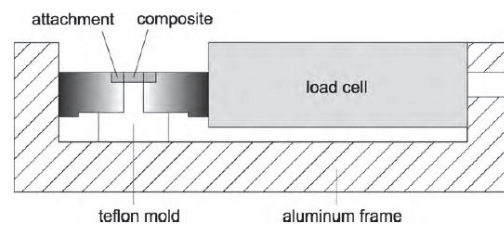


Figure 18 :
Schéma Stress-strain analyser (52)

- La technique du capteur de forces = **technique du tensilomètre**, consiste à placer le composite entre une plaque de verre (solidaire de la base du dispositif) et une plaque métallique. Cette dernière est attachée à un système de poids (capteur de forces). Pendant que le composite est polymérisé par sa base au travers de la plaque de verre, la taille de l'échantillon est maintenue constante. Ainsi, la force nécessaire pour maintenir la taille de l'échantillon constante est mesurée et représente la contrainte de polymérisation.

- La **photoélasticité** permet aussi de mesurer les contraintes de polymérisation : les échantillons de composites sont collés dans des plateaux d'Araldite et polymérisés. Les forces de tension générées par la rétraction de prise du composite dans le plateau d'araldite peuvent alors être visualisées au microscope polarisant comme des anneaux isochromatiques (51).

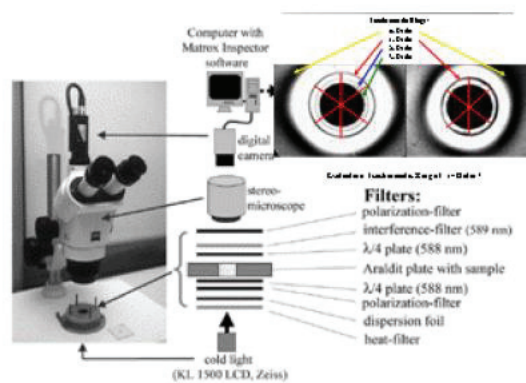


Figure 19 : Méthode de photoélasticité pour mesurer les contraintes de polymérisation (8)

Le système de mesure, et surtout sa compliance, influence les valeurs : les contraintes de polymérisation obtenues avec un montage rigide sont supérieures à celles obtenues avec un montage compliant.

Lien entre la rétraction de prise et les contraintes de polymérisation :

La matrice résineuse est responsable de la rétraction de prise des composites. En effet, la contraction est fonction de la quantité de résine : plus les composites seront chargés et moins ils se contracteront. Toutefois, plus le matériau contient une forte teneur en charges, plus il est rigide (soit moins il est viscoélastique). Mais lors de la polymérisation, les matériaux trop rigides ne peuvent pas (ou peu) se déformer et de plus fortes contraintes sont alors transmises aux tissus dentaires. Les composites fortement chargés génèrent d'importantes contraintes de polymérisation (8).

Pour résumé, plus la matrice résineuse augmente => plus la rétraction de prise augmente, donc plus les charges augmentent et plus la rétraction est faible. Mais plus les charges augmentent => plus la rigidité augmente et plus les contraintes de polymérisation augmentent (soit plus le stress augmente).

Tableau : Propriétés mécaniques et données fabricants :

	Charges en % (poids/vol)	Profondeur de polymérisation en mm	Dureté	DC %	Flexion résistance en MPa	Module en GPa	Rétraction de prise en %	Contraintes de polymérisation en MPa
VBF	65/38	6,2		55 (FTIR)	122	3,6 (Ilie)	4,1	3,4
SDR	68/45	4,1	100/80 (2/4mmKnoop)	60/50 (0/4mmFTIR)	110	5,753	3,5	1,6
XTB	75/61	4	100 (Vickers)		141	9,3	2,54	5,93
FBF (U)	64,5/42,5	4,4 / 4,5	80% (Knoop)	91% (à 4mm en Raman)	126,5	4,658	3,1	1,9
TECBFF	68,2/46,4	4			118	2,8	3,5	1,44
EXP	74,2/53,6	4					2,92	1
SF	83,5/83	5	82/83 (0/5mm Rockwell)	100/99/91 (2/4/6mmFTIR) (Rueggeberg)	185 (Jeffrey) (159 Nguyen)	12,9 (Nguyen)	1,6	3
TECBF	81/61	4	100/83,9 (0/4mmVickers)		120	4,5	1,96	1,13-1,4
XTF	86/70	4	142 (0mmVickers)		145	4	1,7	3,5
QXF	85,5/66,4	4,4	88,1 (Vickers)		115		1,66	3,2/3,9 (T0/T24H)
FBFR	77/59	4,56	64/54 (0/4mmKnoop)		150	10		

Tableau III : Propriétés physico-mécaniques des composites Bulk (données fabricants (7-21))

III. MATERIEL ET METHODES

III. MATERIEL ET METHODES :

1 Objectifs :

Cette revue systématique de la littérature a pour objectif d'évaluer les principales propriétés physico-mécaniques des composites bulk : profondeur de polymérisation, degré de conversion, flexion, microdureté et module d'élasticité.

2 Identification des articles :

2.1 Mots clés :

Les mots clés utilisés pour la recherche électronique sont :

- Bulk fill composite
- Quixfil
- SDR Surefil
- Tetric Evoceram bulk fill
- Venus bulk fill
- X-tra fil
- X-tra base
- Sonicfill
- Filtek bulk fill
- EverX Posterior

2.2 Recherches électroniques :

Elles ont été réalisées à l'aide des moteurs de recherche : Pubmed, Google Scholar, Science Direct Elsevier et sont répertoriées dans le tableau suivant :

	Mots Clés	Nombre d'articles		
		Pubmed	Google Scholar	Science Direct
#1	Bulk fill composite	160	52500	255
#2	Quixfil	36	267	13
#3	SDR Surefil	49	510	22
#4	Tetric Evoceram bulk fill	57	402	30
#5	Venus bulk fill	42	9800	21
#6	X-tra fil	26	355	14
#7	X-tra base	27	4570	51
#8	Sonicfill	37	283	10
#9	Filtek bulk fill	64	1230	38
#10	EverX Posterior	22	17500	10
#11	#2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10	167	90	22
#12	#1 OR #11	227	101	41

Tableau IV : Résultats de la recherche électronique de 2006 à 2016 (début décembre)

2.3 Recherche manuelle :

La liste des références des articles présélectionnés à partir de la recherche électronique a été analysée pour identifier des articles qui auraient échappé à celle-ci.

3 Sélection des articles :

3.1. Critères de sélection :

Nous avons inclus les études « in vitro » ayant pour objectif d'analyser les propriétés des résines composites BULK suivantes :

- la profondeur de polymérisation
- la rétraction de polymérisation
- le degré de conversion
- la microdureté
- la résistance à la flexion
- le module d'élasticité

Nous avons exclu les articles qui n'étudiaient pas les propriétés pré-citées, les thèses et livres, les articles cliniques, les articles ne parlant pas des bulk, ainsi que ceux qui n'étaient pas en français ou en anglais.

3.2. Présélection des articles :

Après élimination des doubles voire triples, et lecture des titres et résumés; 74 articles ont été retenus selon nos critères. La lecture de la liste des références des articles présélectionnés a permis d'identifier manuellement 2 références supplémentaires. Après lecture complète des articles présélectionnés, nous avons retenu 73 références.

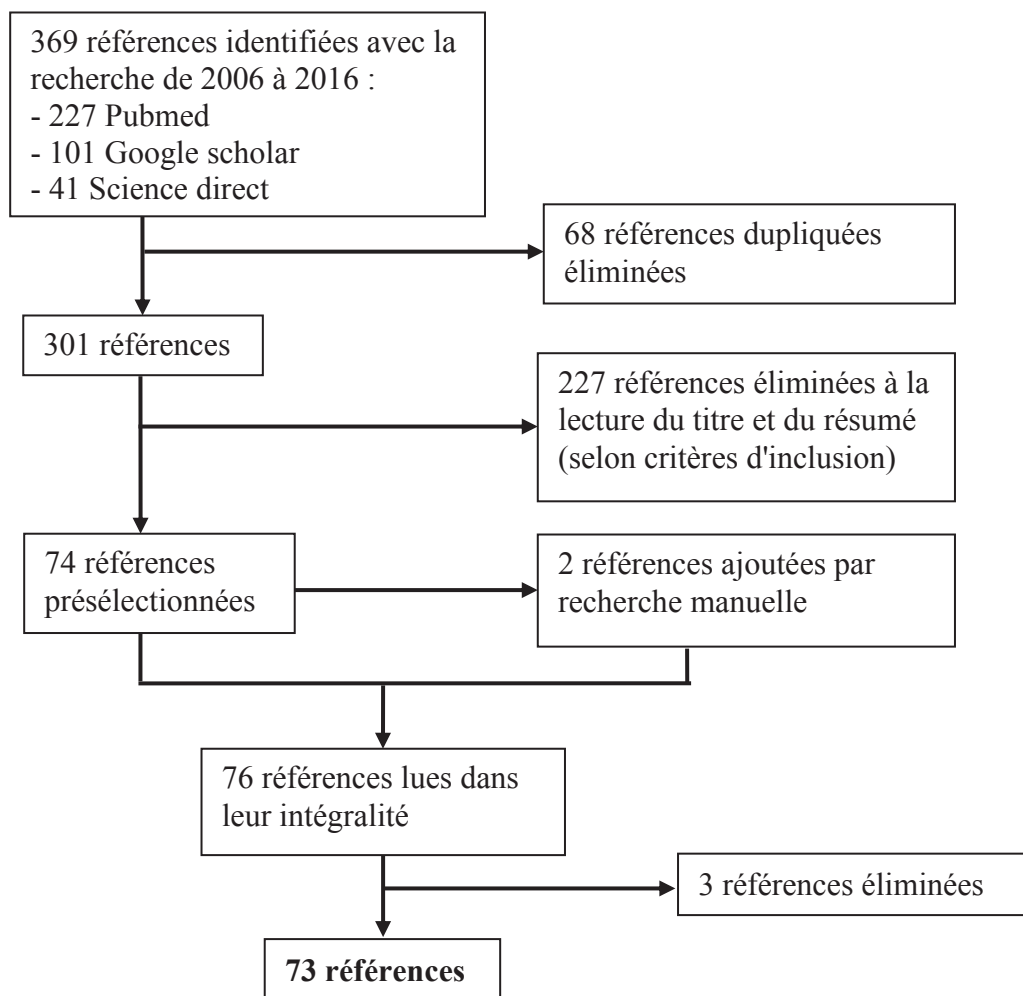


Figure 20 : Flow Chart des références

Niveau	Définition	Grade des recommandations
1	- Essais comparatifs randomisés de forte puissance (effectifs insuffisants) - Méta-analyse d'essais comparatifs randomisés - Analyse de décision basée sur des études bien menées	A (Prouvé) Preuve scientifique établie (données disponibles justifiant une recommandation de niveau élevé)
2	- Essais comparatifs randomisés de faible puissance (effectifs insuffisants) - Etudes comparatives non randomisées bien menées - Etudes de cohortes	Présomption scientifique B (Probable) (données disponibles justifiant une recommandation de niveau intermédiaire)
3	- Etudes cas témoins	Faible niveau de preuve C (Accepté) (données disponibles insuffisantes pour justifier une recommandation)
4	- Etudes comparatives comportant des biais importants - Etudes rétrospectives - Séries de cas	

Tableau V : Niveaux de preuve et grades des recommandations

3.3. Présentation des articles :

Les **73 articles** sélectionnés sont présentés ci-dessous :

Légende :

Rouge = Composites bulk condensables / **Bleu clair** = Composites bulk fluides

Bleu foncé = Composite bulk fibré / **Orange** = Composites bulk dual

Violet = Composites conventionnels / **Rose** = Composites conventionnels fluides

AUTEURS : Y.A. Abed , H.A. Sabry, N.A. Alrobeigy (34)
TITRE : Degree of conversion and surface hardness of bulk-fill composite versus incremental-fill composite = Degré de conversion et dureté de surface des composites bulk par rapport à un composite conventionnel monté en incréments
ANNEE / REF : 2015 - Tanta Dental Journal
OBJECTIF : Evaluer le degré de conversion et la dureté de surface de 2 composites bulk et d'1 composite conventionnel. Le degré de conversion fut déterminé par FTIR , et la microdureté par la dureté Vickers .
MOTS CLES : Bulk-fill composite; X-tra fil; Grandio; QuiXfil; Degree of conversion; Surface microhardness
COMPOSITES : 3 composites = 2 bulk condensables + 1 composite conventionnel : X-tra fil (XTF) , QuiXfil (QXF) , Grandio (G)

AUTEURS : Abouelleil H, Pradelle N, Villat C, Attik N, Colon P, Grosgeat B (53)
TITRE : Comparison of mechanical properties of a new fiber reinforced composite and bulk filling composites = Comparaison des propriétés mécaniques d'un nouveau composite fibro-renforcé et des composites bulk.
ANNEE / REF : 2015 - Restorative Dentistry and Endodontics
OBJECTIF : Evaluer les propriétés physiques et mécaniques d'un composite renforcé en fibre nouvellement développé. Les propriétés mécaniques (résistance à la flexion , module de flexion , résistance à la rupture et dureté Vickers) sont comparées entre un composite renforcé en fibre et d'autres composites bulk.
MOTS CLES : Bulk composite; Fiber composite; Mechanical properties
COMPOSITES : 7 composites bulk = 4 fluides + 3 condensables : EverX Posterior (EXP) , Filtek Bulk Fill flow (FBF) , SonicFill (SF) , SureFil (SDR) , Venus Bulk Fill (VBF) , Tetric evoceram bulk fill (TECBF) , Xtra Base (XTB)

AUTEURS : Khold Al-Ahdal , Nicoleta Ilie, Nick Silikas, David C. Watts (54)
TITRE : Polymerization kinetics and impact of post polymerization on the Degree of Conversion of bulk-fill resin-composite at clinically relevant depth = Cinétique de polymérisation et l'impact post-polymérisation sur le degré de conversion des résines composites bulk à une profondeur cliniquement pertinente
ANNEE / REF : 2015 – Dental Materials
OBJECTIF : Déterminer la corrélation entre le temps et le degré de conversion à 4mm de profondeur pendant 24 heures post-photopolymérisation. Le degré de conversion a été déterminé avec la spectroscopie infrarouge (FTIR-ATR).
MOTS-CLEFS : Bulk-fill, Resin-composite, Degree of conversion, Polymerization kinetics, Depth of cure
COMPOSITES : 2 Giomers et 6 composites bulk = 3 fluides + 3 condensables : x-tra base (XTB) (U) , Venus Bulk Fill (VBF) (U) , Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) (IVA) , Sonic Fill (SF) (A2) , Filtek Bulk Fill (FBF) (U) , EverXPosterior (EXP) (U) , Beautifil-Bulk Flowable (BBF) (Dentin), Beautifil-Bulk Restorative (BBR) (A)

AUTEURS : A. Alrahlah , N. Silikas, D.C. Watts (55)
TITRE : Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites = Profondeur de polymérisation post-photopolymérisation de résines composites bulk.
ANNEE / REF : 2014 – Dental Materials
OBJECTIF : Déterminer la profondeur de polymérisation après photopolymérisation de résines composites bulk en utilisant les profils de dureté Vickers (VHN) .
MOTS-CLEFS : Resin composites, Bulk fill, Depth of cure, Post-cure, Microhardness
COMPOSITES : 5 composites bulk = 3 fluides + 2 condensables : Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) (IVA) , X-tra base (XTB) (Universal) , Venus Bulk Fill (VBF) (Universal) , Filtek Bulk Fill (FBF) (Universal) , SonicFill (SF) (A3)

AUTEURS : Maan M. ALShaafi , Thomas Haenel, Braden Sullivan, Daniel Labrie, Mohammed Q. Alqahtani, Richard B. Price (56)
TITRE : Effect of a broad-spectrum LED curing light on the Knoop microhardness of four posterior resin based composites at 2, 4 and 6-mm depths = Effet d'une lampe LED à large spectre sur la microdureté Knoop de 4 résines composites postérieures mesurée à 2, 4 et 6mm de profondeur.
ANNEE / REF : 2016 – Journal of Dentistry
OBJECTIF : Mesurer la microdureté Knoop à la base de 4 résines composites postérieures bulk.
MOTS-CLEFS : Bulk fill resin based composites, Broad spectrum LED curing light, Knoop microhardness, Depth of cure
COMPOSITES : 4 composites bulk = 3 condensables + 1 fluide : Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) , SureFil SDR flow (SDR) , SonicFill (SF) , x-tra fil (XTF) .

AUTEURS : Ruwaida Z. Alshali , Nick Silikas, Julian D. Satterthwaite (39)
TITRE : Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals = Degré de conversion de composites bulk comparé à des composites conventionnels à 2 intervalles de temps.
ANNEE / REF : 2013 – Dental Materials
OBJECTIF : Etudier le degré de conversion de certains composites bulk comparés à des composites conventionnels fluides ou non en utilisant la spectroscopie FTIR à 2 intervalles de temps : immédiatement après photopolymérisation et 24heures après.
MOTS-CLEFS : Resin composite, Bulk-fill, Degree of conversion, FTIR spectroscopy
COMPOSITES : 8 composites = 4 bulk fluides + 2 conventionnels fluides + 2 composites conventionnels : SureFil SDR (SDR) (U) , Venus bulk-fill (VBF) (U) , x-tra base (XTB) (U) et Filtek Bulk Fill (FBF) (U) , Venus Diamond flow (VDF) (A3) , Grandioso flow (GSoF) (A2) , Venus Diamond (VD) (AM) , Grandioso (GSo) (A3)

AUTEURS : Ruwaida Z. Alshali , Nesreen A. Salim, Julian D. Satterthwaite, Nick Silikas (57)
TITRE : Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites = Développement de la dureté post-photopolymérisation, ramollissement chimique et stabilité thermique des résines composites bulk et conventionnelles.
ANNEE / REF : 2015 – Journal of dentistry
OBJECTIF : Mesurer le ratio de dureté de composites bulk et conventionnels, étudier les changements de dureté après stockage au sec et dans l'éthanol. Le contenu en charge et la cinétique de décomposition thermique ont aussi été testés. Mesure de la microdureté Vickers
MOTS-CLEFS : Bulk-fill, Resin-composite, Microhardness, Post-irradiation, Cross-link density, Thermogravimetric analysis
COMPOSITES : 14 composites = 6 bulk (4 fluides + 2 condensables) + 4 conventionnels fluides + 4 composites conventionnels : SureFil® SDR flow (SDR) , Venus bulk fill (VBF) , X-tra base (XTB) , Filtek bulk fill flowable (FBF) , Tetric EvoCeram bulk fill (TECBF) , SonicFill (SF) , Grandioso flow (GSoF) , Venus Diamond flow (VDF) , X-flow (X-F) , Filtek Supreme XTE (FSupXTE) , Grandioso (GSo) , Venus Diamond (VD) , Spectrum TPH (S TPH) , Filtek Z250 (Z250)

AUTEURS : Hanan Al Sunbul , Nick Silikas, David C. Watts (58)
TITRE : Polymerization shrinkage kinetics and shrinkage-stress in dental resin-composites = Cinétique de rétraction de polymérisation et stress de polymérisation des résines composites.
ANNEE / REF : 2016 – Dental Materials
OBJECTIF : Etudier un ensemble de résines composites et l'effet de leur composition sur la rétraction de polymérisation , les contraintes de retrait, le stress de polymérisation et le module d'élasticité .
MOTS-CLEFS : Resin-composite, Shrinkage-strain, Shrinkage-stress, Strain rate, Modulus of elasticity, Bulk-fill
COMPOSITES : 17 composites = 5 bulk (1 condensable + 1 fibré + 3 fluides) + 7 composites conventionnels + 5 composites fluides Gradia direct posterior (GDP) , G-aenial posterior (G-aeP) , G-aenial anterior (G-aeA) , Venus diamond (VD) , Tetric Evoceram (TEC) , Spectrum TPH (S TPH) , N'Durance (ND) , G-aenial universal flow (G-aeUF) , Filtek supreme XTE (FSupXTE) , Estelite flow quick (EsteFQ) , Beautifil flow plus (BFP) , Grandio SO heavy flow (GSoHF) , Ever X posterior (EVX) , Tetric Evoceram bulk fill (TECBF) , Venus bulk fill (VBF) , Smart dentin replacement (SDR) , X-tra base (XTB)

AUTEURS : Hanan Al Sunbul , Nick Silikas, David C. Watts (59)
TITRE : Surface and bulk properties of dental resin-composites after solvent storage = Propriétés de surface des résines composites bulk après stockage dans solvant
ANNEE / REF : 2016 – Dental Materials
OBJECTIF : Etudier la microdureté (Vickers) de surface et la résistance à la traction de composites bulk et conventionnels après stockage dans des solvants simulant les aliments.
MOTS-CLEFS : Resin-composite, Bulk-fill, Solvents, Micro-hardness, Diametral tensile strength
COMPOSITES : 8 composites = 4 bulk (2 fluides + 1 fibré + 1 condensable) + 3 hybrides conventionnels + 1 fluides conventionnel : Smart Dentin Replacement (SDR) , Venus Bulk Fill (VBF) , Tetric Evoceram (TEC) , Tetric Evoceram Bulk fill (TECBF) , EverX Posterior (EXP) , G-aenial Universal flow (G-aeUF) , G-aenial Anterior (G-aeA) , G-aenial Posterior (G-aeP)

AUTEURS : AR Benetti , C Havndrup-Pedersen, D Honore, MK Pedersen, U Pallesen (60)
TITRE : Bulk-Fill Resin Composites: Polymerization Contraction, Depth of Cure, and Gap Formation = Résines composites bulk : contraction de polymérisation, profondeur de polymérisation
ANNEE / REF : 2015 – Operative Dentistry
OBJECTIF : Comparer la profondeur de polymérisation, la rétraction de polymérisation des résines composites bulk avec une résine composite conventionnelle. La profondeur de polymérisation a été évaluée conformément aux normes ISO 4049 (scraping test) et la rétraction de polymérisation (contraction en %) a été déterminée avec la méthode des disques collés.
MOTS-CLEFS : -
COMPOSITES : 6 composites = 3 bulk fluides + 2 bulk condensables + 1 composite conventionnel : Venus Bulk Fill (VBF) , SDR , x-tra base (XTB) , Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) , SonicFill (SF) , Tetric EvoCeram (TEC)

AUTEURS : Jasmina Bijelic-Donova , Sufyan Garoushi, Pekka K. Vallittu, and Lippo V. J. Lassila (61)
TITRE : Mechanical properties, fracture resistance, and fatigue limits of short fiber reinforced dental composite resin = Propriétés mécaniques, résistance à la fracture et limites de fatigue d'une résine composite renforcée en fibre courtes
ANNEE / REF : 2016 – The Journal of Prosthetic Dentistry
OBJECTIF : Déterminer la résistance à la fracture et les limites de fatigue compressive (CFL) d'une couronne antérieure restaurée en composite renforcé en fibres courtes, d'étudier certaines propriétés mécaniques selon les tests standards et d'observer leur corrélation avec CFL. Etude de la résistance à la flexion et de son module .
MOTS-CLEFS : -
COMPOSITES : 2 composites = 1 bulk fibré + 1 compo conventionnel : everX Posterior (EXP) , G-aenial anterior (G-aeA)

AUTEURS : Jasmina Bijelic-Donova , Sufyan Garoushi, Lippo V.J. Lassila, Filip Keulemans, Pekka K. Vallittu (62)
TITRE : Mechanical and structural characterization of discontinuous fiber-reinforced dental resin composite = Caractéristiques mécaniques et structurelles de résines composites fibro-renforcées.
ANNEE / REF : 2016 – Journal of Dentistry
OBJECTIF : Evaluer plusieurs facteurs liés à la matrice et aux fibres et étudier différentes propriétés mécaniques d'un composite fibro-renforcé avec des composites conventionnels. Etude de la résistance à la flexion et de son module .
MOTS-CLEFS : Short fiber-reinforced composite, Critical fiber length, Volume fraction, Fiber orientation, Toughening mechanism, Aspect ratio
COMPOSITES : 4 composites = 2 bulk (1 fibré + 1 fluide) + 2 composites conventionnels : everX Posterior (EXP) , G-aenial anterior (G-aeA) (microchargé), Filtek Supreme XTE (FSup XTE) (nanochargé), Filtek bulk fill (FBF)

AUTEURS : Stefan Bucuta , Nicoleta Ilie (46)
TITRE : Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites = Transmission de la lumière et propriétés micro-mécaniques des composites bulk vs composites conventionnels
ANNEE / REF : 2014 - Clinical Oral Investigation
OBJECTIF : Quantifier la lumière bleue qui passe à travers les différentes épaisseurs d'incrément des compo bulk en comparaison avec des compo conventionnels, et de le relier aux propriétés mécaniques induites. Etude de la dureté Vickers et du module d'élasticité .
MOTS-CLEFS : Bulk fill resin-based composites, Micro-hardness, Translucency, Micro-mechanical Properties, Irradiance
COMPOSITES : 14 composites = 7 composites bulk (4 fluides + 3 condensables) + 7 compo conventionnels (5 nanohybrides + 2 fluides) : X-tra base (A2) , SDR (U) , Venus bulk fill (U) , Filtek bulk fill (A3) , X-tra fil (U) , SonicFill (A3) , Tetric EvoCeram bulk fill (IVA) , GrandioSo (A3) , Permise (A3) , Tetric EvoCeram (A3) , Venus diamond (A3) , CeramXmono+ (M5) , GrandioSo heavy flow (A2) , Clearfil Majesty Flow (A2)

AUTEURS : Carlos E. Campodonico , Daranee Tantbirojn, Paul S. Olin, Antheunis Versluis (31)
TITRE : Cuspal deflection and depth of cure in resin-based composite restorations filled by using bulk, incremental and transtooth-illumination techniques = Déflexion cuspidienne et profondeur de polymérisation des résines composites mis en place par différentes techniques : bulk, incréments et transtooth-illumination.
ANNEE / REF : 2012 – JADA
OBJECTIF : Les techniques de restauration affectent la rétraction de polymérisation et la profondeur de polymérisation. Les auteurs ont testé la deflection cuspidienne et la profondeur de polymérisation pour 2 composites mis en place par différentes techniques (bulk, incremental, bulk/transtooth illumination). La profondeur de polymérisation est étudiée par microindentation Vickers .
MOTS-CLEFS : Composite; cuspal flexure; cure; bulk; increment; transtooth illumination; hardness.
COMPOSITES : 2 composites = 1 bulk condensable + 1 composite conventionnel : x-tra fil (XTF) , Filtek Supreme Plus (FSupP)

AUTEURS : Pascal Czasch , Nicoleta Ilie (63)
TITRE : In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites = Comparaison in vitro des propriétés mécaniques et du degré de conversion des composites bulk
ANNEE / REF : 2013 – Clinical Oral Investigation
OBJECTIF : Evaluer et comparer le degré de conversion (par FTIR) , ainsi que les propriétés micro-mécaniques (module d'indentation, dureté Vickers) et macromécaniques (résistance à la flexion, module de flexion) de 2 composites bulk récents : Surefil® SDR™flow (SDR) and Venus® bulk fill (VBF) à différents temps d'irradiation.
MOTS-CLEFS : Bulk fill, Composite, Macromechanical Properties, Micromechanical properties, Degree of conversion
COMPOSITES : 2 composites bulk fluides : Surefil® SDR™flow (SDR) , Venus® bulk fill (VBF) .

AUTEURS : Dimitrios Dionysopoulos , Kosmas Tolidis, Paris Gerasimou (64)
TITRE : The Effect of Composition, Temperature and Post-Irradiation Curing of Bulk Fill Resin Composites on Polymerization Efficiency = L'effet de la composition, de la température et de la post-polymérisation des composites bulk sur l'efficacité de polymérisation, à travers la dureté Vickers .
ANNEE / REF : 2016 – Materials Research
OBJECTIF : Evaluer l'efficacité de polymérisation des résines composites bulk et comment leur composition, la température et la post-polymérisation influencent les résultats.
MOTS-CLEFS : Bulk fill resin composites, Resin composite preheating, post-irradiation polymerization, Vickers hardness
COMPOSITES : 2 Giomers et 7 composites = 6 bulk (2 condensables + 3 fluides + 1 fibré) + 1 composite conventionnel : Tetric EvoCeram Bulk fill (TECBF) (IVA) , X-tra fil (XTF) (U) , Everx Posterior (EXP) (U) , Venus Bulk fill (VBF) (U) , X-ta base (XTB) (U) , Filtek Bulk fill (FBF) (U) , Beautifil Bulk Restorative (BBR) (U), Beautifil Bulk Flowable (BBF) (U), Filtek Z550 (FZ550) (A2)

AUTEURS : HM El-Damhoury , JA Platt (65)
TITRE : Polymerization Shrinkage Stress Kinetics and Related Properties of Bulk-fill Resin Composites = Stress de rétraction de polymérisation et propriétés des résines composites bulk liées.
ANNEE / REF : 2013 – Operative Dentistry
OBJECTIF : Etude in vitro qui évalue le stress de polymérisation de 5 résines composites bulk photopolymérisables par rapport à un composite conventionnel micro-hybride, ainsi que quelques propriétés de cette nouvelle classe de composites : résistance à la flexion et module de flexion .
MOTS-CLEFS : -
COMPOSITES : 6 composites = 5 bulk (3 fluides + 2 condensables) + 1 composite conventionnel : Surefil SDR flow (SDR) , Tetric EvoCeram Bulk fill (TECBF) , Venus Bulk Fill (VBF) , x-tra fil (XTF) , Filtek bulk fill (FBF) , Filtek Z250 (Z250)

AUTEURS : S. El-Safty , R. Akhtar, N. Silikas, D.C. Watts (66)
TITRE : Nanomechanical properties of dental resin-composites = Propriétés nanomécaniques des résines composites dentaires.
ANNEE / REF : 2012 – Dental Materials
OBJECTIF : Déterminer par nanoindentation, la dureté et le module d'élasticité de plusieurs composites fluides, bulk et conventionnels (avec variation du poids en charges). La principale hypothèse testée est : pour les résines diméthacrylates, le module d'élasticité et la nanodureté augmentent avec le poids en charge.
MOTS-CLEFS : Nanoindentation, Resin-composites, Elastic modulus, Nanohardness, Filler loading
COMPOSITES : 10 composites = 3 bulk (1 condensable + 2 fluides) + 3 conventionnels fluides + 4 composites conventionnels : GrandioSo Flow (GSoF) , GrandioSo Heavy Flow (GSoHF) , Estelite Flow Quick (EsteFQ) , GrandioSo (GSo) , Venus Diamond (VD) , Filtek Supreme XTE (FSupXTE) , Spectrum TPH3 (S THP) , Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) , X-tra Base (XTB) , SureFil SDR (SDR)

AUTEURS : Frank Engelhardt , Sebastian Hahnel, Verena Preis, Martin Rosentritt (67)
TITRE : Comparison of flowable bulk-fill and flowable resin-based composites: an in vitro analysis = Comparaison de composites bulk fluides et de composites conventionnels fluides : une analyse in vitro
ANNEE / REF : 2015 - Clinical Oral Investigation
OBJECTIF : Les composites bulk fluides sont supposés montrer des améliorations dans la résistance à l'abrasion et la résistance à la rupture par rapport aux composites conventionnels fluides. Tester la tenacité relative à la rupture, l'usure relative de 3 corps, la dureté Vickers , la transition vitreuse (calorimétrie différentielle à balayage) et la fraction de charges (analyse gravimétrique thermique).
MOTS-CLEFS : Flowable, Bulk-fill, Composite, Mechanical properties, DSC, TGA
COMPOSITES : 9 composites = 3 bulk fluides + 5 conventionnels fluides + 1 composite conventionnel : Enamel plus HFO-Flow (HFO-F) , Enamel plus Hri Flow (HRI-F) , G-aenial Flo (G-aeF) , G-aenial Universal Flo (G-aeUF) , Tetric EvoCeram Flow (TECF) , XTB , SDR , VBF , Sinfony Enamel (Sy-E)

AUTEURS : Farahat F , Daneshkazemi AR, Hajiahmadi Z (68)
TITRE : The Effect of Bulk Depth and Irradiation Time on the Surface Hardness and Degree of Cure of Bulk-Fill Composites = Effet de la profondeur et du temps d'irradiation sur la dureté de surface et sur le degré de polymérisation des composites bulk.
ANNEE / REF : 2016 – Journal of Dental Biomaterials
OBJECTIF : Evaluer l'effet du temps d'irradiation et de la profondeur sur le degré de conversion des composites bulk par rapport aux composites conventionnels (en mesurant la dureté Vickers et son ratio).
MOTS-CLEFS : Bulk-fill Composites, Irradiation Time, Microhardness, Degree of Cure
COMPOSITES : 2 composites = 1 bulk condensable + 1 composite conventionnel : Tetric N Ceram Universal (TEC) et Tetric N Ceram Bulk fill (TECBF) en teinte A3

AUTEURS : Leah Finan , William M. Palin, Natalia Moskwa, Emma Louise McGinley, Garry J.P. Fleming (43)
TITRE : The influence of irradiation potential on the degree of conversion and mechanical properties of two bulk-fill flowable RBC base materials = L'influence du potentiel d'irradiation sur le degré de conversion et les propriétés mécaniques de 2 résines composites bulk fluides.
ANNEE / REF : 2013 – Dental Materials
OBJECTIF : Evaluer la profondeur de polymérisation revendiquée de 2 composites bulk fluides : SDR et XTB en utilisant la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) , la force de flexion biaxiale , la dureté Vickers pour des échantillons de 8mm de profondeur (en incréments de 1mm).
MOTS-CLEFS : Bulk-fill flowable, RBC base materials, Fourier transform infrared spectroscopy, Biaxial flexure strength, Vickers hardness number
COMPOSITES : 2 composites bulk fluides : x-tra base , SDR

AUTEURS : Garry J.P. Fleming , Mumtaz Awan, Paul R. Cooper, Alastair J. Sloan (69)
TITRE : The potential of a resin-composite to be cured to a 4mm depth = Le potentiel d'une résine composite qui peut être photopolymérisée sur 4mm.
ANNEE / REF : 2008 – Dental Materials
OBJECTIF : Etudier le potentiel de X-tra Fil composite récemment mis sur le marché, qui revendique une profondeur de polymérisation de 4mm. A travers les propriétés mécaniques suivantes : dureté Vickers , résistance à la flexion .
MOTS-CLEFS : Resin-based composite, Bi-axial flexure strength, Vickers hardness, Water sorption, Water solubility, Diffusion coefficient, Cytotoxicity
COMPOSITES : 3 composites = 1 bulk + 2 conventionnels : Filtek Z250 (FZ250) (A3) , Admira (Adm) (A3) , X-tra Fil (XTF) (A3)

AUTEURS : Simon Flury , Anne Peutzfeldt, Adrian Lussi (70)
TITRE : Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites = Influence de l'épaisseur des incréments sur la microdureté et la résistance au cisaillement de résines composites bulk
ANNEE / REF : 2014 – Dental materials
OBJECTIF : Evaluer l'influence de l'épaisseur des incréments sur la microdureté Vickers et la résistance au cisaillement à la dentine d'un composite conventionnel et de 4 composites bulk.
MOTS-CLEFS : Surface hardness, Depth of cure, Dentin bonding, Light-curing, Posterior restorative
COMPOSITES : 5 composites = 1 composite conventionnel + 4 bulk (2 fluides + 2 condensables) : Filtek Supreme XTE (FSup XTE) , SDR (SDR) , Filtek Bulk Fill (FBF) , x-tra fil (XTF) , Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF)

AUTEURS : Simon Flury , Stefanie Hayoz, Anne Peutzfeldt, Jürg Hüsler, Adrian Lussi (71)
TITRE : Depth of cure of resin composites: Is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials ? = Profondeur de polymérisation des résines composites : la méthode ISO 4049 est-elle adaptée pour les composites bulk ?
ANNEE / REF : 2012 – Dental materials
OBJECTIF : Evaluer si la profondeur de polymérisation déterminée par la méthode ISO 4049 est reflétée fidèlement pour les composites bulk par rapport à la profondeur de polymérisation déterminée par les profils de microdureté Vickers
MOTS-CLEFS : Increment, Light-curing time, Restorative
COMPOSITES : 6 composites = 2 composites conventionnels + 4 composites bulk (2 fluides + 2 condensables) : Filtek Supreme Plus (FSupP) , Filtek Silorane (FSi) , Surefil SDR (SDR) , Venus Bulk Fill (VBF) , Quixfil (QXF) , Tetric Evo-Ceram Bulk Fill (TECBF)

AUTEURS : Bruna Marin Fronza , Frederick Allen Rueggeberg, Roberto Ruggiero Braga, Borys Mogilevych, Luis Eduardo Silva Soares, Airtton Abrahão Martin, Gláucia Ambrosano, Marcelo Giannini (72)
TITRE : Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites = Conversion de monomères, microdureté, adaptation marginale interne et stress de rétraction des composites bulk
ANNEE / REF : 2015 – Dental Materials
OBJECTIF : Evaluer le degré de conversion (RAMAN) , la microdureté Knoop , l'adaptation marginale interne et le stress de rétraction de polymérisation (MPa) d'un composite conventionnel et de 4 composites bulk.
MOTS-CLEFS : Composite resin, Dental restoration, Methacrylate, Polymerization, Hardness, Stress, Gap formation
COMPOSITES : 5 composites = 4 bulk (1 condensable + 1 fibré + 2 fluides) + 1 composite conventionnel: Herculite Classic—HER (A2) , Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) (IVA) , EverX Posterior (EXP) (U) , Surefil SDR (SDR) (U) , Filtek Bulk Fill (FBF) (A2)

AUTEURS : D Garcia , P Yaman, J Dennison, GF Neiva (73)
TITRE : Polymerization Shrinkage and Depth of Cure of Bulk Fill Flowable Composite Resins = Rétraction de polymérisation et profondeur de polymérisation des résines composites bulk fluides
ANNEE / REF : 2014 – Operative Dentistry
OBJECTIF : Evaluer la rétraction de polymérisation et la profondeur de polymérisation de 2 composites bulk fluides, d'1 composite nanohybride modifié en consistance fluide et 1 composite standard fluide en comparant la méthode de « grattage » et le test de dureté Knoop .
MOTS-CLEFS : -
COMPOSITES : 4 composites = 3 bulk (1 condensable + 2 fluides) + 1 conventionnel fluide : Venus Bulk Fill (VBF) , SureFil SDR flow (SDR) , SonicFill (SF) , Filtek Supreme Ultra Flowable (FSupUF)

AUTEURS : Sufyan Garoushi , Eija Säilynoja, Pekka K. Vallittu, Lippo Lassila (74)
TITRE : Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite = Propriétés physiques et profondeur de polymérisation d'un nouveau composite renforcé en fibres courtes
ANNEE / REF : 2013 – Dental Materials
OBJECTIF : Déterminer les propriétés physiques (Flexion (module et résistance) et rétraction de polymérisation) et la profondeur de polymérisation (scraping test) d'un nouveau composite renforcé en fibres courtes destiné aux larges restaurations postérieures (everX Posterior) par rapport à différents composites postérieurs (Alert, TetricEvoCeram Bulk Fill, Voco X-tra base, SDR, Venus Bulk Fill, SonicFill, Filtek Bulk Fill, Filtek Superme, and Filtek Z250). La longueur des fibres de Xenius base a été comparée à celle du composite Alert.
MOTS-CLEFS : Short fiber composite, Physical properties, Depth of cure
COMPOSITES : 10 composites = 7 bulk (4 fluides + 3 condensables) + 3 composites conventionnels : everX Posterior (EXP), Alert (Al), TetricEvoCeram Bulk Fill (TECBF), X-tra base (XTB), SDR (SDR), Venus Bulk Fill (VBF), SonicFill (SF), Filtek Bulk Fill (FBF), Filtek Superme (FSup), Filtek Z250 (Z250)

AUTEURS : Sufyan Garoushi , Pekka Vallittu, Akikazu Shinya, Lippo Lassila (75)
TITRE : Influence of increment thickness on light transmission, degree of conversion and micro hardness of bulk fill composites = Influence de l'épaisseur des incréments sur la transmission de la lumière, le degré de conversion et la microdureté des composites bulk
ANNEE / REF : 2016 -
OBJECTIF : Evaluer les caractéristiques de la transmission de la lumière, le degré de conversion des monomères (FTIR) et la microdureté de surface (Vickers) de composites bulk et d'un composite fibro-renforcé à travers différentes épaisseurs d'incrément.
MOTS-CLEFS : Bulk fill composite, Fiber-reinforced composite, Depth of cure, Micro hardness, Light Transmission
COMPOSITES : 11 composites = 7 bulk (3 fluides + 1 fibré + 3 condensables) + 3 composites conventionnels + 1 conventionnel fluide : x-tra fil, Venus bulk fill, Filtek Supreme, G-aenial anterior, G-aenial universal flow, Tetric EvoCeram Bulk fill, SDR, Filtek Bulk Fill, Alert, SonicFill, everX Posterior

AUTEURS : Cecilia Goracci , Milena Cadenaro, Luca Fontanive, Giuseppe Giangrosso, Jelena Juloski, Alessandro Vichi, Marco Ferrari (40)
TITRE : Polymerization efficiency and flexural strength of low-stress restorative composites = Efficacité de polymérisation et résistance à la flexion de composites de faible contrainte.
ANNEE / REF : 2014 – Dental Materials
OBJECTIF : Evaluer la profondeur de polymérisation (acetone shake test) , le degré de conversion (FTIR) , la résistance à la flexion de plusieurs résines composites avec de faibles contraintes de rétraction.
MOTS-CLEFS : Bulk-fill, Flexural strength, Low-stress, Polymerization, Resin composite
COMPOSITES : 5 composites = 3 bulk (2 condensables + 1 fluide) + 2 composites conventionnels : SonicFill (SF), SureFil® SDR (SDR), everX Posterior (EXP), Kalore (Ka), Filtek Silorane (FSi).

AUTEURS : Yongwen Guo , Forrest A. Landis, Zhengzhi Wang, Ding Bai, Li Jiang, Martin Y.M. Chiang (76)
TITRE : Polymerization stress evolution of a bulk-fill flowable composite under different compliances = Evolution du stress de polymérisation d'un composite bulk fluide sous différents paramètres
ANNEE / REF : 2016 – Dental Materials
OBJECTIF : Utiliser un instrument à dureté variable pour mesurer et comparer l'évolution du stress de polymérisation , le degré de conversion et l'exothermie d'un composite bulk fluide par rapport à un composite conventionnel.
MOTS-CLEFS : Bulk-fill flowable composite, Polymerization stress, Exotherm, Degree of conversion, Compliance
COMPOSITES : 2 composites = 1 bulk fluide + 1 composite conventionnel : Filtek Bulk-fill (FBF), Filtek Z250 (Z250)

AUTEURS : S Hahnel , A Henrich, R Bürgers, G Handel, M Rosentritt (77)
TITRE : Investigation of Mechanical Properties of Modern Dental Composites After Artificial Aging for One Year = Evaluation des propriétés mécaniques d'un composite moderne après vieillissement artificiel pendant 1 an
ANNEE / REF : 2010 - Operative Dentistry
OBJECTIF : Etude in vitro qui évalue le vieillissement des composites concernant la rugosité de surface, la dureté Vickers et la résistance à la flexion ; expliquer l'impact des paramètres du vieillissement artificiel.
MOTS-CLEFS : -
COMPOSITES : 5 composites = 1 bulk condensable + 4 composites conventionnels : Filtek Supreme XT (FSup XT), Filtek Silorane (FSi), CeramX (CX), Quixfil (QXF), experimental ormocer (exp O)

AUTEURS : Sebastian Hahnel , Sabine Schultz, Christina Trempler, Bastian Ach, Gerhard Handel, Martin Rosentritt (78)
TITRE : Two-body wear of dental restorative materials = Usure de 2 corps de matériaux restaurateurs dentaires
ANNEE / REF : 2011 – Journal of the mechanical behavior of biomedical materials
OBJECTIF : Déterminer la résistance à l'usure de 2 corps des matériaux composites modernes et la dureté Vickers .
MOTS-CLEFS : Two-body wear, Hardness, Filler content, Composite, Silorane, Ormocer
COMPOSITES : 14 composites = 1 bulk condensable + 13 composites conventionnels : Sinfony (Sy), Admira (Ad), Arabesk (Ara), Compoglass F (CgF), Dyract extra (Dy ext), Esthet X (EstX), Filtek Silorane (FSi), Filtek Supreme (FSup), Filtek Z250 (Z250), Grandio (G), Heliomolar (HM), In Ten-S (IT-S), QuixFil (QXF), Spectrum (S TPH), Tetric Ceram (TEC)

AUTEURS : Seung-Hoon Han , Alireza Sadr, Junji Tagami, Sung-Ho Park (79)
TITRE : Internal adaptation of resin composites at two configurations : Influence of polymerization shrinkage and stress = Influence de la rétraction de polymérisation et du stress de polymérisation.
ANNEE / REF : 2016 – Dental Materials
OBJECTIF : Comparer l'adaptation marginale des composites de différents facteur C et examiner le lien entre l'adaptation marginale et les paramètres liés à la contraction de polymérisation (rétraction et stress) .
MOTS-CLEFS : Internal adaptation, Composite resin, C-factor, Polymerization shrinkage, Polymerization stress, Compliance, Correlation, SS-OCT, Optical coherence tomography
COMPOSITES : 5 composites = 2 bulk (1 condensable + 1 fluide) + 3 composites conventionnels : Filtek Supreme (FSup), Charisma Diamond (ChAD), Amelogen Plus (AmP), Tetric N-Ceram bulk fill (TECBF), Venus bulk fill (VBF)

AUTEURS : N Ilie , S Bucuta, M Draenert (47)
TITRE : Bulk-fill Resin-based Composites: An In Vitro Assessment of Their Mechanical Performance = Résines composites bulk fill : une évaluation in vitro de leurs performances mécaniques
ANNEE / REF : 2013 – Operative Dentistry
OBJECTIF : Evaluer les performances mécaniques de 7 composites bulk en déterminant leur résistance à la flexion, module de flexion, module d'indentation, dureté Vickers et fluage.
MOTS-CLEFS : -
COMPOSITES : 7 composites bulk = 4 fluides + 3 condensables : Venus Bulk Fill (VBF), SureFil SDR flow (SDR), x-tra base (XTB), x-tra fil (XTF), Filtek Bulk Fill (FBF), SonicFill (SF), Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF).

AUTEURS : Nicoleta Ilie , Andreas Keßler, Jorgen Durner (48)
TITRE : Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites = Influence de différents processus de photopolymérisation sur les propriétés mécaniques et cinétique de polymérisation de composites bulk.
ANNEE / REF : 2013 – Journal of Dentistry
OBJECTIF : Evaluer l'effet de la photopolymérisation (temps et distance de l'embout) sur les propriétés micromécaniques (dureté Vickers, profondeur de polymérisation, module d'indentation) et la cinétique de polymérisation (degré de conversion = FTIR) de 2 composites bulk à différentes profondeurs.
MOTS-CLEFS : Bulk-fill resin based composites, Irradiance, Hardness, Modulus of elasticity, Polymerisation kinetic
COMPOSITES : 2 composites bulk = 1 condensable + 1 fluide : Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) , x-tra base (XTB)

AUTEURS : Nicoleta Ilie , Katharina Stark (80)
TITRE : Curing behaviour of high-viscosity bulk-fill composites = Comportement de photopolymérisation des composites bulk de haute viscosité
ANNEE / REF : 2014 – Journal of Dentistry
OBJECTIF : Evaluer l'effet des conditions de photopolymérisation : temps d'exposition, mode, densité d'énergie et distance de l'embout, sur les propriétés mécaniques (dureté Vickers, profondeur de polymérisation et module d'indentation) de composites bulk de haute viscosité, à différentes profondeurs.
MOTS-CLEFS : Bulk-fill resin-based composites, Irradiance, Energy density, Hardness, Modulus of elasticity
COMPOSITES : 3 composites bulk condensables : Tetric EvoCeram Bulk fill (TECBF) , x-tra fil (XTF) , Sonicfill (SF)

AUTEURS : Nicoleta Ilie , Katharina Stark (81)
TITRE : Effect of different curing protocols on the mechanical properties of low-viscosity bulk-fill composites = Effet de différents protocoles de photopolymérisation sur les propriétés mécaniques de composites de faible viscosité
ANNEE / REF : 2015 – Clinical Oral Investigation
OBJECTIF : Evaluer l'impact des conditions de photopolymérisation : temps d'exposition, mode, énergie, et distance, sur l'efficacité de la polymérisation de composites bulk fluides à différentes profondeurs. Evaluer les propriétés micro-mécaniques (dureté Vickers (HV) et module d'indentation (E)).
MOTS-CLEFS : Bulk-fill resin-based composites, Irradiance, Energy density, Hardness, Modulus of elasticity
COMPOSITES : 4 composites bulk fluides : Filtek Bulk Fill (FBF) , SDR (SDR) , Venus Bulk fill (VBF) , x-tra base (XTB)

AUTEURS : Nicoleta Ilie , Reinhard Hickel (82)
TITRE : Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR technology = Recherches sur un composite fluide à base de méthacrylate fondé sur la technologie SDR
ANNEE / REF : 2011 – Dental Materials
OBJECTIF : Analyser le comportement de rétraction de polymérisation d'un composite innovant qui prétend contrôler la cinétique de polymérisation par l'incorporation de groupes photoactifs dans la résine. Evaluer les propriétés micro-mécaniques (dureté Vickers, module d'élasticité, fluage).
MOTS-CLEFS : Shrinkage, Composite, Micro-mechanical properties
COMPOSITES : 6 composites = 1 bulk fluide + 3 composites conventionnels + 2 conventionnels fluides : EXp , FSupP , FS , EXF , FSupPF , Experimental Flow = SDR

AUTEURS : Nicoleta Ilie , Garry J.P. Fleming (83)
TITRE : In vitro comparison of polymerisation kinetics and the micro-mechanical properties of low and high viscosity giomers and RBC materials = Comparaison in vitro de la cinétique de polymérisation et des propriétés micromécaniques de résines composites et de Giomers
ANNEE / REF : 2015 – Journal of Dentistry
OBJECTIF : Evaluer la cinétique de polymérisation et les propriétés micromécaniques (dureté Vickers, profondeur de polymérisation et module d'indentation) de 2 Giomers bulk par rapport à 2 composites bulk.
MOTS-CLEFS : Bulk fill, Giomers, Resin based composite, Hardness, Modulus of elasticity, Polymerisation kinetics
COMPOSITES : 2 Giomers et 2 composites bulk (1 condensable + 1 fluide) : Beautifil Bulk Flow, Surefil SDR flow , Beautifil Bulk restorative, Tetric EvoCeram Bulk fill

AUTEURS : Yaser Issa , David C. Watts, Daniel Boyd, Richard B. Price (84)
TITRE : Effect of curing light emission spectrum on the nanohardness and elastic modulus of two bulk-fillresin composites = Effets de l'émission d'un spectre lumineux sur la nanodureté et le module élastique de 2 composites bulk
ANNEE / REF : 2016 – Dental Materials
OBJECTIF : Déterminer la nanodureté et le module élastique de 2 composites bulk en augmentant la profondeur (par rapport à la surface) et la distance latérale (par rapport au centre) après photopolymérisation.
MOTS-CLEFS : Resin based composite, Bulk fill, Light curing unit, Light emitting diode, Photopolymerization, Nano-indentation, Nanohardness, Elastic modulus, Emission spectrum
COMPOSITES : 2 composites bulk = 1 condensable + 1 fluide : Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) , Filtek Bulk Fill Flowable (FBF)

AUTEURS : J-H Jang , S-H Park, I-N Hwang (85)
TITRE : Polymerization Shrinkage and Depth of Cure of Bulk-Fill Resin Composites and Highly Filled Flowable Resin = Rétraction de polymérisation et profondeur de polymérisation de résines composites bulk et de composites fluides hautement chargé
ANNEE / REF : 2015 – Operative Dentistry
OBJECTIF : Evaluer le comportement de polymérisation (rétraction et stress de polymérisation) et la profondeur de polymérisation (dureté Vickers) de composites postérieurs récents : fluides hautement chargés et composites bulk.
MOTS-CLEFS : -
COMPOSITES : 6 composites = 3 bulk (2 fluides + 1 condensable) + 1 fluide hautement chargé + 2 composites conventionnels : G-aenial Universal Flo (G-aeUF) , Surefil SDR Flow (SDR) , Venus Bulkfill (VBF) , Tetric N-Ceram Bulk fill (TECBF) , Tetric Flow (TECF) , Filtek Supreme Ultra (FSupU) .

AUTEURS : David Kalliecharan , William Germscheid, Richard B. Price, Jeffrey Stansbury, Daniel Labrie (86)
TITRE : Shrinkage stress kinetics of Bulk Fill resin-based composites at tooth temperature and long time = Cinétique de contraintes de polymérisation de résines composites bulk à température buccale et sur une longue période
ANNEE / REF : 2016 – Dental Materials
OBJECTIF : Déterminer les contraintes de polymérisation (stress) jusqu'à 12 heures après la photopolymérisation et à température buccale lors du placement en masse de composites bulk.
MOTS-CLEFS : Resin composite, Polymerization, Shrinkage, Stress, Kinetics, Temperature, Tensometer
COMPOSITES : Filtek Bulk Fill Flowable Restorative (A2) , Surefil SDR flow Posterior Bulk Fill (A3) , Filtek Bulk fill Posterior Restorative (A2) , X-tra fil et Tetric Evoceram Posterior Bulk Fill (IVA)

AUTEURS : Eun-Ha Kim , Kyoung- Hwa Jung, Sung-Ae Son, Bock Hur, Yong-Hoon Kwon, Jeong- Kil Park (87)
TITRE : Effect of resin thickness on the microhardness and optical properties of bulk-fill resin composites = Effet de l'épaisseur des résines sur la microdureté et les propriétés optiques des résines composites bulk.
ANNEE / REF : 2015 - Restorative Dentistry and Endodontics
OBJECTIF : Evaluer les effets de l'épaisseur des résines sur la microdureté Vickers et les propriétés optiques des composites bulk.
MOTS-CLEFS : Bulk-fill resin composite; Microhardness; Thickness; Translucency parameter
COMPOSITES : 6 composites = 4 bulk (2 fluides + 2 condensables) + 1 fluide conventionnel + 1 composite conventionnel : Venus Bulk Fill (VBF) , SDR (SDR) , Tetric N-Ceram Bulk Fill (TECBF) , SonicFill (SF) , Charisma flow (Chaf) , Tetric N-Ceram (TEC)

AUTEURS : Ryan Jin-Young Kim , Yu-Jin Kim, Nak-Sam Choi, In-Bog Lee (88)
TITRE : Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites = Rétraction de polymérisation, module et stress de polymérisation en relation avec le décollement de l'interface dent-restauration des composites bulk
ANNEE / REF : 2015 – Journal of Dentistry
OBJECTIF : Mesurer la rétraction de polymérisation, le module et le stress de rétraction de composites bulk et conventionnels pendant la polymérisation et évaluer la relation entre le décollement de l'interface dent-composite et le stress de rétraction des composites.
MOTS-CLEFS : Acoustic emission, Bulk-fill composite, Dental material, Modulus, Polymerization shrinkage, Shrinkage stress
COMPOSITES : 6 composites = 4 bulk (2 condensables + 2 fluides) + 1 conventionnel fluide + 1 composite conventionnel : SonicFill (SF) , Tetric N-Ceram Bulk-Fill (TECBF) , Filtek Bulk-Fill (FBF) , SureFil SDR Flow (SDR) , Filtek Z250 (Z250) , Filtek Z350 XT Flowable (Z350F)

AUTEURS : Lippo Lassila , Sufyan Garoushi, Pekka K. Vallittu, Eija Säilynoja (89)
TITRE : Mechanical properties of fiber reinforced restorative composite with two distinguished fiber length distribution = Propriétés mécaniques d'un composite fibro-renforcé avec 2 longueurs de fibres différentes
ANNEE / REF : 2016 – Journal of the mechanical behavior of biomedical materials
OBJECTIF : recherche expérimentale : étudier l'effet du renforcement en fibres de verre discontinues de différentes longueurs sur la résistance à la fracture et les propriétés de flexion (résistance et module) .
MOTS-CLEFS : Discontinuous fiber reinforced composite, Fracture toughness, Fiber length
COMPOSITES : 3 composites = 1 bulk fibré + 2 composites conventionnels : EverX Posterior (EXP) , Filtek Supreme XT (FSup) , Alert (Al)

AUTEURS : Edina Lempel , Zsuzsanna Czibulya, Bálint Kovács, József Szalma, Ákos Tóth, Sándor Kunsági-Máté, Zoltán Varga and Katalin Böddi (90)
TITRE : Degree of Conversion and BisGMA, TEGDMA, UDMA Elution from Flowable Bulk Fill Composites = Degré de conversion et élution de BisGMA, TEGDMA, UDMA de composites bulk fluides.
ANNEE / REF : 2016 - International Journal of Molecular Sciences
OBJECTIF : Evaluer le degré de conversion et la libération de monomères (BisGMA, TEGDMA et UDMA) de composites bulk par rapport à un composite conventionnel fluide en utilisant la spectroscopie micro-Raman et la chromatographie en phase liquide à haute performance.
MOTS-CLEFS : bulk-fill composite; degree of conversion; monomer elution; micro-Raman spectroscopy; HPLC
COMPOSITES : 4 composites fluides = 3 bulk fluides + 1 conventionnel fluide : SureFil SDR Flow (SDR) , X-tra Base (XB) , Filtek Bulk Fill (FBF) , Filtek Ultimate Flow (FUF) .

AUTEURS : Julian G. Leprince , William M. Palin, Julie Vanacker, Joseph Sabbagh, Jacques Devaux, Gaetane Leloup (91)
TITRE : Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites = Caractéristiques physico-mécaniques de composites bulk commercialisés
ANNEE / REF : 2014 – Journal of Dentistry
OBJECTIF : Comparer, sous des conditions de photopolymérisation optimales, les propriétés physico-mécaniques des composites des composites bulk les plus couramment commercialisés par rapport à 2 des composites conventionnels. Mesure du degré de conversion avec Raman , de la résistance à la flexion , du module d'élasticité et de la dureté Vickers .
MOTS-CLEFS : Bulk-fill, Dental composite, Degree of conversion, Elastic modulus, Flexural strength, Microhardness, Polymer network density
COMPOSITES : 11 composites = 8 bulk (4 fluides + 1 fibré + 3 condensables + 1 dual) + 1 composite conventionnel + 1 conventionnel fluide : Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) , Venus Bulk Fill (VBF) , SDR (SDR) , X-tra Fil (XTF) , X-tra Base (XTB) , Sonic Fill (SF) , Filtek Bulk Fill (FBF) , Xenius (XB) , Coltene Dual-cure Bulk Fill (Col DCBF) , Grandio (G) , Grandio Flow (GF)

AUTEURS : Xin Li , Pong Pongprueksa, Bart Van Meerbeek, Jan De Munck (92)
TITRE : Curing profile of bulk-fill resin-based composites = Profils de polymérisation de résines composites bulk
ANNEE / REF : 2015 – Journal of Dentistry
OBJECTIF : Evaluer les profils de polymérisation (degré de conversion) de composites bulk en utilisant la micro-spectroscopie Raman (µRaman).
MOTS-CLEFS : Bulk-fill composites, Degree of conversion, Curing profile, Micro-Raman
COMPOSITES : 5 composites = 4 bulk (1 fibré + 2 fluides + 1 condensable) + 1 composite conventionnels : everX Posterior (EXP) (U) , Filtek Bulk Fill Flowable (FBF) (U) , SDR (U) , Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) (IVA) , Herculite XRV Ultra (Her U) (A2)

AUTEURS : Giulio Marchesi , Lorenzo Breschi, Francesca Antonioli, Roberto Di Lenarda, Jack Ferracane, Milena Cadenaro (52)
TITRE : Contraction stress of low-shrinkage composite materials assessed with different testing systems = Stress de contraction de matériaux composites de faible rétraction évalué avec différents tests.
ANNEE / REF : 2010 - Dental materials
OBJECTIF : Comparer le stress de contraction d'un matériau à base de silorane et un nouveau composite nano-hybride de faible rétraction par rapport à 3 composites conventionnels à base de résine diméthacrylate en utilisant 2 systèmes de mesure différents.
MOTS-CLEFS : Silorane, Resin composite, Stress, Contraction, Polymerization
COMPOSITES : 5 composites = 1 bulk condensable + 1 base silorane + 3 hybrides conventionnels : Filtek Silorane (FSi) , Venus Diamond (VD) , Tetric EvoCeram (TECBF) , Quixfil (QXF) , Filtek Z250 (Z250) .

AUTEURS : L. Marigo , G. Spagnuolo, F. Malara, G.E. Martorana, M. Cordaro, A. Lupi, G. Nocca (93)
TITRE : Relation between conversion degree and cytotoxicity of a flowable bulk-fill and three conventional flowable resin-composites = Relation entre le degré de conversion et la cytotoxicité d'un composite bulk fluide et de 3 résines composites fluides conventionnels.
ANNEE / REF : 2015 - European Review for Medical and Pharmacological Sciences
OBJECTIF : Evaluer si les effets de la cytotoxicité de SDR et de 3 composites fluides conventionnels est liée au degré de conversion (FTIR) , la dureté Vickers et la profondeur de polymérisation sont aussi mesurées.
MOTS-CLEFS : Cytotoxicity, Degree of conversion, Flowable bulk fill composite resins, Monomers leachability, Vickers hardness.
COMPOSITES : 4 composites = 1 bulk fluide + 3 fluides conventionnels : Surefil SDR flow , Venus Diamond Flow (VDF) , Filtex Supreme XTE Flowable (FSupF) et Enamel plus HRi Flow (HRiF)

AUTEURS : Vesna Miletic , Pong Pongprueksa, Jan De Munck, Neil R. Brooks, Bart Van Meerbeek (94)
TITRE : Curing characteristics of flowable and sculptable bulk-fill composites = Caractéristiques de photopolymérisation de composites bulk fluides et modelables
ANNEE / REF : 2016 – Clinical Oral Investigation
OBJECTIF : Déterminer et relier le degré de conversion (FTIR) avec la dureté Vickers et la translucidité avec la profondeur de polymérisation (acétone-shaking test) de 5 composites bulk.
MOTS-CLEFS : Bulk-fill, Composites, Translucency, Depth of cure, Degree of conversion, Hardness
COMPOSITES : 6 composites = 5 bulk (2 condensables + 2 fluides + 1 fibré) + 1 conventionnel : Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) , SonicFill (SF) , SDR Smart Dentin Replacement (SDR) , Xenius base (XB = EverX Posterior (EXP)) , Filtek Bulk Fill flowable (FBF) , Tetric EvoCeram (TEC)

AUTEURS : Shaymaa M. Nagi , Lamiaa M. Moharam, Mohamed H. Zaazou (95)
TITRE : Effect of resin thickness, and curing time on the micro-hardness of bulk-fill resin composites = Effet de l'épaisseur de résine et du temps de photopolymérisation sur la microdureté de composites bulk
ANNEE / REF : 2015 - J Clin Exp Dent : Operative Dentistry and Endodontics
OBJECTIF : Evaluer les effets de l'épaisseur de résine et du temps de photopolymérisation sur la microdureté Vickers de 2 composites bulk.
MOTS-CLEFS : Bulk-fill resin composite, micro-hardness, thickness, curing time
COMPOSITES : 2 composites bulk condensables = Tetric Evo-Ceram (TECBF) , X-tra fil (XTF) .

AUTEURS : D. Papadogiannis , K. Tolidis, P. Gerasimou, R. Lakes, Y. Papadogiannis (96)
TITRE : Viscoelastic properties, creep behavior and degree of conversion of bulk fill composite resins = Propriétés viscoélastiques, comportement de fluage et degré de conversion de résines composites bulk
ANNEE / REF : 2015 – Dental Materials
OBJECTIF : Etudier les propriétés viscoélastiques (module de flexion), le fluage de composites bulk sous différentes conditions et d'évaluer leur degré de conversion (FTIR) .
MOTS-CLEFS : Bulk fill, Flexural modulus, Permanent deformation, Flowable, Degree of conversion
COMPOSITES : 7 composites bulk = 3 fluides + 1 fibré + 3 condensables : everX Posterior (EXP) , SDR (SDR) , Sonic-Fill (SF) , Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) , Venus Bulk Fill (VBF) , x-tra base (XTB) , x-tra fil (XTF) .

AUTEURS : Matej Par , Ozren Gamulin, Danijela Marovic, Eva Klaric, Zrinka Tarle (97)
TITRE : Effect of temperature on post-cure polymerization of bulk-fill composites = Effet de la température sur les composites bulk après photopolymérisation
ANNEE / REF : 2014 – Journal of Dentistry
OBJECTIF : Etudier la polymérisation (degré de conversion : Raman) pendant 24 heures les effets de la température après la photopolymérisation sur un composite conventionnel et 3 composites bulk.
MOTS-CLEFS : Resin composite, Temperature, Raman spectroscopy, Polymerization kinetics, Methacrylate, Degree of conversion
COMPOSITES : 4 composites = 3 bulk condensables + 1 composite conventionnel : GrandioSO (GSo) , Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) , Quixfil (QXF) et X-tra fil (XTF)

AUTEURS : M Par , O Gamulin, D Marovic, E Klaric, Z Tarle (98)
TITRE : Raman Spectroscopic Assessment of Degree of Conversion of Bulk-Fill Resin Composites – Changes at 24 Hours Post Cure = Etude du degré de conversion par spectroscopie Raman de résines composites bulk – et changements à 24 heures après photopolymérisation
ANNEE / REF : 2015 – Operative Dentistry
OBJECTIF : Déterminer le degré de conversion (Raman) de composites bulk immédiatement après photopolymérisation et 24 heures après. Etudier les variations du degré de conversion à la surface et à 4mm de profondeur.
MOTS-CLEFS : -
COMPOSITES : 10 composites = 7 bulk (3 condensables + 4 fluides) + 1 composite conventionnel + 1 conventionnel fluide : Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) en 2 teintes : IVA et IVB , Quixfil (QXF) , X-tra fil (XTF) , Venus Bulk Fill (VBF) , X-tra Base (XTB) , SDR (SDR) , Filtek Bulk Fill (FBF) , GrandioSO (GSo) , X-Flow (X-F)

AUTEURS : Mehmet Burçin Pişkin , Pınar Yılmaz Atalı, Aysel Kantürk Figen (99)
TITRE : Thermal, spectral, and surface properties of LED light-polymerized bulk fill resin composites = Propriétés thermiques, spectrales et de surface de résines composites bulk photopolymérisées avec une LED
ANNEE / REF : 2015 - Biomed. Eng.-Biomed. Tech.
OBJECTIF : Evaluer les propriétés thermiques, spectrales et de surface (degré de conversion : FTIR) de 4 composites bulk photopolymérisés avec une lampe LED.
MOTS-CLEFS : atomic force microscope; bulk fill composites; degree of cure.
COMPOSITES : 4 composites bulk (2 condensables + 2 fluides) : SureFil SDR (SDR) , QuixFil (QXF) , X-tra base (XTB) , X-tra fil (XTF)

AUTEURS : Olga Polydorou , Alexandros Manolakis, Elmar Hellwig, Petra Hahn (100)
TITRE : Evaluation of the curing depth of two translucent composite materials using a halogen and two LED curing units = Evaluation de la profondeur de polymérisation de 2 composites translucides en utilisant une lampe halogène et 2 lampes LED
ANNEE / REF : 2008 - Clinical Oral Investigation
OBJECTIF : Evaluer l'influence d'une lampe halogène et de 2 lampes LED sur la profondeur de polymérisation de résines composites en mesurant la microdureté Knoop .
MOTS-CLEFS : Halogen, LED, Polymerization, Composite materials, Microhardness
COMPOSITES : 3 composites = 1 bulk + 2 composites conventionnels : QuixFil (U) , Adamant (T) , Tetric EvoCeram (A2 et A3)

AUTEURS : Pong Pongprueksa , Jan De Munck, Radu Corneliu Duca, Katrien Poels, Adrian Covaci, Peter Hoet, Lode Godderis, Bart Van Meerbeek, Kirsten L. Van Landuyt (101)
TITRE : Monomer elution in relation to degree of conversion for different types of composite = Elution de monomère par rapport au degré de conversion pour différents types de composites
ANNEE / REF : 2015 – Journal of Dentistry
OBJECTIF : Déterminer le degré de conversion (Raman) et la libération de monomère de 3 types de composites lorsqu'ils sont mis en place en technique bulk ou incrémentale.
MOTS-CLEFS : BisGMA, BPA, UDMA, TEGDMA, BisPMA, BisEMA(6), Degree of conversion, Monomer elution, LC/MS-MS
COMPOSITES : 3 composites = 1 bulk fluide + 1 composite conventionnel + 1 conventionnel fluide : Filtek Z250 (Z250) , Filtek Supreme XTE Flowable (FSupXTE F) , Filtek Bulk Fill Flowable (FBF) (tous du fabricant 3M ESPE, Seefeld, Germany et tous en teinte A3)

AUTEURS : Richard B Price , Frederick A Rueggeberg, Jessie Harlow, Braden Sullivan (102)
TITRE : Effect of mold type, diameter, and uncured composite removal method on depth of cure = Effet du type et du diamètre du moule et de la méthode d'élimination du composite non polymérisé sur la profondeur de polymérisation.
ANNEE / REF : 2016 – Clinical Oral Investigation
OBJECTIF : Comparer les effets des matériaux et dimensions (diamètre et épaisseur) sur la profondeur de polymérisation des résines composites. Comparaison « scraping test » et le test d'agitation à l'acétone.
MOTS-CLEFS : Depth of cure, Resin-based composite, Solvent, Light beam inhomogeneity, Property testing
COMPOSITES : 1 composites bulk condensable = Tetric EvoCeram Bulk fill (TECBF) en 2 teintes IVA et IVW

AUTEURS : C.M.P. Rosatto , A.A. Bicalho, C. Verissimo, G.F. Bragança, M.P. Rodrigues, D. Tantbirojn, A. Versluis, C.J. Soares (103)
TITRE : Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique = Propriétés mécaniques, stress de rétraction, tension cuspidienne et résistance à la fracture de molaires restaurées avec des 2 techniques : bulk et incrémentale.
ANNEE / REF : 2015 – Journal of Dentistry
OBJECTIF : Comparer la technique bulk par rapport à celle par incréments en restaurant de larges cavités MOD, en étudiant la microdureté Vickers, le module d'élasticité et le volume de contraction post-gel
MOTS-CLEFS : Composite resin, Bulk-fill, Cuspal strain, Shrinkage stress, Mechanical properties, Finite element analysis
COMPOSITES : 7 composites = 4 bulk (1 condensable + 3 fluides) + 3 composites conventionnels : Tetric EvoCeram Bulk fill (TECBF) (IVA) , Venus bulk fill (VBF) (A2) , Filtek Bulk fill (FBF) (A2) , SDR (SDR) (A2) , Esthet X HD (EXT-X) (A2) , Charisma diamond (Cha D) (A2) , Filtek Z350XT (Z350XT) (A2)

AUTEURS : MR. Rouhollahi , M. Mohammadibasir, Sh. Talim (104)
TITRE : Comparative Depth of Cure Among Two Light-Cured Core Build-Up Composites By Surface Vickers Hardness = Comparaison de la profondeur de polymérisation de 2 composites « Core Build-Up » photopolymérisables par la dureté Vickers de surface
ANNEE / REF : 2012 – Journal of Dentistry
OBJECTIF : Etude in-vitro évaluant la profondeur de polymérisation de 2 composites « Core Build-Up », par rapport à un composite microhybride conventionnel, photopolymérisés pendant 60 secondes, pour différentes épaisseurs. Mesurer la dureté Vickers .
MOTS-CLEFS : Microhardness; Depth of Cure; Polymerization; Core Build-Up Composite
COMPOSITES : 3 composites = 1 bulk condensable + 2 composites conventionnels : Quixfil (QXF) (A2) , Photocore (PhoC) (U) et Filtek Z250 (Z250) (U) .

AUTEURS : Inga Rullmann , Anke Schattenberg, Miriam Marx, Brita Willershausen, Claus-Peter Ernst (105)
TITRE : Photoelastic determination of polymerization shrinkage stress in low-shrinkage resin composites = Détermination photoélastique du stress de rétraction de polymérisation de résines composites à faible rétraction
ANNEE / REF : 2012 - Schweiz Monatsschr Zahnmed - recherche et science
OBJECTIF : Le but de l'investigation était de déterminer la force de rétraction (stress) de nouveaux composites (VD et SDR), d'un composite expérimental (expO) et de les comparer avec les composites de faible rétraction (FSi et els) ainsi qu'avec les composites conventionnels (FSupXT et CMajP).
MOTS-CLEFS : polymerization shrinkage stress, low-shrinkage resin composites, photoelastic examination
COMPOSITES : 7 composites = 1 bulk fluide + 6 composites conventionnels : Venus diamond (VD) , SDR (SDR) , exp ormocer (expO), Filtek silorane (FSi) , els, Filtek supreme xt (FSupXT) , Clearfil majesty posterior (CMajP)

AUTEURS : Marco Salerno , Giacomo Derchi, Sanjay Thorat, Luca Ceseracciu, Roberta Ruffilli, Alberto C. Barone (106)
TITRE : Surface morphology and mechanical properties of new-generation flowable resin composites for dental restoration = Morphologie de surface et propriétés mécaniques d'une nouvelle génération de résines composites dentaires
ANNEE / REF : 2011 – Dental Materials
OBJECTIF : Caractériser la morphologie de surface (nanodureté) et les propriétés élastiques (module d'élasticité) de 4 composites fluides actuellement sur le marché, d'un système adhésif et d'un composite conventionnel non fluide.
MOTS-CLEFS : Dental materials, Restorative resin composites, Morphology, Scanning electron microscopy, Atomic force microscopy, Elastic modulus, Hardness, Nanoindentation
COMPOSITES : 6 composites = 1 bulk fluide + 3 conventionnels fluides + 1 adhésif + 1 composite conventionnel : Venus Diamond Flow (VDF) , Vertise Flow (VF) , Filtek Supreme XT Flow (FSupXTF) , Surefil SDR Flow (SDR) , Adhese One F (AdOF) , Venus Diamond (VD) .

AUTEURS : Luís Henrique Schlichting , Mauro Amaral Caldeira de Andrada, Luiz Clóvis Cardoso Vieira, Guilherme Mariz de Oliveira Barra, Pascal Magne (107)
TITRE : Composite resin reinforced with pre-tensioned glass fibers. Influence of prestressing on flexural properties = Résine composite renforcée avec des fibres de verre prétendues. Influence de la précontrainte sur les propriétés de flexion
ANNEE / REF : 2010 – Dental Materials
OBJECTIF : Evaluer les propriétés de flexion (résistance à la flexion, module d'élasticité) de 2 résines composites et l'influence du renforcement unidirectionnel des fibres de verre avec ou sans précontrainte.
MOTS-CLEFS : Glass fibers, Prestressing, Prestressed, Composite resin, Fiber-reinforced composite, Flexural strength, Initial failure, Flexural properties, Pull-out
COMPOSITES : 2 composites = 1 bulk condensable + 1 composite conventionnel : Quixfil (QXF) , Adoro (Ad)

AUTEURS : Sung-Ae Son , Jeong-Kil Park, Deog-Gyu Seo, Ching-Chang Ko, Yong Hoon Kwon (108)
TITRE : How light attenuation and filler content affect the microhardness and polymerization shrinkage and translucency of bulk-fill composites ? Comment l'atténuation de la lumière et le contenu en charges affectent la microdureté et la rétraction de polymérisation de composites bulk ?
ANNEE / REF : 2016 – Clinical Oral Investigation
OBJECTIF : Etudier la microdureté (Vickers) , la rétraction de polymérisation et la translucidité de composites bulk qui ont des propriétés d'atténuation de la lumière et des contenus en charges différents.
MOTS-CLEFS : Bulk-fill composites, Microhardness, Polymerization shrinkage, Translucency parameter
COMPOSITES : 7 composites = 5 bulk (3 fluides + 2 condensables) + 1 composites conventionnel + 1 conventionnel fluide : Filtek Bulk Fill (FBF) , SureFil SDR (SDR) , Venus Bulk Fill (VBF) , SonicFill (SF) , Tetric N-Ceram Bulk Fill (TECBF) , Tetric N-Ceram (TEC) , Filtek Z350XT Flowable (Z350XT F)

AUTEURS : Koray Soygun , Murat Unal, Ali Ozer, Evrem Gulnazar, Giray Bolayır (109)
TITRE : Effects of Different Curing Unites on Bulk Fill Composites = Effect de différents types de lampe sur les composites bulk
ANNEE / REF : 2015 - International Journal of Oral and Dental Health
OBJECTIF : Etudier la microdureté (Vickers) de 3 composites bulk et des effets du changement de type de lampe, de l'épaisseur de résine et du type de vieillissement (eau distillée ou cycle thermique).
MOTS-CLEFS : Aging, Resin composites, Dental curing light, Vickers hardness test, SEM
COMPOSITES : 3 composites bulk = 2 fluides + 1 condensable : X-tra base (XTB) , Surefil SDR flow (SDR) , Tetric EvoCeram Bulk fill (TECBF)

AUTEURS : Z. Tarle , T. Attin, D. Marovic, L. Andermatt, M. Ristic, T. T. Tauböck (110)
TITRE : Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites = Influence du temps d'irradiation sur le degré de conversion et la microdureté de résines composites bulk de haute viscosité
ANNEE / REF : 2015 - Clin Oral Invest
OBJECTIF : Evaluer l'influence du temps d'irradiation sur le degré de conversion (FTIR) et la microdureté (Knoop) de composites bulk de haute viscosité sur une épaisseur de 6mm.
MOTS-CLEFS : Bulk-fill resin composites, Degree of conversion, Microhardness, Depth of cure, Irradiation time
COMPOSITES : 5 composites = 4 bulk condensables + 1 composites conventionnel : Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) , x-tra fil (XTF) , QuixFil (QXF) , SonicFill (SF) , Tetric EvoCeram (TEC)

AUTEURS : Tobias T. Tauböck , Zrinka Tarle, Danijela Marovic, Thomas Attin (111)
TITRE : Pre-heating of high-viscosity bulk-fill resin composites : Effects on shrinkage force and monomer conversion = Pré-chauffage de résines composites bulk de haute viscosité : effets sur la force de contraction et la conversion de monomères
ANNEE / REF : 2015 – Journal of Dentistry
OBJECTIF : Evaluer l'influence du pré-chauffage des composites bulk de haute viscosité sur leur degré de conversion (FTIR) et la force de contraction générée (stress de polymérisation).
MOTS-CLEFS : Resin composite, Bulk-fill, Pre-heating, Degree of conversion, Polymerization contraction stress
COMPOSITES : 5 composites = 4 bulk condensables + 1 composite conventionnel : Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) , x-tra fil (XTF) , QuixFil (QXF) , SonicFill (SF) , Tetric EvoCeram (TEC)

AUTEURS : JP Tchorz , R Doll, M Wolkewitz, E Hellwig, C Hannig (112)
TITRE : Microhardness of Composite Materials With Different Organic Phases in Deep Class II Cavities : An In Vitro Study = Microdureté de composites avec différentes phases organiques dans des cavités de Classe II : Etude in vitro
ANNEE / REF : 2011 – Operative Dentistry
OBJECTIF : Comparer la microdureté (Knoop) de 3 composites avec des matrices organiques différentes, dans des cavités profondes de Classe II.
MOTS-CLEFS : -
COMPOSITES : 3 composites = 1 bulk condensable + 2 composites conventionnels : Filtek Supreme XT (FSupXT) , Filtek Silorane (FSi) , Quixfil (QXF)

AUTEURS : Amer Tiba , Gregory G. Zeller, Cameron Estrich, Albert Hong (113)
TITRE : A Laboratory Evaluation of Bulk-Fill Versus Traditional Multi-Increment-Fill Resin-Based Composites = Evaluation laboratoire de composites bulk contre les résines composites traditionnelles en incréments
ANNEE / REF : 2013 -
OBJECTIF : Evaluer les propriétés physiques et mécaniques (profondeur de polymérisation (scraping test) , dureté knoop , rétraction de polymérisation (volume et stress) , flexion (resistance et module)) des composites bulk actuellement commercialisés par rapport à d'autres composites traditionnels.
MOTS-CLEFS : -
COMPOSITES : 12 composites = 9 bulk (4 fluides + 4 condensables + 1 dual) + 3 composites conventionnels : Filtek supreme ultra universal restorative (FSupUUR) (A2), heliomolar (HM) (A2), Alert condensable composite (Al) (A2) - Hyperfil (Hy) (U), Quixx posterior restorative (QxxP) (U), Sonicfill (SF) (A2), Tetric evoceram bulk fill (TECBF) (IVA), X-tra fill (XTF) (U), Filtek bulk fill flowable restoration (FBF) (A2), Surefil SDR flow (SDR) (A2), Venus bulk fill (VBF) (U), X-tra base (XTB) (A2)

AUTEURS : Fulya Toksoy Topcu , Ugur Erdemir, Gunes Sahinkesen, Esra Yildiz, Ibrahim Uslan, Cengizhan Acikel (114)
TITRE : Evaluation of Microhardness, Surface Roughness, and Wear Behavior of Different Types of Resin Composites Polymerized With Two Different Light Sources = Evaluation de la microdureté, de la rugosité de surface et de l'usure de différents types de résines composites photopolymérisées avec 2 lampes différentes.
ANNEE / REF : 2010 - Journal of Biomedical Materials Research
OBJECTIF : Etude in vitro qui évalue la microdureté (Vickers) , la rugosité de surface et la résistance à l'usure de différents composites photopolymérisés par une lampe halogène ou LED.
MOTS-CLEFS : microhardness; surface roughness; wear; resin composites; light curing units
COMPOSITES : 8 composites = 1 bulk condensable + 7 composites conventionnels : Clearfil Majesty Posterior (CMajP) , Filtek Supreme (FSup) , Ceram-X (C-X) , Premise (Pre) , Filtek Z250 (Z250) , Herculite XRV (Her) , Clearfil APX (C APX) , Quixfil (QXF) (Tous en teinte A3)

AUTEURS : Akimasa Tsujimoto , Wayne W. Barkmeier, Toshiki Takamizawa, Mark A. Latta, Masashi Miyazaki (115)
TITRE : Mechanical properties, volumetric shrinkage and depth of cure of short fiber reinforced resin composite = Propriétés mécaniques, rétraction volumique et profondeur de polymérisation d'un composite fibro-renforcé
ANNEE / REF : 2016 – Dental Materials Journal
OBJECTIF : Evaluer les propriétés mécaniques, la rétraction volumique et la profondeur de polymérisation d'un composite renforcé en fibres courtes et comparer à 2 composites bulk et des composites conventionnels chargés en verre/céramique. Mesure de la profondeur de polymérisation (scraping test) et de la flexion (résistance et module), de la rétraction de polymérisation et du module d'élasticité.
MOTS-CLEFS : Short fiber-reinforced resin composite, Mechanical properties, Volumetric shrinkage, Depth of cure
COMPOSITES : 6 composites = 3 bulk (1 fibré + 1 condensable + 1 fluide) + 3 composites conventionnels : EverX Posterior (EXP) (Transparent) , TetricEvoCeram Bulk Fill (TECBF) (IVA) , SureFil SDR Flow (SDR) (A2) , Z100 Restorative (Z100) (A2) , Tetric EvoCeram (TEC) (A2) , Clearfil AP-X (C AP-X) (A2)

AUTEURS : José Zorzin , Eva Maier, Sarah Harre, Tobias Fey, Renan Belli, Ulrich Lohbauer, Anselm Petschelt, Michael Taschner (116)
TITRE : Bulk-fill resin composites : Polymerization properties and extended light curing = Résines composites bulk : propriétés de polymérisation et prolongation du temps de photopolymérisation
ANNEE / REF : 2015 – Dental Materials
OBJECTIF : Evaluer les propriétés de polymérisation de résines composites bulk, avec 2 protocoles (temps) de photopolymérisation différents, en termes de degré de conversion (FTIR), de dureté Vickers, de rétraction de polymérisation (volume et stress) et les comparées à des résines composites conventionnelles condensables et fluides.
MOTS-CLEFS : Bulk-fill, Resin composites, Shrinkage stress, Volume shrinkage, Degree of conversion, Irradiance, Vickers hardness, FTIR spectroscopy
COMPOSITES : 7 composites = 5 bulk (4 fluides + 1 condensable) + 1 composite conventionnel + 1 conventionnel fluide : Filtek Bulk Fill Flow (FBF) (A2) , SDR (U) , Tetric EvoCeram BulkFill (TECBF) (IVA) , Venus Bulk Fill (VBF) (U) , X-tra Base (XTB) (A2) , Filtek Z250 (Z250) (A2) , Filtek Supreme XTE Flowable (FSupF) (A2)

IV. RESULTATS

IV. RESULTATS

63 articles ont étudié la profondeur de polymérisation selon différentes techniques.

- **9 articles l'ont examiné avec le scraping test selon les normes ISO 4049 :**
BENETTI / FLURY 2012 / GARCIA / GAROUSHI 2013 / GORACCI / MILETIC / PRICE / TIBA / TSUJIMOTO
- **36 articles ont étudié la microdureté grâce à la dureté Vickers (VHN) :**
ABED / ABOUELLEIL / ALRAHLAH / ALSHALI 2015 / AL SUNBUL 2016 / BUCUTA / CAMPODONICO / CZASCH / DIONYSOPOULOS / ENGELHARDT / FARAHAT / FINAN / FLEMING / FLURYx2 / GAROUSHI 2015 / HAHNELx2 / ILIEx6 / JANG / KIM (EFFECT) / LEPRINCE / MARIGO / MILETIC / NAGI / ROSATTO / ROUHOLLAHI / SON / SOYGUN / TOPCU / ZORZIN
- **8 articles à travers la dureté Knoop (KHN) :**
AL SHAAFI / EL-DAMANHOURY / FRONZA / GARCIA / POLYDOROU / TARLE / TCHORZ / TIBA
- Et **3 articles par la nanoindentation :**
EL-SAFTY / ISSA / SALERNO
- Concernant le degré de conversion,
7 articles se sont concentrés sur la technique RAMAN :
FRONZA / LEMPEL / LEPRINCE / LI / PARx2 / PONGPRUEKSA
- **16 articles l'ont étudié grâce au FTIR :**
ABED / AL-AHDAL / ALSHALI 2013 / CZASCH / FINAN / GAROUSHI 2015 / GORACCI / ILIEx2 / MARIGO / MILETIC / PAPADOGIANNIS / PISKIN / TARLE / TAUBOCK / ZORZIN.

16 articles ont examiné la résistance à la flexion des composites bulk :

ABOUELLEIL / BIJELIC-DONOVAx2 / CZASCH / EL-DAMANHOURY / FINAN / FLEMING / GAROUSHI 2013 / GORACCI / HAHNEL 2010 / ILIE 2013 / LASSILA / LEPRINCE 2014 / SCHLICHTING / TIBA / TSUJIMOTO

26 articles ont étudié le module d'élasticité :

ABOUELLEIL / BIJELIC-DONOVAx2 / CZASCH / EL-DAMANHOURY / GAROUSHI 2013 / ILIE 2013 / LASSILA / LEPRINCE 2014 / SCHLICHTING / TIBA / TSUJIMOTO
BUCUTA / CZASCH / ILIEx6 / ROSATTO / EL SAFTY / ISSA / SALERNO / AL SUNBUL / SCHLICHTING

19 articles ont analysé la rétraction de prise et les contraintes de polymérisation :

AL SUNBUL / BENETTI / EL-DAMANHOURY / FRONZA / GARCIA / GAROUSHI / GUO / HAN / JANG / KALLIECHARAN / KIM (POLY) / MARCHESI / ROSATTO / RULLMANN / SON / TAUBOCK / TIBA / TSUJIMOTO / ZORZIN.

Propriétés testées			Nombre d'articles / Références
Profondeur de polymérisation	Scraping test		9 articles : 60, 71, 73, 74, 40, 94, 113, 115, 102
	Dureté	Microdureté Vickers	36 articles : 31, 34, 43, 46, 47, 48, 53, 55, 57, 59, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 85, 87, 91, 93, 94, 95, 103, 104, 108, 109, 114, 116
		Microdureté Knoop	8 articles : 56, 65, 72, 73, 100, 110, 112, 113
		Nanoindentation	3 articles : 66, 84, 106
	Degré de conversion	Raman	7 articles : 72, 90, 91, 92, 97, 98, 101
		FTIR	16 articles : 34, 39, 40, 43, 48, 54, 63, 75, 83, 93, 94, 96, 99, 110, 111, 116
Résistance et Rigidité	Résistance à la flexion		16 articles : 40, 43, 47, 53, 61, 62, 63, 65, 69, 74, 78, 89, 91, 107, 113, 115
	Module de flexion		12 articles : 47, 53, 61, 62, 63, 65, 74, 89, 91, 107, 113, 115
	Module d'indentation Vickers et nanoindentation		12 articles : 46, 47, 48, 63, 80, 81, 82, 83, 103, 66, 84, 106
	Autres modules		2 articles : 58, 107
Rétraction de prise et contraintes (stress)	Rétraction de prise		12 articles : 58, 60, 73, 74, 79, 85, 88, 103, 108, 113, 115, 116
	Contraintes de polymérisation		13 articles : 58, 65, 72, 76, 79, 85, 86, 88, 52, 105, 111, 113, 116

Tableau VI : Résumé des articles sélectionnés en fonction des propriétés testées

PROFONDEUR DE POLYMERISATION

SCRAPING TEST

TABLEAU SCRAPING TEST :

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
BENETTI 2015 (60)	6 compo (5 bulk) : TECBF , SF , XTB , VBFB , SDR , TEC	n=3, métallique , Ø 4mm x 12mm d'ép 	LED (Bluephase, Ivoclar Vivadent) 950±50 mW/cm² , 20 secondes sur la surface supérieure	Pas stockage	Normes ISO 4049-2009 Elimination par Spatule en plastique	XTB > VBFB > SDR > TECBF > SF > TEC Les composites bulk fluides obtiennent tous une profondeur de polymérisation supérieure à 4mm.
FLURY 2012 (71)	6 compo (4 bulk) : FSupP (A3), FSi (A3), SDR (U), VBFB (U), QXF (U), TECBF (IVA)	n=6, moule en acier inoxydable Ø 4 mm x 6 ou 9 ou 15 mm de long 	LED (Demi, Kerr Corporation, Middleton, WI, USA) embout centré et en contact avec surface supérieure > 1000 mW/cm² 10 et 20 secondes	Pas stockage	Normes ISO 4049-2000 Elimination par Spatule en plastique	Le temps de photopolymérisation a une influence sur la profondeur de polymérisation. Les composites bulk obtiennent une profondeur de poly supérieure à 4mm sauf TECBF , tandis que les composites conventionnels ne dépassent pas 2,68mm. Le « scraping test » surestime les mesures de profondeur de polymérisation.
GARCIA 2014 (73)	4 compo (3 bulk) : SDR (U), VBFB (A2) FSupUF (A2), SF (A2)	n=10, 10x10mm 	LED (SmartLite iQ2, Denispoly), longueur d'onde entre 450 et 475nm, 800mW/cm² 20 secondes	Sec pdt 24H	Normes ISO 4049 Elimination par Spatule en plastique	SSF et VBFB > 5mm > SF = 3,46±0,08 > FSU = 2,98±0,11 VBFB et SDR montrent tous les 2 une pleine polymérisation à une profondeur supérieure à 5mm.
GAROUISHI 2013 (74)	10 compo (7 bulk) : TECBF , FBFB , SF , XB , SDR , VBFB , XTB , FSup , AI , Z250	n=3, selon ISO, 10 mm de haut 	LED TC-01, (Spring Health Products) 1100 mW/cm² , longueur d'onde : 380nm à 520nm (max = 470nm) 20 OU 40 secondes selon instructions des fabricants sur la surface supérieure	Pas stockage	Normes ISO 4049-2000 Elimination par Spatule en plastique	La profondeur de poly de XENIUS base est de 4,6mm ce qui est similaire aux autres composites bulk sauf pour TECBF et SF . Alert a la plus faible profondeur de polymérisation : 2,3mm. XB , FBFB , XTB , SDR et VBFB > 4mm
GORACCI 2014 (40)	5 compo (3 bulk) : SDR , SF , EXP , FSi , Ka	n=10, moule en silicone Ø 5mm x 12mm de long 	LED Demi, (Orange, CA, USA) 1100 mW/cm² ; Ø embout = 8 mm 20 secondes	Pas stockage	Test d'agitation à l'acétone ISO 4049-2009 Elimination par Vibrations : Capsule hermétique contenant 99,9% d'acétone pur, vibré pdt 15sec, séché	SDR et EXP atteignent une profondeur de polymérisation supérieure à 4mm et significativement supérieure à Ka et FSi . SF obtient une profondeur de polymérisation proche de 4mm et significativement supérieure à FSi .
MILETIC 2016 (94)	6 compo (5 bulk) : FBFB (U), SDR (U), XB (U), SF (A3), TECBF (IVA), TEC (A3)	moule en acier inoxydable Ø 8mm x 10mm d'ép 	LED (Bluephase 20i, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) en mode « high intensity » 1100 mW/cm² Irradiance mesurée autour de 1337 mW/cm². Longueurs d'onde = 450–460 nm ET 400–410 nm 20 secondes	Pas stockage	« Acetone-shaking test » ISO/DIS 4049-2008 Elimination par Vibrations : Immérgé dans 1 ml d'acétone et vibré pdt 15 secondes	Le seuil de 4mm de profondeur de polymérisation a été atteint pour tous les composites sauf SF et TEC conventionnel. Une profondeur de poly supérieure à 5mm a même été atteinte par : SDR , XB et FBFB avec des valeurs significativement supérieures à la profondeur de poly des 3 autres composites.
PRICE 2016 (102)	1 compo bulk en 2 teintes : TECBF (IVA) et (IVW)	n=5, moule métallique en acier inoxydable et moule Delrin de Cylindres différents Ø : 4, 6 et 10mm x 4mm d'ép 	LED (Bluephase Style serial #1100012791, Ivoclar Vivadent, Amherst, NY, USA), De 950 à 1270 mW/cm², pics : 409 - 456-nm, Ø embout = 10mm 10 secondes	Pas stockage	Comparaison « Scraping test » avec spatule en plastique et « Acetone- shaking test » avec solvant (tetrahydrofuran, (THF)) pdt 48H dans le noir à 22°C	Dans les moules Delrin , la profondeur de polymérisation est toujours supérieure à 4mm ce qui n'est pas le cas pour les moules métalliques. Les 2 tests obtiennent des valeurs sensiblement identiques (différence de 0,1mm).

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
TIBA 2013 (113)	12 compo (8 bulk) : FSupUUR (A2), HM (A2), AI (A2), Hy (U), QXP (U), SF (A2), TECBF (IV/A), XTF (U), FBF (A2), SDR (A2), VBF (U), XTB (A2)	n=3 moule en Teflon Ø 10mm x 2 à 5mm d'ép 	Halogène Optilux 501 (Kerr) > 600mW/cm²	Pas stockage	Normes ISO 4049-2009	La profondeur de poly ne doit pas être supérieure à 0,5 par rapport à la valeur donnée par les fabricants. Seul 3 composites n'atteignent pas le cahier des charges : SF, TECBF et AI condensable. 2 bulk n'atteignent pas la profondeur de polymérisation adéquate SF et TECBF.
TSUJIMOTO 2016 (115)	6 compo (3 bulk) : EXP (Transparent), TECBF (IV/A), SDR (A2), Z100 R (A2), TEC (A2), CIF AP-X (A2)	n=10 Ø 4mm x 10mm de ht 	Halogène (Optilux 501, Kerr, Danbury, CT, USA) 600 mW/cm² Sur la surface supérieure 30 secondes	Pas stockage	ISO 4049-2009 Elimination Spatule en plastique	La profondeur de poly du composite renforcé en fibres (4.02±0.21mm) est similaire à celle des composites bulk et supérieure à celle des composites conventionnels.

Tableau VII : Profondeur de polymérisation (en mm) par « scraping test » et test d'agitation à l'acétone

Résultats profondeur de polymérisation en mm :

Profondeur polymérisation	de	VBF	SDR	XTB	FBF	EXP = XB	SF	TECBF	XTF	QXF = QXXP	Filtek Supreme	TEC	FSupU Flow
Fabricants		4	4	4	4	4	5	4	4	4			
BENETTI (60)		5,57 ±0,28	4,34 ±0,15	5,68 ±0,21			3,43 ±0,07	3,82 ±0,08				2,90 ±0,28	
FLURY (10sec/20sec)	(71)	4,81 / 6,08	4,33 / 4,93					3,32 / 3,83		5,72 / 6,49	2,36 / 2,68		
GARCIA (73)		5,01 ±0,02	5,01 ±0,03				3,46 ±0,08						2,98 ±0,11
GAROUSHI (74) ~		4,1	4,4	4,9	4,7	4,6	3,2	3,1					
GORACCI (40)			5,35 ±0,37			5,29 ±0,19	3,47 ±0,03	4,74					
MILETIC (94)			5,11		5,08	5,09	3,77					3,44	
TIBA (113)		4,87 ±0,03	4,17 ±0,03	4,40 ±0,04	3,86 ±0,01		3,67 ±0,03	3,32 ±0,10	4,25 ±0,11	5,16 ±0,16	2,63 ±0,03		
TSUJIMOTO (115) ~			4,2			4,02 ±0,21		4,1				<3mm	
PRICE (102) Ø 4/6/10mm								Métal : 3/3,4/4 Delrin : 5,2/5,7/4,4					
- Solvant								Métal : 3,1/3,5/3,9					
- Scraping								Delrin : 5,1/5,6/4,4					

Tableau VIII : Résultats Profondeur de polymérisation (en mm) (cf Annexe)

✓ Variations des paramètres :

Les articles comparent les composites bulk fluides, les composites bulk condensables et les composites conventionnels.

Tous les échantillons sont de forme cylindrique mais n'ont pas les mêmes dimensions et n'ont pas été conditionnés dans les mêmes moules : soit acier inoxydable, soit téflon soit silicone.

La majorité des articles utilisent une lampe LED sauf Tiba et Tsujimoto (113-115) qui photopolymérisent les échantillons avec une lampe halogène d'environ 600 mW/cm². Les lampes LED ont une irradiance au moins égale à 1000 mW/cm² sauf Garcia (73) qui utilise une lampe à 800 mW/cm².

Seul Garcia (73) stocke les échantillons pendant 24 heures.

Pour un même temps de photopolymérisation (20 secondes), Benetti (60), Flury (71), Garoushi (74) et Garcia (73) montrent une profondeur de polymérisation (PP) supérieure à 4 mm pour tous les bulk sauf pour Tetric EvoCeram Bulk Fill et SonicFill qui obtiennent une PP inférieure à 4 mm.

Le **temps de photopolymérisation** a une influence sur la profondeur de polymérisation lorsque Flury (71) compare les composites avec 2 temps différents : 10 et 20 secondes. La PP augmente avec l'augmentation du temps de photopolymérisation, en effet doubler le temps de 10 à 20 secondes conduit à une augmentation moyenne de 17% de la PP.

Goracci (40) et Miletic (94) quant à eux, utilisent une technique légèrement différente : le test d'agitation à l'acétone. Celui-ci est souvent préféré par certains auteurs car l'élimination du composite non polymérisé se fait chimiquement. Tandis que dans le « scraping test », l'élimination se fait manuellement, cette méthode est considérée comme plus difficile à standardiser, moins reproductible, opérateur dépendante et donc moins précise.

En résumé, nous observons que beaucoup de paramètres varient : les composites étudiés, la taille et le nombre des échantillons préparés, les lampes utilisées ainsi que le temps d'irradiation (10, 20 ou 40 secondes), les conditions de stockage et la technique d'élimination du composite non polymérisé (spatule ou vibrations) et même les normes ISO : 2000 ou 2009 selon les articles.

✓ Tendances :

Bien que ces paramètres diffèrent considérablement, nous pouvons quand même en retirer des tendances générales.

Tous les composites bulk montrent une profondeur de polymérisation au moins supérieure à 4mm (sauf Tetric EvoCeram Bulk Fill et SonicFill). Tous les composites bulk fluides obtiennent une profondeur > 4mm sauf Filtek bulk fill flowable (Tiba (113)).

Composites bulk fluides (> 4mm) ≥ Composites bulk condensables > Composites conventionnels.

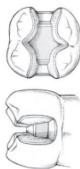
Ce qui est en accord avec les allégations des fabricants.

PROFONDEUR DE POLYMERISATION

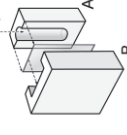
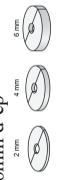
MICRODURETE VICKERS

TABLEAU MICRODURETE VICKERS :

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
ABED (34) 2015	3 compo (2 bulk) : XTF (U), QXF (U), G (B2)	n=20, moule en Teflon, Ø 5mm x 4mm d'ép 	LED (bluephase C, Ivoclar Vivadent) 850 mW/cm² selon les instructions des fabricants, 10 sec pr les bulk et 20 sec pr incréments	Au sec dans le noir à température ambiante pdt 24H	Microhardness testing machine (Micro Hardness Tester). 4 indentations par surface sup et inf. Charge = 50g / Temps = 30 sec / T° pièce	VHN : $G > XTF > QXF$. Mais seul QXF ne montre aucune différence significative entre la surface et la base. Dureté homogène à travers la restauration. Tous les matériaux ont un ratio dureté Vickers suffisant (sans différence significative). La profondeur de poly de 4mm pour les 3 composites a été vérifiée par les valeurs de VHN. Pas de corrélation significative détectée entre le DC et la dureté de surface.
ABOUELLE IL (53) 2015	7 compo bulk : EXP, TECBF, SF, FBF, SDR, VBF, XTB	n=5, moule en Teflon, Ø 5mm x 2 ou 4mm d'ép 	LED (GC EUROPE NV) longueur d'onde entre 380 et 520nm (max 470nm), des 2 côtés 1150 mW/cm² 40 secondes	Dans eau distillée à 37°C pdt 24H	Leitz microhardness device (Leitz, Wetzlar, Germany). Dureté Vickers mesurée à des profondeurs de 0, 2 et 4mm Charge = 200g / Temps = 30 sec	Les valeurs de dureté Vickers révèlent que SF, EXP, TECBF et XTB ne sont statistiquement pas différentes et ont des valeurs significativement supérieures comparés aux autres composites testés : SDR, FBF et VBF. Les composites bulk fluides obtiennent des valeurs de dureté Vickers inférieures à celles des composites bulk non fluides (sauf pour XTB qui a des valeurs similaires aux composites bulk modelables). L'ajout de fibres à la matrice méthacrylate donne des composites avec des propriétés mécaniques comparables ou supérieures aux autres bulk testés (car le composite EXP obtient des valeurs de microdureté plus élevées que celles des autres bulk).
ALRAHLAH (55) 2014	5 compo bulk : TECBF (IV/A), SF (A3), XTB (U), VBF (U), FBF (U)	n=3, moule en acier inoxydable 15 mm x 4 mm x 2 mm 	LED (Elipar™ S10, 3M ESPE, USA) en mode standard, 1200mW/cm² , Ø embout = 10mm, d'un seul coté 20 secondes	A 37°C pdt 24H	Microhardness instrument (FM-700, Future Tech Corp., Japan). La dureté est mesurée comme fonction de la profondeur. Intervalles de 0,3 mm. Charge = 300g / Temps = 15 sec	Le maximum VHN variait de 37,8 à 77,4, tandis que la VHN à 80% de max. VHN variait de 30,4 à 61,9. La profondeur variait de 4,14 à 5,03 mm. Il existe des différences significatives entre les matériaux pour tous les paramètres testés. SF présentait la plus haute valeur de VHN, tandis que VBF la plus basse. SF et TECBF avaient la plus grande profondeur de polymérisation (5,03 et 4,47 mm, respectivement) et étaient significativement différents de XTB, VBF et FBF. Les 5 composites bulk obtiennent une profondeur de polymérisation > 4mm ce qui concorde avec les allégations des fabricants. TECBF et SF obtiennent les plus grandes profondeurs de polymérisation. Composites bulk modelables > composites bulk fluides. Corrélation entre VHN et quantité de charges = la dureté augmentée avec le nombre de charges.
ALSHALI (57) 2015	14 compo (6 bulk) : SDR, VBF, XTB, FBF, SF, TECBF, X-F, GsoF, VDF, FSUF, Gso, VD, S TPH, Z250	n=5, moules de polytétrafluoroéthylène (PTFE), Ø 6mm x 2mm d'ép pr les conventionnels et Ø 6mm x 4mm d'ép pr les bulk 	LED (Elipar™, 3M ESPE, USA) avec un mode standard, sur la surface supérieure, Ø embout = 10mm 1200 mW/cm² (de longueur d'onde : 430-480 nm) 20 secondes	Mesures post poly T0 ET au sec à 37°C pdt 24H ET dans 75% de solution d'éthanol/eau pdt 24H	Microhardness instrument (FM-700, Future Tech Corp., Japan). Charge = 50g / Temps = 15 sec 3 mesures sur chaque surface à T0, T24H sec, T+24H E/E	Tous les matériaux montrent une augmentation significative de la microdureté après 24h au sec (pourcentage d'augmentation variant de 9% pour GsoF à 100% pour SDR). Ratio > 0,9 pr tous, avec une tendance à un ratio inférieur pr les matériaux fortement chargés. Tous les matériaux montrent une diminution significative de la microdureté après 24 heures de stockage dans l'éthanol (pourcentage variant de 17,6% pour GsoF à 74,2% pour SDR). SDR est le matériau qui montre le plus de changements après les différents stockages tandis que GsoF est le moins touché. Les bulk montrent des ratios comparables aux composites conventionnels. Le stockage affecte la dureté.

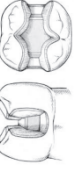
ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
AL SUNBUL (59) 2016	8 compo (4 bulk) : SDR, VBF, TECBF, EXP, TEC, G-aeUF, G- aeA, G-aeP	n=15, moule en Teflon, Ø 10mm x 2mm d'ép 	LED (Elipar S10 - 3 M ESPE) 1200 mW/cm² 20 secondes de chaque coté	Polissage + dans four à 37°C pdt 24H.	Vickers Micro-hardness Tester (FM-700, Kawasaki, Japan) 5 Kanagawa, 5 indentations. Charge = 300 g / Temps = 15 sec. Mesures à 23°C Puis 3 stockages différents : eau déionisée, 75% éthanol/eau, methyl ketone (MEK).	La période de stockage dans les différents milieux influence significativement la dureté des matériaux. Diminution de la dureté quel que soit le milieu par rapport aux valeurs initiales au sec +24H. Valeurs de microdureté dans l'eau déionisée > 75%éthanol/eau et MEK
BUCUTA (46) 2014	14 compo (7 bulk) : XTB (A2), SDR (U), VBF (U), FBF (A3), XTF (U), SF (A3), TECBF (IV A), GSo (A3), P (A3), TEC (A3), VD(A3), CXmono+ (M5), GSoHF (A2), CMF (A2)	n=5, moule en Teflon Cylindres d'ép de 2, 4 et 6mm 	LED (Elipar™ FreeLight 2, 3M ESPE, Seefeld, Germany) longueur d'onde entre 360-540nm Intensité en fonction de la distance : 0mm > 1600 mW/cm², 2mm ~ 1300 mW/cm², 4mm ~ 800 mW/cm², 6mm ~ 600 mW/cm² 20 secondes	Polissage + Dans eau distillée à 37°C pdt 24H	Automatic micro-hardness indenter (Fischerscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) selon ISO 14577, Charge = 0,4 à 500 mN / Temps = 20 sec Charge max maintenue pdt 5 sec puis diminution constante. 6 mesures sur chaque surface	Les composites bulk fluides (HV=49,5±12,5) montrent des propriétés mécaniques significativement inférieures aux composites nanohybrides (HV=94,6±32,3), aux composites bulk de haute viscosité (HV=104,6±31,1), et composites fluides (HV=105,3±16,1). Bulk fluides < bulk modelables. Pour VBF, SDR, XTF et TECBF les propriétés mécaniques mesurées à la surface ont été maintenues à la base des échantillons (ratio >80% jusqu'à 6mm de profondeur), XTF obtient les valeurs de dureté à 6mm les plus hautes (HV=129,8). Le ratio microdureté est >80% pour tous les bulk à 4mm de profondeur. Seul SF, FBF et XTB obtiennent un ratio <80% à 6mm.
CAMPODO NICO (31) 2012	2 compo (1 bulk) : XTF (U), FSupP (A2D)	n=5, Sur dents extraites Cavité de 4 mm de profondeur, largeur 4mm vestibulo- linguale 	CureMax V LED Curing Light, Maximum Dental, Secaucus, N.J., ET Allegro High-Intensity LED, Den-Mat, Santa Maria, Calif) 1238 mW/cm² ET 1294 mW/cm². -Bulk technique : 4mm pdt 40sec (20sec OV + 20sec OL), -Incremental technique : 2x2mm pdt 20sec (10sec OV + 10sec OL) -Bulk/transooth-illumination technique : 20sec simultanément ac 2 LED en V et L + 20sec en O.	Polissage + Pas stockage.	Hardness tester (MicroMet 5104, Buehler). Série d'indentations de chaque coté, au centre de la restauration à 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0 et 3,5 mm de profondeur. Charge 200g	En général, XTF a des valeurs de dureté supérieures à celles de FSupP. Pas de différence dans la dureté pour XTF à n'importe quelle profondeur et quelle que soit la technique de mise en place : bulk ou incréments. FSupP a des valeurs de dureté supérieures à des profondeurs inférieures à 1,5mm avec la technique the bulk/transooth- illumination, tandis que la technique bulk obtient des valeurs de dureté inférieures à 2mm de profondeur.
CZASCH (63) 2013	2 compo bulk fluides : SDR, VBF	n=6 Cylindres de Ø 3mm x 2,4 et 6mm d'ép 	LED (Elipar FreeLight 2, 3M ESPE) 1226 mW/cm² sur la surface supérieure 10, 20 et 40 secondes	Dans eau distillée à 37°C pdt 24H + Polissage sous spray	Automatic microhardness indenter (Fischerscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) à 0,1 mm sous la surface puis intervalle de 100 µm. Charge = 0,4 à 500mN, augmentation puis diminution à vitesse constante	SDR montre des valeurs significativement supérieures pour la dureté (environ 15N/mm²) à tous les temps d'irradiation et à toutes les profondeurs. SDR a donc des propriétés mécaniques significativement supérieures, mais un degré de conversion inférieur à VBF. La microdureté est fortement influencée par le type de résines composites. Un temps de polymérisation de 20s au lieu de 40s, ainsi que le placement des bulk en 4 mm au lieu de 2 mm ne réduit, ni les propriétés micromécaniques, ni le degré de conversion des composites bulk fluides.

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
DIONYSOP OULOS (64) 2016	7 compo (6 bulk) + 2 Gomers : TECBF (IVA), BBR (U), XTF (U), EXP (U), VBF (U), BBF (U), XTB (U), FBF (U), FZ550 (A2)	n=5, moule en acier inoxydable, 5 x 5 x 2 ou 4mm 	LED (Elipar S10, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) 1200 mW/cm² , longueur d'onde 430-480nm, en mode standard, Ø embout 9mm, 20 secondes	Sans stockage et stockage au sec dans le noir à 23±1°C pdt 24H et après préchauffage à 54°C	Microhardness indentation device (HMV-2000, Shimadzu, Tokyo, Japan). Charge = 200 g / Temps = 10 sec. Mesures à la surface et à la base. 5 indentations séparées d'au moins 100µm	Lorsque la profondeur augmente, la microdureté diminue. Dureté Vickers à 24heures est supérieure de celle obtenue immédiatement après photopol. Une augmentation de la microdureté est constatée lorsque le composite est préchauffé à 54°C comparé à une température ambiante. VHN Surface : Bulk fluides < Giomers bulk + TECBF < bulk fibré < bulk condensable XTF ≤ composites conventionnels
ENGELHAR DT (67) 2016	9 compo (3 bulk) : HFO-F, HRI-F, G-aeF, G-aeUF, TECF, XTB, SDR, VBF, Sy-E	n=6, 24.0×5.0×2.5 mm 	LED (Elipar™ S10, 3M Espe, D) 1200mW/cm² , 40 secondes	Dans eau à 37°C pdt 24H	Vickers intender, Zwick, D Charge = 1,9 N / Temps = 60 sec	Des valeurs de dureté significativement différentes sont trouvées entre les matériaux : valeurs obtenues entre 14,4 et 57,2. XTB obtient la dureté la plus forte.
FARAHAT (68) 2016	2 compo (1 bulk) : TEC, TECBF teinte A3	n=8, Moule en Teflon, cylindres de Ø5mm x 2 et 4 et 6mm d'ép 	LED (Demi-Kerr-USA) 1000 mW/cm² , Ø embout = 10mm centré et en contact, 20 secondes ET 40 secondes	Polissage + Incubateur avec eau distillée à 37°C pdt 24H	Vickers hardness (VHN) tester, Future Tech (Japan- Model FM 700) Charge de 50g - Temps = 15 secondes	TEC à 2mm et TECBF à 2 et 4mm montrent un DC acceptable >80%, TECBF a une profondeur de polymérisation supérieure à TEC pour tous les temps de photopolymérisation et à toutes les profondeurs. Augmenter le temps de photopolymérisation a un léger effet significatif sur le DC des 2 composites.
FINAN (43) 2013	2 compo bulk fluides : SDR (U), XTB (U)	n=20, moule en nylon Fragments fracturés du test de flexion biaxiale (Disques de 11x11mm) 	Halogène QTH (Optilux 501, Kerr, Orange, CA, USA) 650±26mW/cm² , Ø embout = 13mm 20 secondes	Au sec à 37 ±1°C pdt 24 H.	Vickers Micro-Hardness Indentor (Vickers Instruments Ltd., York, England) 3 indentations Charge = 300g / Temps = 15 sec de 1 à 5mm (distance de l'embout) Charge = 200g, 100g et 50g / Temps = 15 sec à 6mm, 7mm, 8mm	Pour XTB : les moyennes de VHN varient entre 53 à 1mm et 5 à 8mm, il n'existe pas de différence significative de VHN entre 1 et 3mm, la moyenne de VHN pour des profondeurs supérieures à 4mm est significativement diminuée. Pour SDR : les moyennes de VHN varient entre 37 à 1mm et 0 à 8mm. SANS différence significative des valeurs de VHN de 1 à 4mm de profondeur, mais avec VHN significativement plus bas à partir de 5mm. Les analyses du degré de conversion, de dureté Vickers et de flexion confirment que les composites bulk fluides obtiennent une profondeur de polymérisation supérieure à 4mm. Les différences de chimie des monomères et dans les caractéristiques des charges (type de fraction volumique, densité et taille des particules et leur distribution) contribuent à des différences significatives dans les données du degré de conversion, de la flexion et de la dureté Vickers entre les 2 composites bulk fluides.
FLEMING (69) 2008	3 compo (1bulk) : FZ250 (A3), Admira (A3), XTF (A3)	n=5, Ø 11mm x 1mm d'ép 	Halogène (XL2500; 3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, USA) à température ambiante : 23±1°C. 670±18mW/cm², Ø embout 13mm	Immergé dans eau à 37±1°C pdt 48H	Vickers Micro-Hardness Indentor (Vickers Instruments Ltd., York, England) Déterminée à court terme (0.1, 0.5, 1, 4, 24 et 48H) et à moyen terme (1, 4, 12 et 24 semaines) Charge = 500 g – Temps = 15 s	Les ratios de tous les composites sont > 90%

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
FLURY (70) 2014	5 compo (4 bulk) : FSup XTE (A3), SDR (U), FBF (U), (U), XTF (U), TECBF (IVA)	□ n=8, moule en Teflon, Encoche semi-circulaire de Ø 4 x 15mm de long  □ n=14, moule en Teflon, cylindres de Ø 3,6mm x 2, 4 ou 6mm d'ép 	LED (Demi, Kerr Corporation, Middleton, WI, USA) ≥ 1000 mW/cm² embout en contact avec surface supérieure 20 secondes	Dans incubateur (ds le noir, 100% d'humidité) à 37°C pdt 24H	Microhardness indentation device (Fischerscope HM2000, Helmut Fischer GmbH, Sindelfingen, Germany). Charge = 0,4 à 500mN, augmentation puis diminution à vitesse constante / Temps = 50 sec □ Profils de microdureté avec 6 mesures : 1, 2, 3, 4, 5 et 6mm de profondeur. □ Microdureté avec différentes épaisseurs d'échantillons : 5 mesures sur la surface inférieure : 1 au centre et 4 vers la périphérie	□ Profils moyens de dureté HV (à 2mm/4mm/6mm): FSupXTE 105.6/88.8/38.3, SDR 34.0/35.5/36.9, FBF 36.4/38.7/37.1, XTF 103.4/103.9/101.9, TECBF 63.5/59.7/51.9. □ Dureté moyenne mesurée à la base (à 2 mm/4 mm/6 mm): FSupXTE 105.5 > 85.5 > 31.1, SDR 25.8 = 21.9 = 26.0, FBF 26.6 = 25.3 = 28.9, XTF 110.5 = 107.2 = 101.9, TECBF 63.0 > 54.9 > 48.2. La microdureté du composite conventionnel FSupXTE et du composite bulk TECBF diminue avec l'augmentation de l'épaisseur des incréments, tandis que la microdureté des 3 autres composites bulk (SDR, FBF, XTF) reste constante malgré l'épaisseur qui augmente.
FLURY (71) 2012	6 compo (4 bulk) : FSupP (A3), FS (A3), SDR (U), VBF (U), QXF (U), (U), TECBF (IVA)	n=22, moule en acier inoxydable Encoche semi-circulaire Ø 4 x 15 mm de long 	LED (Demi, Kerr Corporation, Middleton, WI, USA) ≥ 1000 mW/cm², embout centré et en contact avec surface supérieure 10 et 20 secondes	-	Microhardness indentation device (Fischerscope HM2000, Helmut Fischer GmbH, Sindelfingen, Germany). Charge = 3g / Temps = 15 sec	La méthode de grattage surestime les valeurs de profondeur de polymérisation.
GAROUSHI (75) 2016	11 compo (7 bulk) : XTE, XTF, EXP, TECBF, SF, VBF, SDR, FBF, FSup, G-A, Al, G-UF, Teinte A3	n=5, moule en Teflon, Cylindres de 4 épaisseurs différentes : 1, 2, 3 et 4mm 	LED (Elipar™ FreeLight 2, 3 M ESPE, Seefeld, Germany) 1000 mW/cm², embout centré perpendiculairement directement sur la surface sup 40 secondes	Au sec à 37°C pdt 24H	Struers Duramin hardness microscope (Struers, Copenhagen, Denmark) avec un objectif x40. 6 mesures sur chaque coté des échantillons Charge = 981,2 mN / Temps = 10 sec	Les composites bulk de faible viscosité montrent une dureté Vickers inférieure aux composites bulk de haute viscosité. VBF (20,4) obtient la valeur la plus faible avec une diminution de 10% entre la surface et la base. Tandis que SF (68,3) obtient la valeur la plus élevée avec une diminution de 17%.
HAHNEL (78) 2011	15 compo (1 bulk) : Sy, Ad, Ara, CompoG F, Dyr extra, Esthet X, FSi, FSup, Z250, G, HM, IT-S, QXF, S, TEC	n=6, Disques de Ø 9mm x 2mm d'ép, 	Halogène (Elipar Trilight, 3M ESPE, Seefeld, Germany) 800 mW/cm², 40 secondes	Polissage	Zwick device (B3212001, Zwick, Ulm, G) selon DIN 50133. Charge = 500g / Temps = 60 secondes	Les composites bulk de faible viscosité montrent une dureté Vickers inférieure aux composites bulk de haute viscosité. VBF (20,4) obtient la valeur la plus faible avec une diminution de 10% entre la surface et la base. Tandis que SF (68,3) obtient la valeur la plus élevée avec une diminution de 17%. A une profondeur de 4mm, Alert, TetricEvoCeram Bulk Fill and G-aenial anterior montrent la diminution la plus importante à travers le matériau et des valeurs de dureté inférieures à 80%. Différences significatives dans les valeurs de dureté Vickers entre les matériaux. Moyennes de dureté HV : Sy (HV=19) < HM (HV=21), FSi (HV=47) < Dyr extra (HV=67) = FZ250 (HV=68) = QXF (HV=70) < G (HV=76); FSi et G montrent les écarts types les plus élevés (± 21/33).

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
HAHNEL (77) 2010	5 compo (1 bulk) : FSupXT, FS, Exp ormocer, CX, QXF,	n=15, moule en silicone, 2 x 2 x 25 mm 	Halogène (Elipar Trilight, 3M ESPE; Seefeld, Germany) 800 mW/cm² 40 secondes de chaque côté	Polissage dans eau distillée, éthanol ou salive artificielle et cycle thermique	Zwick device (B3212001, Zwick, Ulm, G) selon DIN 50133. Charge = 500g / Temps = 60 secondes	Pour la dureté Vickers et la résistance à la flexion, le temps de vieillissement et le matériau ont eu un effet nettement plus prononcé que le milieu de vieillissement. Les composites testés ne sont pas affectés de la même manière par le vieillissement artificiel, et aucun d'entre eux n'a montré un comportement satisfaisant pour les trois paramètres. Une dureté Vickers réduite, une résistance à la flexion et une rugosité de surface accrue d'un composite peuvent provoquer une usure accrue, une abrasion et des probabilités plus élevées de fractures in vivo; ainsi, dans les limites d'une étude in vitro, la probabilité de survie des restaurations composites peut encore diminuer avec le temps en raison d'une détérioration significative de leurs propriétés mécaniques.
ILIE 2011	6 compo (1 bulk) : EXp, FSupP, FS, EXF, FSupPF Exp-Flow = SDR	n=10, moule en plastique 4 x 4 x 2 mm 	LED (Freelight 2, 3M ESPE, Germany) 1226mW/cm² 20 secondes	Dans eau pdt distillée + 24H polissage	Micro-hardness indenter (Fischerscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) selon DIN 50359-1:1997-10. 5 mesures, Charge = 0,4 à 500mN, augmentation puis diminution à vitesse constante	Pour tous les matériaux, pas de différence significative dans les propriétés micromécaniques entre 0 et 2mm. Les composites fluides obtiennent des propriétés micromécaniques significativement inférieures par rapport aux composites hybrides. Parmi les matériaux fluides, SDR obtient la plus faible valeur de dureté Vickers, le fluage le plus élevé, la déformation élastique la plus faible.
ILIE 2013	2 compo bulk : TECBF, XTB	n=6, Ø 3mm x 6 mm d'ép 	LED (Elipar Freelight2, 3M ESPE) Distance embout : 0mm et 7mm, 10, 20 et 40 secondes	Dans eau distillée à 37°C pdt 24H polissage	Automatic micro-hardness indenter (Fischerscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) selon DIN 50359-1:1997-10. A 0,1 mm sous la surface puis intervalle de 100 µm. Charge = 0,4 à 500mN, augmentation puis diminution à vitesse constante.	La profondeur de poly influence fortement les propriétés mécaniques. XTB > TECBF et lorsque l'on positionne l'embout à 7mm les différences entre les 2 matériaux deviennent insignifiantes pour le module. Les propriétés mécaniques d'XTB sont supérieures à celles de TECBF ces résultats ne sont pas en accord avec les résultats des autres études (Ilie « Investigations »)
ILIE 2015	4 compo bulk fluides : VBF, SDR, XTB, FBF	n=5, cavité cylindrique dans une molaire extraite Ø 5mm x 6mm d'ép  	LED (VALO, Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, USA) utilisée avec différents modes et temps d'exposition : mode standard (5, 20 et 40 s), mode pleine puissance (3, 4 et 8 s) and distances de l'embout (0 et 7 mm) De 1176 mW/cm² (0 mm) à 646 mW/cm² (7 mm) en mode standard, De 1766 à 875 mW/cm² en mode pleine puissance, De 3416 à 1750 mW/cm² en mode plasma	Dans eau distillée à 37°C pdt 24H + polissage	Automatic micro-hardness indenter (Fischerscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) selon DIN 50359-1:1997-10 ; à 0,2 mm sous la surface puis intervalle de 200 µm. Charge = 0,4 à 500mN, augmentation puis diminution à vitesse constante.	La densité d'énergie exercée sur les composites a une forte influence sur les propriétés mesurées, la distance a une forte influence sur la profondeur de poly et une faible influence ou insignifiante sur la dureté et le module d'indentation. XTB > SDR = FBF > VBF

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
ILIE 2014	3 compo bulk non fluide : TECBF (IVA), XTF (U), SF (A3)	n=5, cavité cylindrique dans une molaire extraite Ø 5mm x 6mm d'ép 	LED (VALO, Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, USA) utilisée avec différents modes et temps d'exposition : IDEM « ILIE 2015 Effet »	Dans eau distillée à 37°C pdt 24H , + polissage	Automatic micro-hardness indenter (Fischerscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) selon DIN 50359-1:1997-10, 6 mesures à 4mm des bords. Charge = 0,4 à 500mN , augmentation puis diminution à vitesse constante.	Dans les meilleures conditions de photopoly (mode standard pdt 40 sec à 0mm) : XTF > SF > TECBF
ILIE 2013	7 compo bulk : TECBF (IVA), XTF (U), SF (A3), VBF (U), SDR (U), XTB (U), FBF (U)	Fragments supérieurs à 8mm du test de flexion 3 points sont utilisés => échantillons flexion 3 points : n=10, dans moule en acier, 2x2x16mm 	LED (Elipar Freelight 2, ESPE, Seefeld, Germany) 1241 mW/cm², 3x20 secondes de chaque côté (Avant test de flexion 3 points)	Polissage	Universal hardness device (Fischerscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) selon DIN 50359-1:1997-10, 6 mesures à 4mm des bords. Charge = 0,4 à 500mN , augmentation puis diminution à vitesse constante.	XTF montre les valeurs les plus hautes tandis que FBF et VBF montrent les plus basses. Corrélation entre le module de flexion et le module d'indentation La microdureté : Composites nanohybrides = Composites microhybrides > Bulk > Composites fluides
ILIE 2015	2 compo bulk + 2 Giomers : BBR, BBE, TECBF, SDR	Cylindre de Ø 3mm x 6mm d'ép 	LED Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). 20 secondes	Dans eau distillée à 37°C pdt 24H + Polissage	Automatic micro-hardness indenter (Fischerscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) à 0,1 mm sous la surface puis intervalle de 100 µm. Charge = 0,4 à 500mN , augmentation puis diminution à vitesse constante.	SDR < BBE < TECBF < BBR SDR (53.5±2.0 N/mm²), Beautifil Bulk Flow (69.0±9.4 N/mm²), Tetric EvoCeram Bulk Fill (72.6±5.0 N/mm²) et Beautifil Bulk restorative (90.0±7.5 N/mm²)
JANG 2015	6 compo (3 bulk) : GU-F, TECF, SDR, VBF, TECBF, FSUpU	n=8, moule opaque poly-acrylique, Ø 4mm x 4mm d'ép 	LED (BluePhase, Vivadent) 700 mW/cm², 20 secondes , Embout à 1,2 mm du composite (ép plaque de verre) sur la face supérieure	Dans eau distillée à température ambiante pdt 24H	Vickers microhardness instrument (HMV-2, Shimadzu, Kyoto, Japan). 3 mesures sur chaque côté de chaque échantillon. Charge = 4,903 N / Temps = 5 sec	Tous les composites (sauf VBF) montrent des valeurs de microdureté significativement inférieures à la base par rapport aux valeurs à la surface. Bulk fluides (SDR et VBF) obtiennent un ratio supérieur à 80% tandis que TECBF et GU-F composites non fluides et fortement chargés n'atteignent pas le ratio de 80%.
KIM 2015	6 compo (4 bulk) : VBF (U), SDR (U), TECBF (IVA), SF (U), CF (A2), TEC (A2)	n=10, moule en acrylique, Ø 9mm x 2, 3 et 4mm d'ép 	LED (BluePhase, Vivadent Inc., Amherst, NY, USA) 1200 mW/cm², 20 secondes , embout en contact avec surface supérieure	Dans le noir , dans de l' eau pdt à 37°C pdt 24H	Vickers hardness tester (MVK-H1, Akashi, Tokyo, Japan). Microdureté mesurée à 0mm, 2, 3 et 4mm. Charge = 200gf / Temps = 10 sec	Pour SDR, TECBF et TEC la microdureté diminue significativement avec l'augmentation d'épaisseur ; pour VBF : homogénéité de la dureté à travers tout le matériau (pas de différence entre les profondeurs ; CF à 4mm est significativement inférieure aux autres épaisseurs ; pour SF pas de différence entre 2 et 3mm. La microdureté diminue avec l'augmentation de l'épaisseur de résine (sauf pour VBF). Les résines composites bulk étudiées montrent un ratio d'environ 80% ou plus pour 4mm de profondeur.

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
LEPRINCE (91) 2014	11 compo bulk) : TECBF (IVA), VBFB (U), SDR (A3), XTF (U), SF XTB (U), SF (A3), FBF (U), XB (B), Col DCBF , G, GF	n=5, moule en Teflon Echantillons fracturés récupérés des tests précédents 2 x 2 x 25 mm 	LED (BluePhase G2, Ivoclar- Vivadent, Schaan, Liechtenstein) 1050 mW/cm² en mode forte intensité, 4x40 secondes , embout en contact avec le film de polyester de la surface supérieure	-Au sec dans le noir à 23±1°C pdt 24H -puis dans éthanol pur pdt 24H pr 2 ^{èmes} mesures. Pas de polissage	Durimet microhardness tester (Leitz, Wetzlar, Germany). Charge = 200 g / Temps = 30 sec sur la surface supérieure.	La microdureté semble être la propriété la plus discriminante entre les différents matériaux étudiés : VHN au sec variant de 21.7 à 120.8 ; et VHN éthanol de 6.0 à 99.0 Grandio affiche la microdureté la plus élevée (au sec et éthanol) par rapport aux autres matériaux, tandis qu'un groupe de 3 composites affichent des duretés très basses : FBF, SDR et VBF => composites bulk fluides ! Bonne corrélation entre les propriétés mécaniques et la fraction de charges.
MARIGO (93) 2015	4 compo fluides (1 bulk) : SDR , VDF , FSupXTE , Enamel plus HRI Flow	n=3, moules en acier inoxydable, Disque1 (Ø 6 mm x 2 mm) + Disque2 (Ø 6 mm x 2 mm) = 4 mm d'ép 	LED (ART-L3 Curing LightPro) 1000 mW/cm² , embout à 2mm de la surface supérieure du disque 1 40 secondes selon les instructions des fabricants	-	Vickers hardness tester (Microhardness Tester MHT4, Zeiss, Jana, Germany) 3 indentations sur chaque surface. Charge = 100 g soit (0.981 N) / Temps = 15 sec , pente : 10 gf/s.	VHN surface (0mm) : HRI > FSupXTE > SDR > VDF. Pour les épaisseurs de 2 et 4mm, les valeurs de VDF sont significativement inférieures aux autres composites et celles de HRI sont significativement supérieures aux autres. Les valeurs de surface sont supérieures à celles de la base. Le ratio de SDR à 4mm est supérieur aux ratios des autres matériaux.
MILETIC (94) 2016	6 compo (5 bulk) : FBF (U), SDR (U), SF (A3), XB (U), TECBF (IVA), TEC (A3)	n=6, préfabriqué standardisé de plastique polyéthylène, Ø 5 mm x 4 ou 6 mm d'ép 	LED (Bluephase 20i, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) 1100 mW/cm² en « high » mode 10 ou 20 secondes : Incréments de 2mm + 2mm pdt 10 sec chacun / 4mm pdt 10sec / 4mm pdt 20 sec / 6mm pdt 20 sec	Au sec à 37°C pdt 24H	Vickers hardness tester (FV- 700, Future-Tech, Kawasaki- ku, Japan). 5 mesures sur chaque surface Charge = 1 kg / Temps = 10 sec / sous grossissement x10	La dureté varie entre 30-80 VHN. TECBF , XB et SF montrent des ratios supérieurs à 80% après 20 secondes de photopoly des incrément de 4mm.
NAGI (95) 2016	2 compo bulk : TECBF , XTF .	n=5, moule en Teflon, Ø 6mm x 3 ép différentes : 2, 3 et 4mm 	LED (Elipar S10, 3M ESPE; USA) ≥ 800 mW/cm² , embout centré et en contact avec la surface supérieure 10, 20, 40 et 60 secondes	Dans le noir à 37°C pdt 24H	Vickers micro-hardness tester (Nexus 4000/60, INNOVATEST, Netherlands, Europe). 3 indentations sur chaque surface. Charge = 500 g / Temps = 15 sec .	Les différents composites testés affectent significativement la microdureté tandis que l'épaisseur, le temps de photopolymérisation et la surface n'affectent pas la microdureté. XTF (92,01) > TECBF (54,13).
ROSATTO (103) 2015	7 compo (4 bulk) : TECBF (IVA), VBFB (A2), FBF (A2), SDR (A2), EX-HD (A2), Cha (A2), Z350XT (A2)	n=5, Cavité de classe II (MOD), 4/5 ^{ème} de la largeur intercuspidienne x 4mm de prof en occlusal et 1mm en proximal 	Halogène (Optilux 501, Kerr Mfg. Co, Orange, CA, USA) 800 mW/cm² Selon les instructions des fabricants : 40 sec pr FBF et 20 sec pr tous les autres composites.	Polissage + ultrasons dans eau distillée pdt 10min	Vickers indenter (CSM Micro- Hardness Tester; CSM Instruments, Pesex, Switzerland), intervalles de 1.0 mm (de 4.5 mm à 0.5 mm, débutant à partir du bord coté pulpe). Charge = 0 à 500mN / Temps 20 sec . Augmentation ou diminution de la charge à vitesse constante, ac 500mN appliquée pdt 5 sec	Pour FBF/Z350XT , SDR/EST-X et VBFB/CHA la dureté reste constante dans la partie émail (composite conventionnel) et décroit significativement dans la partie dentine (composite bulk). Pas de différence entre les duretés dans la partie émail des composites en technique par incréments. La dureté dans la partie dentine est plus faible dans les groupes utilisant un composite bulk fluide (FBF/Z350XT , SDR/EST-X et VBFB/CHA) que dans les autres groupes : bulk condensable (TECBF) ou composite conventionnel (FZ350XT). Les composites bulk fluides ont les propriétés mécaniques les plus faibles par rapport aux composites bulk modelables et conventionnels. La dureté de Z350XT et TECBF reste constante à travers toute la restauration.

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
ROUHOLLA HI (104) 2012	3 compo (1 bulk) : Z250 (A2), QXF (U), PhotoC (U)	n=8, moule en polytetrafluoroethyl ene, Ø 8mm x différentes ép : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 mm.	Halogène (Coltolux 75, collène / Whaledent, Mahawash, Nj, USA) 800-820 mW/cm² , longueur d'onde : 420-510 nm 60 secondes sur la surface supérieure	A température ambiante pdt 24H	Vickers hardness tester (Beahler LTD, USA). 3 mesures sur chaque surface. Charge = 100g / Temps = 15 sec	VHN (surface 0 mm) : PhotoC > Z250 > QXF, pour 1 et 2mm d'épaisseur la dureté à la base de QXF est significativement inférieure à celle des 2 autres composites. A 3mm seul PhotoC a des valeurs significativement supérieures aux 2 autres, à 4 et 5mm : PhotoC > QXF > Z250. La PP satisfaisante pour Z250 est >3mm alors qu'elle est >5mm pour les 2 autres. Aucun des composites n'a une PP adéquate à plus de 6mm.
SON (108) 2016	7 compo (5 bulk) : FBF, SDR, VBF, SF, TECBF , TEC, Z350XTf	n=12, Ø 7mm x 1, 2, 3, 4mm d'ép	LED [L.E.Demetron (DE), Kerr, Danbury, CT, USA] 900 mW/cm² 40 secondes sur la surface supérieure à 23±1°C	Au sec à 37°C dans le noir pdt 24H .	Vickers hardness tester (MVK- HI, Akashi, Tokyo, Japan). Charge = 200 g / Temps = 10 sec.	Z350XTF montre la diminution de la microdureté la plus grande tandis que VBF montre la plus faible. Les composites bulk ont une diminution de microdureté plus faible (11.5- 48.8 %) que les composites conventionnels TEC (57.3%) et Z350XTF (71.5%). La microdureté est plus homogène à travers les composites bulk que dans les composites conventionnels.
SOYGUN (109) 2015	3 compo bulk : XTB, SDR , TECBF	n=10, disques Ø 4mm x 2 ou 4mm d'ép	-Halogène (QTH; Heliolux DLX, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), 750 mW/cm² , longueur d'onde 400-500nm, pdt 40 secondes -LED (LED; Ultralight PB-070, Fine Vision Electronics Co. Ltd., Sanchung City, Taipei County, Taiwan), 1000mW/cm² , longueur d'onde 440-480nm, pdt 10 secondes	Dans eau distillée pdt 24H , ayant subi 10.000 cycles ds eau distillée entre 5 and 55°C, pdt 30 sec ds chaque bain et tps transfert entre bains = 15 sec + Polissage	Digital microhardness tester (Shimadzu HMV-M3, Kyoto, Japan), 3 mesures sur chaque surface Charge = 300g / Temps = 15 sec.	Pour tous les composites qu'ils soient photopolymérisés avec une lampe LED ou halogène : toutes les valeurs de dureté de surface sont supérieures à celles de dureté à la base. Il existe des différences significatives entre les composites en fonction de la lampe utilisée sauf pour SDR et TECBF ! Halogène > LED ! TECBF obtient les valeurs les plus grandes tandis que SDR obtient les plus faibles. Pas de différence avec halogène pour XTB et TECBF entre 2 et 4mm mais différences pour les autres composites. Ratios sont >80% sauf pour : SDR à 4mm avec halogène et LED ainsi que TECBF à 4mm avec LED. Parmi les bulk TECBF a la microdureté la plus importante indépendamment de la lampe utilisée.
TOPCU (114) 2010	8 compo (1 bulk) : Clearfil MajP (A3), FSup (A3), Ceram-X (A3), P (A3), Z250 (A3), Herculite XRV (A3), Clearfil APX (A3), QXF (A3)	n=10, moule en acier inoxydable, Ø 8mm x 2 mm d'ép	-Halogène QTH (Hilux Ultra Plus, Benlioglu Dental Inc., Ankara, Turkey), 600 mW/cm² et longueur d'onde = 450-520 nm -LED (SmartLite PS, Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) LED de 5 W, 950 mW/cm² et longueur d'onde = 450-490 nm, Ø embout = 8 mm. 40 secondes en mode standard, embout à 1mm de la surface sup	Dans eau distillée à 37°C pdt 7J + polissage	Vickers hardness measuring instrument (Micrometl 5114, Buehler Ltd, Lake Bluff, IL). 3 indentations à différents endroits et des 2 cotés Charge = 200 g / Temps = 15 sec	Parmi les compo microhybrides : la dureté de surface est supérieure avec une lampe halogène par rapport à une lampe LED pour FSup, Majesty Post et Clearfil, tandis qu'il n'y a pas de différence pour Herculite et Z250. Pas de différence pour les valeurs de dureté en fonction de la lampe pour le bulk QXF . Les valeurs de microdureté à la base des compo nanohybrides : FSup, Majesty Post et P photopoly avec halogène sont supérieures à celles photopoly avec LED. Pour les composites microhybrides : Clearfil et Z250 avec halogène sont significativement supérieures. Pas de différence entre les lampes pour Her et QXF.
ZORZIN (116) 2015	7 compo (5 bulk) : FBF (A2), SDR (U), VBF (U), XTB (A2), TECBF (IVA), Z250 (A2), FSupXTF (A2)	n=5, Disques de 2 ou 4 mm d'ép	LED (Bluephase20i, Ivoclar- Vivadent) 1200 mW/cm² , 30 secondes ET selon instructions des fabricants	Dans eau distillée à 37°C 24H	Vickers impression tester (ZHV10, Zwick Roell, Ulm, Germany). Charge = 1kg / Temps = 15 sec	Tous les composites (sauf SDR et XTB) ont une diminution significative de leur dureté entre la surface et la base à 4mm, indépendamment du temps de photopoly ou du type de matériau. Augmenter le temps de photopolymérisation entraine l'augmentation de la dureté des bulk TECBF et XTB à toutes les épaisseurs et de FBF et VBF à 2 et 4mm.

Tableau IX : Microdureté Vickers

Résultats dureté Vickers :

Vickers	VBF	SDR	XTB	FBF flow	EXP	SF	TECBF	XTF	QXF	Z250	FSup UR	TEC	FSupUF	TEC F
ABED (34) 0/4mm								75,79±7,03 / 68,66±5,10	64,13±6,20 / 63,61±5,50					
ALSHAL I(57) : 0/2 ou 4mm T0/T24H	7,8±0,8 8,6±0,7 14,8±0,8 16,9±0,8	/ 12,4±1,1 / 13,9±2,8 / 24,7±2,5 25,5±2,8	/ 28,6±2,4 / 28,5±2,5 / 36,3±3,1 38,2±2,9	/ 12,9±0,5 / 12,3±1,2 / 22,0±0,5 24,0±0,8		66,4±2,6 / 61,6±2,1 // 75,3±1,8 / 70,6±2,0	31,1±2,7 / 27,6±1,7 // 43,0±2,0 / 40,5±0,8			57,2±4,1 56,0±1,9 71,9±4,3 72,5±3,0	/ // / 40,1±2,8		29,8±2,1/ 31,3±4,2// 41,2±1,4/ 40,1±2,8	
AL SUNBUL (59) (Sec//Eau7 J90J// 75%E- E7J/90J// MEK7J/90 J)	22,65// 13,71/19,73// 6,31/11,29// 5,54/9,66	33,5// 22,45/23,10// 11,09/4,24// 4,24/6,86			60// 42,17/43,06/ / 24,74/28,98/ / 24,76/25,55		49// 37,22/41// 21,28/29,76/ /21,47/24,97					48,35// 35,27/34,9// 29,51/22,13/ / 23,07/20,75		
BUCUT A(46) 0/2/4/6mm	38,4±3,8 39,5±2,4 34,5±7,6 35,7±1,1	/ 50,6±1,4/ / 52,4±1,6/ 48,6±3,1 50,2±5,2	69,0 ±2,5 / 64,6 ±4,1 / 61,0 ±0,4 50,8±2,2	40,1 ±1,5 / 38,5 ±0,6 / 34,4 ±0,8 25,7 ±2,0		91,4 ±2,7 / 87,8 ±2,6 / 77,3 ±3,3 57,7 ±5,4	77,7 ±2,5 / 69,5 ±3,4 / 74,7 ±1,6 72,4±2,2	144,7 ±18,2 / 126,8 ±7,6 / 144,3 ±6,2 129,8 ±3,6				70,4 ±2,1 / 59,3 ±2,9 / 64,9 ±4,9 29,3 ±12,0		
CAMPO DONICO (31) 0,5/1/2/3,5 mm Bulk // Incrementa l // Bulk- transooth illumina n								121,8 ±10,1 / 118,2 ±12,7 / 115,3 ±4,8 / 111,1 ±5,5 // 121,9 ±18,2 / 117,78 ±8,5 / 117,8 ±5,3 / 114,9 ±10,3			101,3±1,7/ 101,12±1,7/ 93,1±4,4/ 75,1±12,9// 102,3±1,8/ 99,8±4,5/ 100,2±3,9/ 90,6±4,2 // 107,4±5,2/ 106,9±3,3/ 104,0±3,8/ 95,0±3,4			
DIONIS OPOUL OS (64) 0/2/4mm à T0/T24H// /T24H+54° C	18,52±2,07/ 17,02±1,54/ 15,46±2,31// 19,38±0,96 / 18,63±2,94/ 16,57±0,71		30,10±1,89/ 29,92±2,46/ 25,51±3,02// 34,34±2,63/ 32,70±0,96/ 28,33±1,68	17,36±0,88/ 14,12±2,30/ 12,18±1,41// 21,08±0,92/ 17,72±2,29/ 12,38±0,69	51,42±2,84/ 42,80±2,49/ 41,22±2,42// 55,06±2,11/ 48,90±1,93/ 43,62±1,40 // 58,12±1,62/ 50,74±3,77/ 46,96±2,44		42,84±2,25/ 35,40±4,21/ 26,31±1,89// 44,80±1,85/ 39,56±2,86/ 28,87±1,50 // 47,28±2,75/ 43±2,35/ 32,74±2,22	62,56±4,13/ 63,20±5,21/ 55,84±2,32// 73,70±4,46/ 66,36±1,04/ 56,56±4,5 // 77,70±3,14/ 67,91±3,38/ 60,83±3,49	Z550 : 69,74±3,09/ 58,64±4/ 21,54±2,67// 72,14±1,14/ 62,32±1,69/ 22,90±1,29 // 72,96±3,06/ 72,40±1,78/ 23,22±1,66					
ENGELH ARDT (67) tte ép	23,5 ±8,64	36,17 ±2,62	57,17 ±2,48											14,37 ±2,09

Vickers	VBF	SDR	XTB	FBF	EXP	SF	TECBF	XTF	QXF	Z250	FSup UR	TEC	FSupUF	TECF
FARAH AT (68) 0/2/4/6mm							20s : 45±3,06/ 40,74±3,74/ 34,64±2,19/ 29,68±2,43 40s : 46,55±3,6/ 42,63±3,09/ 36,04±2,33/ 33,37±3,07					20s : 44,5±2,46/ 33,98±1,91/2 9,97±3,48/28, 16±2,19 40s : 45,8±2,6/ 35,38±1,43/3 3,36±3,35/32, 31±2,89		
FLEMIN G (69) (Surface/B ase 4mm pr bulk)							1H:112,3±4,4 / 90,4±6,4 24H:106,7±3 ,3/92,5±6,7 1Sem:100,7 ±3/83,9±4 24Sem:94,1 ±4/-			1H : 86,8±5,8/ 81,5±5,1 24H : 90,4±5,8/ 86,4±7,0 1Sem:87,8±1,6/ 82,7±3,7 24Sem:87,9±8, 7/ 83,4±6,7				
FLU(70) 2/4/6mm		34 / 35,5 / 36,9		36,4 / 38,7 / 37,1			63,5 / 59,7 / 51,9	103,4 / 103,9 / 101,9			105,6 / 88,8 / 38,3			
FLU(71) 10/20sec	9,45 / 13,05	15,60 / 17,65					48,55 / 51,95		62,20 / 70,10		59,45 / 68,50			
GAROU SHI(75) ~ 0/4mm	20,4 / 16	27 / 25		30 / 24	56 / 50	68,3 / 58	42 / 33	66 / 58			38 / 34			
HAHNE (77) ite ép									70,4 ±4,5	67,8 ±3,8	30,3 ±2,3	54,1 ±2,9		
HAHNE L (78) baseline // TC // Eau distillée // Ethanol // Salive artificiel e à 7/90/365I							87,6 ±1,5// 74,4 ±5,6 // 57,6 ±43,6/ 92,3 ±4,4/ 89,6 ±4,9 // 97,1 ±13,4/ 68,8 ±3,5/ 58,1 ±2,1 // 96,1 ±9,9/ 95,2 ±22,1/ 81,4 ±4,7				90,6 ±6,8// 80,8±14,4// 97,0 ±2,1/ 78,1 ±10,1/ 80,2 ±5,5//96,6 ±8,3/ 47,5 ±8,3/ 86,4 ±7,3// 89,8±6,0/ 88,7 ±2,6/ 78,9 ±6,5			
ILIE (82) 0/2mm		36,3 / 40,1									83,9 / 85,4		46,7 / 49,3	
JANG (85) 0/4mm	30,55±1,17 / 29,95±1,16	32,14±1,42 / 30,28±1,73					49,05±3,82 / 37,83±5,73				87,30±6,41/ 67,21±4,96			35,36±4, 62/26,36 ±6,90
KIM (87) 0/2/3/4mm	25,87±0,17/ 24,52±0,22/ 24,37±0,39	33,77±0,51/ 31,68±0,67/ 29,48±0,72				77,56±0,31/ 70,65±1,07/ 65,75±0,86	51,98±0,71/ 50,58±0,53/ 40,91±0,76					51,96±0,88/ 42,99±0,58/ 27,23±0,86		

Vickers	VBF	SDR	XTB	FBF	EXP	SF	TECBF	XTF	QXF	Z250	FSup UR	TEC	FSup UF	TECF	
LEPRIN (91) Sec/ Ethanol	21,7 / 9,6	31,3 / 6	47 / 28,2	28,7 / 14,3	52,3 / 35,8	71,8 / 65,3	47,7 / 31,9	70,9 / 60,1							
MILETTI C (94) ~ Surface / Base		2mmx 10sX2 : 36/37 ; 4mmx 10s : 34/32 ; 4mmx20s : 36/35 ; 6mmx20s : 36/26		2mmx 10sX2 : 37/40 ; 4mmx 10s : 37/36 ; 4mmx20s : 38/38 ; 6mmx20s : 38/29	2mmx 10sX 2 : 43/55 ; 4mmx 10s : 45/33 ; 4mmx20s : 60/55 ; 6mmx20s : 60/34	2mmx10sX2 : 79/74 ; 4mmx10s : 80/52 ; 4mmx20s : 80/66 ; 6mmx20s : 73/20	2mmx 10sX2 : 69/61 ; 4mmx 10s : 62/45 ; 4mmx20s : 67/56 ; 6mmx20s : 66/30					2mmx 10sX2 : 60/50 ; 4mmx 10s : 61/26 ; 4mmx20s : 62/40 ; 6mmx20s : 62/0			
ROSATT O (103) 0a1,5mm/l .5a4,5mm	x / 52,8±1,7	x / 61,1±3,7		x / 62,7±2,6			106,7±4,2 / 105,4±6,1								
ROUHO LLAHI (104) 0/1/2/4/6/ 8mm									67.208±0.371 2/62.522±0.8 276/60.056±0 .8999/53.017 ±1.1343/49.9 72±1.2755/40 .417±1.0325	74.163±0.3481/ 67.522±0.8584/ 65.867±1.1594/ 44.883±1.9934/ 29.556±1.1899/ -					
SON (108) 0/1/2/4mm	27,8 ±0,5 / 27,4 ±1,2 / 27,2 ±1,6 / 24,6 ±1,8	27,6 ±1,3 / 27,2 ±0,8 / 27,2 ±1,2 / 23,7 ±0,7		28,7 ±1,3 / 26,5 ±0,9 / 26,0 ±0,7 / 14,7 ±1,2		74,3 ±0,9 / 72,9 ±1,0 / 65,5 ±1,2 / 48,6 ±2,8	44,5 ±2,7 / 42,7 ±1,2 / 42,0 ±2,1 / 34,1 ±1,6					43,3 ±1,4 / 42,4 ±1,7 / 38,0 ±1,2 / 18,5 ±1,5			
TOPCU (114) 0/2mm									LED : 66.40±0.97 / 54.13±1.50 QTH : 66.66±0.91 / 53.86±1.31	LED : 77.73±1.67/ 63.03±1.30 QTH : 77.46±2.23/ 65.56±2.61	LED : 66.93±3.21/ 52.80±1.26 QTH : 73.13±1.73/ 59.86±1.09				
ZORZIN (116) 0/2/4mm	Fab : 34,34±4,34 / 29,21±1,52 / 29,15±1,93 30s : 30,64±2,12 / 33,40±1,61 / 34,41±2,07	Fab : 39,82±3,64 / 39,70±2,5 / 38,12±2,22 30s : 36,18±2,87 / 39,68±2,30 / 35,37±1,94	Fab : 57,06±2,76 / 58,08±2,75 / 56,96±3,07 30s : 69,86±9,29 / 74,02±3,61 / 67,84±4,7	Fab : 41,07±1,62 / 37,60±1,52 / 33,45±1,44 30s : 40,47±2,40 / 38,60±0,94 / 36,50±1,90		Fab : 64,52±2,45 / 60,55±3,53 / 41,92±4,46 30s : 70,88±2,50 / 68,39±3,48 / 62,27±3,79				Fab : 93,59±2,92/ 94,08±1,77/ 81,39±2,89 30s : 91,66±7,57/ 93,15±7,29/ 83,67±6,48			Fab : 52,41±2,21/ 50,99±1,98/ 34,80±1,62 30s : 53,14±4,11/ 51,85±2,11/ 43,26±2,08		
MARIG O (93) 0/2 2/4mm en MPa		248±1,36 / 263,2±30,26 // 261,2±11,40 / 203±12,21											457,8±81,48/ 286,6±11,92 // 274,8±25,96/ 210,2±7,99		

Tableau X : Résultats microdureté Vickers

Résultats dureté Vickers = Articles comparant uniquement les bulks :

VHN	VBF	SDR	XTB	FBF	EXP	SF	TECBF	XTF
ABOUE (53) ~ 0/2/4mm	25 / 20 / 17	30 / 20 / 18	54 / 34 / 33	27 / 22 / 15	66/ 58/55	78 / 62 / 54	58 / 50 / 43	
ALRAH (55) te �p/ VHN80%/DoC	37,80�1,10/ 4,19�0,22	30,41�0,88/ 4,19�0,22	62,60�2,01/ 4,31�0,27	44,83�1,43/ 4,14�0,28		77,4�1,82/ 61,92�1,46/ 5,03�0,15	65,23�0,92/ 52,19�0,74/ 4,47�0,12	
CZASCH (63) 0/2/4/6mm/ HV80%	10s : 40.7�4.0/ 46.5�4.7/ 20s : 41.4�1.5/ 46.4�0.9/ 40s : 42.7�4.9/ 46.4�1.0/ 46.0�1.9/ 34.2	10s : 55.1�2.3/ 58.2�4.1/ 20s : 59.1�3.3/ 59.8�2.9/ 40s : 59.1�1.3/ 60.2�1.8/ 59.5�2.9/ 58.9�2.6/ 47.3	57.8�3.4/ 44.1 61.1�2.1/ 47.3 60.2�1.8/ 47.3					
FINAN (43) ~ 1/2/4/6mm		53/53/36/20	37/37/32/10					
ILIE (47) 0mm	38.1 �11.8	54.2 �1.9	85.1 �11.2	48.4 �1.3		82.0 �4.7	78.4 �6.7	133.5 �32.0
ILIE (83)		53.5�2.0					72.6�5.0	
ILIE (48) 0/2/4/6mm			0mm : 10s : 85.8�13.2/ 85.6�6.2/ 20s : 79.1�10.6/ 85.0�6.7/ 40s : 82.3�9.3/ 84.7�7.6/ 7mm : 10s : 73.7�7.0/ 72.1�6.0/ 20s : 78.6�10.6/ 83.1�6.6/ 40s : 78.9�10.6/ 84.3�7.3/ 75.8�9.6	90.6�7.5/ 70.2�12.3/ 83.9�6.8/ 77.3�9.7 85.9�8.5/ 80.6�8.1 76.5�5.0/ 53.0�12.5 83.5�7.2/ 67.3�8.2 83.8�7.1/ 75.8�9.6			0mm : 10s : 71.0�5.4/ 68.5�4.0/ 20s : 73.8�5.6/ 78.8�2.7/ 40s : 80.9�7.3/ 82.4�6.5/ 7mm : 10s : 72.3�7.1/ 64.4�4.4/ 20s : 70.4�6.4/ 67.3�1.5/ 40s : 75.6�2.1/ 73.9�3.0/ 65.6�4.1	
ILIE (81) 0/2/4/6mm //DoC � 0//7mm	5s : 36.8�1.59/ 36.9�0.94/ 29.5�1.74/ 5.4�1.27/ 3.7�0.39/ 2.2�0.22 20s : 42.3�1.87/ 44.9�0.93/ 43.5�0.90/ 40.0�0.88/ 6.0//6.0 40s : 39.0�1.65/ 44.1�1.38/ 44.2�0.47/ 42.1�2.17/ 6.0//6.0	5s : 56.2�4.28/ 56.1�3.16/ 48.6�5.57/ 32.3�13.96/ 5.0�0.43/ 4.4�0.75 20s : 55.6�4.46/ 55.3�3.13/ 55.5�1.71/ 53.5�5.86/ 6.0//6.0 40s : 53.5�2.39/ 54.3�4.02/ 55.9�4.7/ 56.0�11.96/ 6.0//6.0	53.5�1.55/ 52.53/ 5.2�7.3/ 6.66// 7.5 49.5�1.70/ 1.96/ 3.31/ 1.98// 3.62/ 2.84/ 1.27/ 2.48//	5s : 48.3�2.36/ 48.6�0.35/ 41.5�1.10/ 25.5�3.96/ 4.6�0.09/ 3.6�0.22 20s : 53.0�1.97/ 53.9�1.50/ 52.8�2.50/ 48.2�1.22/ 6.0//6.0 40s : 53.5�2.11/ 53.7�1.15/ 52.9�1.09/ 51.9�1.88/ 6.0//6.0				

VHN	VBF	SDR	XTB	FBF	EXP	SF	TECBF	XTF
ILIE (80) 0/2/4/6mm //DoC						0mm : 5s : 92.2±4.38/ 81.1±3.55/ 51.1±2.62/ 23.8±10.66// 2.7±0.30 20s : 93.6±3.40/ 94.1±3.70/ 76.6±1.60/ 36.8±6.41// 4.3±0.23 40s : 88.4±3.03/ 92.9±1.68/ 85.0±1.65/ 51.0±3.17// 5.4±0.38 7mm : 5s : 95.4±9.34/ 72.4±2.39/ 53.0±5.98/ 18.1±6.24// 2.2±0.14 20s : 93.5±2.00/ 87.7±3.77/ 67.7±4.92/ 20.5±10.23// 3.9±0.23 40s : 93.7±3.41/ 91.2±2.66/ 80.3±3.39/ 40.2±6.01// 4.8±0.22	0mm : 5s : 79.4±3.62/ 68.7±8.14/ 57.5±2.41/ 28.5±4.14// 3.7±0.11 20s : 83.2±6.84/ 77.3±1.46/ 69.8±4.17/ 63.5±3.28// 5.6±0.46 40s : 80.9±1.18/ 80.2±2.01/ 77.6±1.63/ 68.8±2.71// 6.0 7mm : 5s : 75.6±1.36/ 67.4±1.55/ 47.0±3.06/ 8.6±8.51 // 2.7±0.30 20s : 81.7±0.74/ 75.9±3.27/ 70.0±3.87/ 57.9±2.08// 5.3±0.23 40s : 80.5±3.74/ 80.2±1.94/ 75.1±3.79/ 65.9±3.38// 5.9±0.27	0mm : 5s : 134.2±7.78/ 110.8±18.49/ 118.9±16.55/ 89.6±9.21// 4.5±0.54 20s : 129.8±9.60/ 140.5±17.91/ 128.8±6.93/ 124.9±22.24// 6.0 40s : 135.5±15.18/ 136.0±1.14/ 127.0±10.24/ 133.7±25.36// 6.0 7mm : 5s : 135.1±27.85/ 128.9±30.57/ 95.7±20.50/ 61.6±6.75// 3.0±0.65 20s : 136.7±6.07/ 134.9±9.19/ 145.1±15.57/ 114.4±10.81// 5.9±0.12 40s : 136.3±9.56/ 141.6±21.69/ 142.5±11.50/ 124.8±10.39// 6.0
NAGI (95) 0-2 // 0-4mm						10s : 54.79±1.53-51.14±0.72 //58.69±0.72-51.81±1.89 20s : 59.66±2.03-50.39±1.10 //56.36±0.67-45.91±1.30 40s : 58.30±0.55-52.84±1.49 //56.82±1.42-48.14±2.35 60s : 57.27±0.46-55.61±0.91 //56.80±1.96-51.12±0.82	10s : 96.50±3.89-87.74±3.27 //93.76±1.89-89.89±2.40 20s : 95.39±0.37-93.87±0.71 //95.90±0.45-94.12±0.78 40s : 88.56±2.53-90.77±1.80 //93.91±1.78-91.03±1.24 60s : 92.49±1.86-89.64±1.09 //92.81±0.65-91.20±1.45	
SOYGUN (109) 0/2mm 0/4mm		LED : 31,20±0,44 / 25,60±0,54 - 32,20±0,83 / 19,40±1,14 QTH : 33,60±1,14 / 28,60±0,54 - 32,00±1,41 / 25,20±0,44	LED : 49,20±1,92 / 45,80±0,83 - 43,40±1,14 / 36,00±1,00 QTH : 46,60±1,14 / 45,00±1,22 - 49,00±1,00 / 45,20±1,30			LED : 54,80±0,83 / 48,20±3,34 - 54,60±1,40 / 41,20±1,30 QTH : 58,20±1,34 / 52,60±2,19 - 56,80±5,44 / 50,00±2,44		

Tableau XI : Résultats microdureté Vickers (articles comparant uniquement les composites bulk)

Résultats Ratio Vickers :

RATIO VHN %	VBF	SDR	XTB	FBF	SF	TECBF	XTF	QXF	FSup	TEC	FSubF	TECF
ABED (34) à 4mm							90,6	99,2				
BUCUTA (46) à 4mm à 6mm	>80 >80	>80 >80	>80 73	>80 64	>80 63	>80 >80	>80 >80			>80 41		
FARAHAT (68) à 2mm/ à 4mm/ à 6mm						20sec : 90,95 / 77,42/ 65,93 40sec : 94,58 / 78,08 / 70,71				20sec : 76,52 / 67,91/ 63,07 40sec : 77,68 / 73,82/ 69,65		
JANG (85) à 4mm	98	94				77			77			74
MARIGO (93) à 2mm à 4mm		106 82										
SOYGUN(109) LED/QTH à 2mm à 4mm		82/85 60/78	93/96 82/92			87/92 75/88						
ZORZIN (116) à 2mm à 4mm instru fab	85.06 84.89	99.70 95.73	101.79 99.82	91.55 81.45		93.85 64.97					97.29 66.40	

Tableau XII : Résultats Ratio microdureté Vickers

✓ Variations des paramètres :

Les indentations sont faites avec différentes charges : de 50g à 1kg (limite macroindentation), appliquées pendant des temps différents.

Les lampes à photopolymériser sont des lampes halogènes ou LED d'intensité variant de 650 à 1226 mW/cm², et d'un temps d'irradiation de 5, 10, 20 ou 40 secondes.

La température de stockage est de 21°C ou 37°C.

Le milieu de conservation utilisé peut-être l'eau, l'éthanol ou l'air.

La forme des échantillons est cylindrique (34, 48, 83, 85, 87, 94, 95, ...) ou rectangulaire (47, 55, 64, 67, 77, 82, 91), cavités préparées dans des dents extraites : MOD (31,103) ou cylindriques (80, 81).

Les mesures ont été faites à la surface, à la base ou à différentes profondeurs des échantillons.

✓ Tendances :

La microdureté VHN mesurée sur la surface supérieure est plus haute que celle de la surface inférieure ce qui est expliqué par une dispersion de la lumière à travers les particules de charges et par une réduction de la lumière dans les couches profondes du composite. Cependant pour certains composites bulk cette remarque est fautive : QXF montre une dureté homogène à travers toute la restauration (34), SDR et XTB (116).

Les composites modelables (haute viscosité) ont des valeurs de dureté supérieures aux composites fluides (faible viscosité) ce qui est lié à un poids en charge augmenté pour les composites modelables. Il faut différencier la faible dureté inhérente aux propriétés du matériau et une dureté réduite due à une polymérisation incomplète. Dans l'étude de Rosatto et al. (103), tous les composites apparaissent comme bien polymérisés ; et la dureté inférieure de SDR et VBF est expliquée par leur faible teneur en charge pour obtenir une faible viscosité (71).

Abouelleil (53), Bucuta (46), Dionysopoulos (64), Ilie (82), Ilie (48), Leprince (91), Flury (71), Rosatto (103) corroborent ces résultats en montrant que les composites fluides obtiennent des valeurs de microdureté inférieures aux autres composites.

Les différences de microdureté peuvent s'expliquer par la composition de la matrice organique (faible taux de charge pour les composites fluides) et de l'augmentation de la taille ou de la quantité des charges (la dureté augmente avec le nombre de charges et avec l'ajout de fibre (53)).

Les valeurs de microdureté Vickers des composites bulk modelables sont similaires aux composites modelables conventionnels (91).

Le temps de stockage : 24H au sec engendre une augmentation de la dureté (57, 91) mais un stockage de 24H dans l'éthanol entraîne l'effet inverse et donc une diminution de la dureté.

Bulk fluides < bulk condensables < composites conventionnels pour Bucuta et al. (46).

Composites fluides < Bulk < Hybrides pour Ilie et al. (47).

De manière générale, à travers tous les articles, on retrouve une dureté inférieure pour les composites fluides par rapport aux composites condensables.

COMPOSITES FLUIDES < COMPOSITES CONDENSABLES

Et chez certains auteurs, les valeurs de composites bulk condensables sont similaires aux composites condensables conventionnels.

Dans la majorité des études, les ratios VHN (à 4 mm) trouvés sont tous supérieurs à 80% (sauf chez Jang (85) pour TECBF et chez Soygun pour SDR et TECBF avec une lampe LED).

PROFONDEUR DE POLYMERISATION

MICRODURETE KNOOP

TABEAU MICRODURETE KNOOP :

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (type, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
ALSHAAFI (56) 2016	4 compo bulk : TECBF (IVA), SF (A2), XTF (U), SDR (A2)	n=5, moule métallique, Ø 4mm x 2 et 4 et 6mm d'ép. 	LED Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent) en mode « high power », 1202 mW/cm² , 151 mW et 24.1 J/cm² 20 secondes	Pas de stockage	Testeur de microdureté Knoop : 9 mesures centrées sur chaque surface. KHN > 12 => Charge = 50 g KHN < 12 => Charge = 10 g Temps = 8 secondes	SDR apparait comme le composite bulk le moins dure (viscosité fluide) , Il n'existe pas de différence significative entre les valeurs de KHN à 2mm d'épaisseur pour SDR, XTF et SF. Les valeurs KHN à 4mm pour XTF, TECBF et SF sont toutes significativement inférieures aux valeurs KHN à 2mm. Le ratio de dureté Knoop à 4mm est supérieur à 80% pour SDR et XTF, et n'atteint que 70% pour TECBF et SF.
EL-DAMAN (65) 2013	6 compo (5 bulk) : VBF , SDR , FBF , TECBF , XTF , Z250	n=5, moule en acier inoxydable, Ø 4mm x 4mm de ht 	LED (Demetron A.1, Kerr / Sybron, Orange, CA, USA) en mode standard. 1000 ±50 mW/cm² Embout centré et en contact 20 secondes	Dans eau distillée et déminéralisée à 37 ±1°C pdt 24H et polissage	Microdureté Knoop : LECO, M-400 Duromètre, St Joseph, MI, USA en 3 points différents sur chaque surface , avec une Charge de 10 N / Temps = 15 secondes .	Dureté à la surface : XTF = Z250 = TECBF > SDR > FBF = VBF / Dureté à la base : XTF > SDR > TECBF > Z250 > VBF > FBF Les composites bulk fluides obtiennent des valeurs de dureté inférieures à celles des composites bulk compactables et du composite conventionnel. TOUS les bulk montrent une polymérisation acceptable à 4 mm, car leur ratio dureté (base/surface) en % est > ou = 80%. Seul Z250 qui n'est pas un composite bulk n'obtient pas un pourcentage de dureté supérieur à 80%.
FRONZA (72) 2015	5 compo (4 bulk) : HER (A2), TECBF (IVA), EXP (U), SDR (U), FBF (A2)	n=5, 30 troisièmes molaires, Classes I de 4mm x 4mm x 4mm = volume de 48mm³ et facteur C de 5,7 	LED (VALO, Ultra-dent Products Inc., South Jordan, UT, USA) 995 ±2 mW/cm² , longueur d'onde entre 350 et 550nm Selon les recommandations des fabricants avec embout aussi proche que possible de la surface 20 secondes pr les bulk et 40 secondes pr les conventionnels.	Eau distillée à 37°C pdt 1 semaine Coupés, Polissage ultrasons pdt 10 min.	Microduromètre : HMV 2000, Shimadzu, Tokyo, Japon. Moyennes de 3 indentations à chaque profondeur (1, 2, 3, 4mm) Charge = 100g (0,98 N) / Temps = 10 secondes	Tous les matériaux présentent des valeurs de dureté Knoop similaires à toutes les profondeurs, sauf TECBF avec une diminution à 3 et 4mm de profondeur comparé à 1mm. Ni la méthode de placement ni la profondeur n'affectent les résultats KHN sauf pour TECBF qui montre des valeurs inférieures avec une augmentation de la profondeur. Il n'y a pas de corrélation entre le DC et la dureté Knoop.
GARCIA (73) 2014	4 compo (3 bulk) : SDR (U), VBF (A2), SF (A2), FSupUF (A2)	n=10, moules en laiton, Ø 14mm x 2 et 3 et 4 et 5 mm d'ép. 	LED SmartLite IQ2 800 mW/cm² , longueur d'onde 450 and 475 nm 20 secondes	Polissage au sec pdt 24H	Testeur de microdureté : A Tukon 2100B testing machine (Wilson Instruments, Northwood, MA, USA). 3 lectures sur chaque surface. Charge = 100g / Temps = 11 secondes	VBF diminuent significativement entre 4 et 5mm d'ép. Et un ratio ≤ 0.80 avec une diminution significative entre 3 et 4mm. SDR est le seul matériau à montrer des valeurs statistiquement similaires aux 4 épaisseurs testées comme son ratio SDR ≤ 0.70 = dureté homogène à travers la restauration. SF diminue significativement à chaque épaisseur, comme son ratio ≤ 0.80. FSupUF montre une différence significative entre 2 et 3 mm et est trop mou à 4 et 5 mm d'épaisseur pour être testé. Ratio FSupUF < 0.6 significativement inférieur aux autres matériaux. VBF et SDR sont tous les 2 polymérisés à 5mm d'épaisseur avec le « scraping test » mais avec le test de dureté sont polymérisés à 70% sur une plus petite épaisseur, au moins 1mm de moins. Toutes les valeurs obtenues avec la dureté KNOOP sont significativement inférieures à celles obtenues avec le « scraping test ».

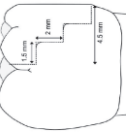
ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (type, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
POLYDOROU (100) 2008	3 compo (1 bulk) : QXF (U), Adam (T), TEC (A2 et A3)	n=10, cylindres de Ø 4mm x 8mm d'ép 	2 LED : Smartlite PS (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) (LED1) 950 mW/cm² et 450-490 nm Ultralume 5 (Ultradent, USA) (LED2) 1,063 mW/cm² et 370-500 nm pdt 10sec et 20secondes Halogène : Elipar Highlight (3M ESPE, Germany), En Mode « soft start » : 150 mW/cm² pdt les 20 premières secondes et 780-800 mW/cm² pdt les 20 suivantes = 40secondes	Dans eau distillée à température ambiante pdt 24H	Mesures Knoop sont réalisées tous les millimètres en commençant à 0,5mm sous la surface (jusqu'à 7,5 mm si possible), Charge = 0,5 N	TEC a des valeurs de dureté Knoop $\geq 80\%$ entre 0 et 2,5mm avec ttes les lampes et pour tous les temps et teintes Et reste >60% jusqu'à 3,5mm sauf LED1 A2 pdt 10sec. QXF >80% avec LED1 jusqu'à 5,5mm / avec halogène et LED2 jusqu'à 4,5mm Tjrs >70% quelle que soit les paramètres
TARLE (110) 2015	5 compo (4 bulk) : TECBF (IV A), XTF (U), QXF (U), SF (A2), TEC (A2)	n=8, moule en acier inoxydable Ø 4mm x 8mm d'ép. 	LED bluephase G2 1170mW/cm² en mode « high intensity », embout centré et en contact avec la surface supérieure 10, 20 et 30 secondes	Dans le noir à 37°C pdt 24H .	Testeur digital de microdureté : model no. 1600-6106, Buehler, Lake Bluff, IL, USA Relevé de 3 indentations sur 5 épaisseurs différentes (0,1-2-3- 4-5 et 6mm). Charge = 10g / Temps = 20 secondes	Concernant la dureté, seulement XTF et QXF obtiennent des résultats acceptables à 4mm d'épaisseur pendant 30sec d'irradiation.
TCHORZ (112) 2011	3 compo (1 bulk) : FSup, FSi , QXF tous en teinte A3	n=12, 36 molaire extraites - 6 groupes - cavités de Classe II 	- Halogène Translux énergie 75-W = 900 mW/cm² . - LED Bluephase C8 = 800 mW/cm² ±10%. 40 secondes	Au sec à température ambiante pdt 48H	Testeur de microdureté : Leitz- Miniload- 2, Leitz, Wetzlar, Germany. 12 mesures à différentes profondeurs : (100, 200, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3500, 3500, 4000, 5000 et 5500 µm) et 2 distances de la matrice (150 et 1000 µm). Charge = 0,98 N / Temps = 30 secondes / Vitesse = 60 µm/s	QXF obtient les valeurs de microdureté les plus élevées (92,67 ±12,77) > FSup (65,53 ±19,52) > FSi (57,67 ±8,33). Les composites photopolymérisés avec LED atteignent des valeurs de KHN plus élevées. Tous les matériaux ont montré les valeurs les plus élevées de microdureté au niveau des incréments superficiels et à une distance de 1000 µm de la matrice.
TIBA (113) 2013	12 compo (8 bulk) : FSupUUR (A2), HM (A2), AI (A2), Hyperfil (U), QxxP (U), SF (A2), TECBF (IV A), XTF (U), FBF (A2), SDR (A2), VBF (U), XTB (A2)	n=5, moule en Teflon disque de Ø 10mm x 2 à 5mm d'ép. 	Halogène Optilux 501 (Kert) > 600mW/cm²	-	Mesure de la dureté du disque : 5 mesures sur chaque surface.	Pour l'essai de dureté Knoop un ratio de 80% est considéré comme une polymérisation adéquate. Tous les composites répondent à cette exigence sauf Alert Condensable Composite. Tous les composites bulk obtiennent un ratio dureté Knoop acceptable >80%.

Tableau XIII : Microdureté Knoop

Résultats dures  Knoop :

KNOOP	VBF	SDR	FBF	EXP XB	SF =	XTF	TECBF	QXF = QXXP	Z250	FSup	TEC	FSup UF
ALSHAAFI (56) 0/2/4/6 mm		9,7/8/ 7,7/5,7			35,7/33,7/ 24,9/3,4	36,2/36/31,8/22	24,2/21,2/ 16,9/6,9					
EL DAMAN (65) 0/4mm	36,60±0,97/ 35,53±1,32	48,53±2,38/ 44,27±2,78	39,37±3,20/ 34,31±2,60			59,07±6,37/ 51,20±7,61	55,40±3,27/ 44,13±2,26		57,40±1,51/ 43,10±3,18			
FRONZA (72) 1/2/3/4mm		52,3±2,1/ 51,8±2,2/ 51,4±2,1/ 52,9±1,9	45,1±2,2/ 45,9±1,0/ 46,2±1,2/ 46,2±1,0	72,8±5,3/ 74±2,4/ 70,1±4,2/ 72,4±5,8			66,8±2,0/ 64,6±1,8/ 61±1,2/ 61±1,5					
GARCIA (73) 0/2/3/4/5mm	22,35/17,0/1 6,6/15,6/13,5	29,9/21,5/21, 1/19,8/19,4			72,1/59,4/48,9/ 34/15,1							43,7/24, 7/16,9/- /-
TARLE (110) 0,1/2/4/5/6m m					10s : 21,7±1,2/ 16,7±1,8/ -/- -/ - ; 20s : 26,1±2,4/ 29,5±1,5/9,6±0, 8/-/- ; 30s : 28,9±2,5/ 36,0±3,0/15,3± 2,7/-/-	10s : 22,6±1,4/ 20,4±2,0/ 11,0±1,2/ 6,1±1,1/ 3,2±0,7 ; 20s : 28,3±2,2/ 32,6±2,2/20,2±0,8/1 4,2±2,1/8,7±1,4 ; 30s : 24,6±1,4/ 36,7±1,7/30,7±2,0/ 21,7±1,6/14,6±1,5	10s : 16,5±1,2/ 12,0±0,7/ 3,8±0,3/ 1,5±0,2 /-/- ; 20s : 19,9±1,8/ 20,1±1,2/9,2±0,8/ 4,5±0,7/2,0±0,4 ; 30s : 20,5±2,0/ 22,8±1,4/13,0±0,7 / 7,6±0,5/4,1±0,2	10s : 21,6±1,0/ 21,3±0,7/12,6±1,0/ 9,2±0,8/ 5,1±0,5 ; 20s : 26,2±1,5/ 31,7±1,4/25,0±1,3/ 17,5±2,0/13,4±1,8 ; 30 s : 22,4±0,9/ 36,5±0,9/31,0±2,5/ 26,9±2,7/23,6±2,0		10s : 15,1±0,6/ 6,8±0,5/0,6±0,1/ -/- ; 20s : 18,5±2,0/ 11,7±1,2/ 2,6±0,3/-/- ; 30s : 16,9±1,2/ 14,5±0,9/4,4±0, 3/1,4±0,2 / -		
TCHORZ (112) ~ 0/1/2/4/5,5 HTE//LED								100/95/95/90/92 // 92/105/100/95/85	65/58/65/70/28 // 80/85/82/78/50			

Tableau XIV : Résultats microdure  Knoop

Résultats Ratio Knoop :

Ratio KNOOP	VBF	SDR	XTB	FBF	SF	XTF	TECBF	QXF = QXXP	Hyperfil	Z250	FSup UUR	TEC	FSup UF
ALSHAAFI (56) 0 / 2 / 4 / 6 mm		100 / 82 / 80 / 59			100 / 94 / 70 / 10	100 / 99 / 88 / 61	100 / 88 / 70 / 29						
EL DAMIAN (65) 4mm	97,08�2.31	91.31�5.93		87.21�3.01		86.43�5.17	79.73�2.59			75.17�6.57			
GARCIA (73) 2 / 3 / 4 / 5mm	80�0.10/ 78�0.03/ 67�0.10/ 59�0.07	74�0.08/ 72�0.08/ 69�0.18/ 62�0.08			82�0.05/ 68�0.05/ 47�0.04/ 21�0.02								56�0.08/ 40�0.08/ - / -
POLYDOROU (100) �0,5/1,5/3,5/5,5mm								Halogène : 100/90/80/75 LED1 : 10s:100/95/85/82 20s:100/97/82/80 LED2 : 10s:100/90/82/76 20s:100/95/80/78				Halogène : 100/80/67 LED1 : 10s : 100/80/55 20s : 100/90/70 LED2 : 10s : 100/85/62 20s : 100/90/70	
TARLE (110) 0 / 2 / 4 / 5 / 6mm					10s : 60,3 / 46,5 / - / - / - 20s : 72,5 / 81,9 / 26,7 / - / - 30s : 80,4 / 100 / 42,6	10s : 61,6 / 55,6 / 29,9 / 16,7 / 8,7 20s : 77,1 / 88,9 / 55,1 / 38,7 / 23,7 30s : 67 / 100 / 83,6 / 59,2 / 39,7	10s : 72,2 / 52,8 / 16,7 / 6,4 / - 20s : 87,4 / 88,1 / 40,2 / 19,7 / 8,9 30s : 90 / 100 / 57,2 / 33,5 / 17,8	10s : 59 / 58,4 / 34,4 / 25,2 / 13,9 20s : 71,8 / 86,9 / 68,6 / 47,8 / 36,6 30s : 61,4 / 100 / 84,9 / 73,7 / 64,6				10s : 81,6 / 37 / 3,1 / - / - 20s : 100 / 63,4 / 14 / - / - 30s : 91,6 / 78,3 / 24,1 / 7,8 / -	
TIBA (113) 2mm pr conventionnels et 4mm pr bulk	94�1	89�2	99�1	94�1	98�1	98�1	81�1	89�2	87�1		100�2		

Tableau XV : Résultats Ratio microdureté Knoop

✓ **Variations des paramètres :**

Les formes sont diverses : cylindres, barrettes et cavité de classe II ; ainsi que les moules utilisés : métalliques, laiton, acier inoxydable et téflon.

Les lampes sont majoritairement des LED sauf pour Tiba et al. (113) qui utilisent une lampe halogène et Tchorz et al. (112) qui comparent les 2 lampes.

Les temps de photopolymérisation varient de 10 à 40 secondes, 20 secondes étant le plus utilisé.

Lorsqu'il y a stockage, il est effectué au sec ou dans l'eau distillée, à 37°C ou à température ambiante, pendant 24 ou 48 heures.

Les tests de microdureté Knoop appliquent des charges variant de 10, 50, 100 et 1000 grammes pendant 8 à 30 secondes en fonction des articles.

✓ **Tendances :**

Malgré les variations des paramètres, on peut en tirer une tendance générale :

Les composites fluides obtiennent des valeurs de dureté Knoop inférieures à celles des composites condensables. Composites Fluides < Composites condensables

Une dureté homogène à travers la restauration est retrouvée pour les composites bulk (sauf pour TECBF chez l'un des auteurs (72)).

Avec un ratio KHN à 4mm > 80% pour les composites bulk fluides (sauf chez Garcia (73)) et > 80% pour les composites bulk condensables (sauf chez Garcia (73), Tarle (110) et Alshaafi (56) entre 47 et 70% pour TECBF et SF).

PROFONDEUR DE POLYMERISATION

NANOINDENTATION

TABLEAU Nanoindentation :

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
EL-SAFETY (66) 2012	GSoF, GSoHF, GSo, VD, FSup XTE, S TPH3, XTB, TECBF, SDR, Est FQ	n=1, moule métallique Disques (15x2mm) 	Halogène (Optilux 501, Kerr, USA) 650 mW/cm ² Multiples points se chevauchant pdt 40 secondes chacun	Polissage, ultrasons avec eau distillée 3minutes, Eau distillée à 37°C pdt 7J	Agilent Technologies XP nanoindenter (Agilent Technologies Co., Nano Instruments, Oak Ridge, TN, USA) à 23°C Equipé d'une pointe diamantée Berkovich (pyramide à 3 faces) (rayon = 100 nm, poids = 50 nN, résolution = 0,01nm). Charge max = 10 mN / Vitesse < 0.05 nm/s. Distance entre les indentations = 30 µm Poisson's ratio = 0.3.	Les bulk et les compo fluides obtiennent des valeurs plus proches que celles des composites conventionnels. Pour les composites Bis-GMA / TEGDMA, le module d'élasticité et la nanodureté des composites augmentent systématiquement avec l'augmentation de la quantité de charge. Les bulk et les composites fluides présentent des moyennes de modules d'élasticité et de nanodureté plus faibles que celles des composites hybrides conventionnels. Pour les résines composites étudiées, il y avait une forte corrélation entre le module d'élasticité et la nanodureté.
ISSA (84) 2016	TECBF, FBF	n=10, moule en acier inoxydable Ø 6 mm x 10 mm de long 	LED (Bluephase Style, Ivoclar USA) Vivadent avec embout à 0.5 mm de la surface. 10 secondes	Polissage, ultrasons avec eau distillée 3minutes, Dans incubateur (dans le noir) à 37°C pdt 24H.	Agilent G200 nanoindenter (Agilent Technologies Canada Inc. Mississauga, ON) à température ambiante. 50 Indentations jusqu'à 4mm de profondeur et 2.5mm de part et d'autre du centre. Indenteur en diamant Berkovich (rayon < 20 nm).	La nanodureté diminue avec l'augmentation de la profondeur mais également avec l'augmentation de la distance latérale par rapport au centre. Les 2 bulk étudiés ont réagis de manière différente pour les 2 spectres d'émission. Les plus grandes valeurs de dureté sont similaires à celles observées dans l'étude d'El Safty. Pour FBF, une irradiation avec une lumière violette (longueur d'onde plus faible) affecte négativement ses propriétés mécaniques, tandis qu'une lumière bleue (longueur d'onde plus élevée) améliore les propriétés mécaniques.
SALERNO (106) 2011	VDF, Vertise F, FSup XT F, SDR, Adhese One F (AO), VD Teinte A2 pour tous	n=10, moule Teflon en ~10mm x 10mm x 2mm 	?	Polissage + nettoyé avec papier imprégné d'éthanol, dans l'air ambiant	NanoTest (Micro Materials, UK) à 24±0.1°C Equipé d'une pointe diamantée Berkovich (rayon ~50 nm), Module d'élasticité $E_t =$ 1141 GPa, et coefficient Poisson = 0.07. Charge variant de 1 à 5 mN / Temps = 5 sec. 10 indentations. Méthode Oliver-Pharr	Les composites fluides avec le module et la dureté les plus élevés sont Vertise flow, Filtek XT Supreme flow et Surefil SDR Flow, qui présentent une rigidité similaire au composite modelable Venus Diamond. Venus Diamond Flow, au contraire, est le plus conforme des produits fluides considérés, avec Adhese One F montrant une rigidité intermédiaire.

Tableau XVI : Nanoindentation

Résultats nanoindentation :

Nanoindentation en GPa	XTB	SDR	FBF	TECBF	FSup XTE	GSoFlow
El Safty (66)	0,74 ±0,08	1,11 ±0,17		0,73 ±0,03	1,28 ±0,04	1,01 ±0,02
Issa (84) (LED V-B / LED B-B)			0,65 ±0,17 / 0,64 ±0,14		0,23 ±0,15 / 0,29 ±0,11	
Salerno (106)		~0,43 / 0,34 / 0,32 / 0,31 / 0,31 (de 1 à 5 mN)				

Tableau XVII : Résultats nanoindentation

✓ Variations des paramètres :

La forme des échantillons diffère dans les 3 articles, ainsi que les moules, les lampes (lorsqu'elles sont indiquées) et le temps de photopolymérisation.

Concernant la méthode les charges diffèrent de 50 nN à 10 mN.

✓ Tendances :

La nanodureté diminue avec l'augmentation de la profondeur mais également avec l'augmentation de la distance latérale par rapport au centre.

Les bulk et les composites fluides présentent des valeurs de nanodureté plus faibles que celles des composites hybrides conventionnels selon El-Safty et al. (66).

Sauf SDR qui a une nanodureté similaire à un composite modelable conventionnel (66, 106).

PROFONDEUR DE POLYMERISATION
DEGRE DE CONVERSION
RAMAN

TABEAU DEGRE DE CONVERSION RAMAN :

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule, forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
FRONZA (72) 2015	5 compo (4 bulk) : HER C (A2), TECBF (IVA), EXP (U), SDR (U), FBF (A2)	n=5, 30 troisièmes molaires, Classes I de 4mm x 4mm x 4mm = volume de 48mm ³ et facteur C de 5,7 	LED (VALO, Ultra-dent Products Inc., South Jordan, UT, USA) longueur d'onde entre 350 et 550nm, 995 ±2 mW/cm² , selon les recommandations du fabricant avec embout aussi proche que possible de la surface 20 secondes pour les bulk et 40 secondes pour les conventionnels.	Eau distillée à 37°C pdt 1 semaine Coupées, + Polissage ultrasons pdt 10 min.	Spectromètre RAMAN (peau Analyzer- model 3510, rivière Diagnostic BV, Rotterdam, Pays-Bas) avec une diode laser à une longueur d'onde = 785 nm . Le logiciel (rivière Icône, RiverDiagnosis BV, Rotterdam, Pays- Bas) a généré 3 spectres, 10 s d'exposition . La profondeur de pénétration = 150 µm . 3 mesures à chaque profondeur : 1, 2, 3 et 4 mm. Les données Raman ont été analysées entre 1570 et 1660cm ⁻¹ . Logiciel (OPUS v. 4.2, Bruker Optik GmbH, Ettlingen, Allemagne). Pics = 1610 et 1640 cm ⁻¹	La profondeur et la méthode de placement influencent significativement le DC de HER. A 4mm, le DC de HER en bulk est significativement inférieur au DC des autres profondeurs, et aussi inférieur au DC de HER en incrémentés. Pour les bulk fluides la profondeur n'influence pas le degré de conversion car SDR et FBF obtiennent des DC significativement identiques à toutes les profondeurs. Pour les composites bulk TECBF et EXP, le DC diminue significativement avec la profondeur, valeurs DC à 4mm < DC à 1mm. Le DC n'est pas uniforme jusqu'à 4mm de profondeur pour tous les composites bulk. Seul SDR et FBF démontrent une polymérisation uniforme à travers toute la restauration. Mais les DC obtenus sont tous supérieurs à 70%. Pas de corrélation entre DC et KHN.
LEMPEL (90) 2016	4 compo fluides (3 bulk) : SDR (U), XTB (U), FBF (U) FUF (A2)	n=5, moule en acier inoxydable, Ø 3mm x 4mm d'ép pr bulk ET Ø 3mm x 2mm d'ép pr FUF 	LED (LED. C, Woodpecker, Guilin, China) Longueur d'onde = 420-480 nm Diamètre de l'embout 10mm 1100 mW/cm² 10 et/ou 20 secondes	Dans une solution 75% éthanol/eau	Spectroscopie micro-Raman : laser He- Ne de puissance = 20 mW + longueur d'onde = 632-817nm , Résolution optique ~1.5 µm , Résolution spectrale ~2.5 cm⁻¹ , objectif 100x (Olympus UK Ltd., London, UK). 3 mesures aléatoires sur chaque surface. Temps d'acquisition = 10 secondes , 10 acquisitions. Pics = 1639 cm ⁻¹ et 1609 cm ⁻¹	DC sur surface sup : SDR=4mm_20s > FBF=4mm_20s > FUF=2mm_20s > FUF=4mm_20s > FBF=4mm_10s > XTB=4mm_20s > XTB=4mm_10s; DC sur surface inf : SDR=4mm_20s > FUF=2mm_20s > XB=4mm_20s > FBF=4mm_20s > XB=4mm_10s > FBF=4mm_10s > FUF=4mm_20s. DC bases < DC surfaces pour tous les composites. Pour FBF et XTB, le DC augmente lorsque l'on double le temps d'exposition.
LEPRINCE (91) 2014	11 compo (8 bulk) : TECBF (IVA), XTF (U), SF (A3), VBF (U), SDR (A3), XTB (U), FBF (U), XB (B), Col DCBF (U), G (A3), GF (A3)	n=3, moule en Teflon 2mm x 2mm x 25mm 	LED BluePhase G2 (Ivoclar- Vivadent, Schaan, Liechtenstein), mode « high-power irradiation » 1050 mW/cm² 40 secondes	Au sec dans le noir à 23 ±1°C pdt 24H	Spectromètre Raman (DXR Raman Microscope, Thermo Scientific, Madison, WI, USA). Laser de longueur d'onde = 780 nm , Objectif = 50x et les spectres ~1600 cm⁻¹ , profondeur de pénétration = 50 ; temps = 60 secondes ; nombre d'accumulations = 5; réseau de 400 lignes/mm. Mesures sur la surface supérieure.	Les valeurs de DC sont comprises entre 43.6 et 76.5% : SF > VBF > SDR > G > XTF > EXP > Col DCBF > XTB > GF > TECBF > FBF. Le DC a une influence sur la force de flexion tandis que KHN montre une forte corrélation avec la teneur en charge.
LI XIN (92) 2015	5 compo (4 bulk) : EXP (U), FBF (U), SDR (U), TECBF (IVA), Her XRV Ultra (A2)	n=3, moule transparent en (PMMA) polyméthylmethacry late, 16mm x 6mm de larg x 12mm d'ép 	LED (BluePhase 20i, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), en mode « high power », longueur d'onde = 410nm et 470nm, embout centré 20 secondes	Au sec dans le noir à 37°C pdt 24H	Micro-Raman : Laser de longueur d'onde = 785 nm , d'une puissance = 50 mW , un objectif de 50x et une ouverture de 50 x 1000 ont été utilisées pour générer le spectre. Temps d'intégration = 10 secondes avec 2 co-additions. Le détecteur CCD possède une résolution de pixels de 1024 x 256 , et a été refroidi thermo-électriquement à -65 °C . 9 spectres. Pics aliphatique 1640 cm⁻¹ et aromatique 1610 cm⁻¹	Le DC le plus élevé (80%) est trouvé pour FBF (bulk fluide) puis pour le bulk fibro-renforcé EXP suivi de SDR (77.3%) puis du composite conventionnel de contrôle Herculite (73.0%) et TECBF (70.8%). En accord avec les revendications des fabricants, cette étude confirme que les composites bulk testés peuvent être polymérisés "efficacement" à une profondeur d'au moins 4 mm (au milieu de l'échantillon) . Selon les profils de poly, l'orientation et la position de la lampe à photopoly est moins cruciale pour les bulk que pour les composites conventionnels.

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule, forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
PAR M (97) 2014	4 compo non fluides (3 bulk) : GSo (A2), TECBF (IVA), QXF (U), XTF (U)	n=5, moule en acier inoxydable, Ø 3mm x 6mm d'ép. 	LED Bluephase G2 (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein), 1090mW/cm² (longueur d'onde 380-515nm), en « high mode » 20 secondes	Polissage, Dans le noir à 20°C (RT) ET dans le noir à 37°C (BT)	Spectromètre GX (PerkinElmer, Waltham, États-Unis). Laser NdYAG de longueur d'onde = 1064 nm, avec une puissance = 800 mW et une résolution = 4 cm⁻¹. La surface exposée de l'échantillon était d'environ 0,5 mm de diamètre. Pour chaque spectre, 100 scans ont été enregistrés. Les spectres ont été traités avec : Kinetics add-on for Matlab (Mathworks, Natick, MA, USA).	DC-0H entre 58,0–65,8%, tandis que DC-24H entre 65,6–72,6% à 20°C et 73,8–78,3% à 37°C. Les différences de valeurs entre 24H à 37°C et 24H à 20°C sont statistiquement significatives pour GR, TECBF et QXF. Une augmentation de température de 20 à 37°C post-poly affecte de manière similaire les composites bulk et conventionnels. Tous les DC sont cliniquement acceptables > 59,3%. Tous les composites montrent une augmentation significative de leur DC à 24H post-poly aux 2 températures. Pas de différence entre les DC à 0H à 20°C et 37°C. La température n'influence donc pas le DC à 0H, ce qui n'est pas le cas à 24H post-poly car toutes les valeurs de DC sont significativement augmentées à 37°C.
PAR M (98) 2015	10 compo bulk : TECBF (IVA et IVB), QXF (U), XTF (U), VBF (U), XTB (U), SDR (U), FBF (A3), GSo (A2), X-Flow (A2)	n=5, moule en acier inoxydable, Ø 3mm x 6mm d'ép. 	LED Bluephase G2 (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein), 1090mW/cm² en « high mode », à 21±1°C 20 secondes	Pas de stockage ET dans le noir à 37±1°C pdt 24H	Idem PAR M 2014	Les valeurs de DC de surface immédiatement post-polymérisation sont de 59,1% à 71,8%, tandis que les valeurs de DC de surface après 24H sont de 71,3% à 86,1%. Tous les compo bulk présentent une augmentation significative (de 11,3% à 16,9%) du DC 24H post-poly. Tous les compo bulk testés présentent un DC cliniquement acceptable à des profondeurs supérieures à 4mm (>55,6%). Les composites conventionnels ont été suffisamment polymérisés seulement jusqu'à 2mm. La différence des valeurs DC de surface et de DC à 4mm varient selon les composites bulk de 2,9% à 19,7%, pour la plupart des bulk la différence était inférieure à 10%. Tous les composites testés obtiennent un DC adéquat.
PONGPRUE KSA (101) 2015	3 compo (1 bulk) : Z250 U (A3), FSup XTE F (A3), FBF (A3)	n=10, moule en Teflon, Ø 5mm x 4mm d'ép. 	LED (Bluephase 20i, Vivadent Ivoclar, Schaan, Liechtenstein), 1100 mW/cm², 20 secondes	Pas de stockage	Spectroscopie micro-Raman (µRaman; SENTERRA, Bruker, Ettlingen, Allemagne). 4 spectres sur chaque surface (zone centrale). Laser de longueur d'onde = 785 nm, de puissance = 50 mW et analysé avec un objectif 100x et ouverture = 50 µm. Spectres recueillis de 50 à 3500 cm⁻¹ avec une résolution de 9-15 cm⁻¹. Le temps d'intégration = 20 secondes avec 2 co-additifs. Le détecteur CCD possède une résolution de pixels de 1024 x 256, et a été refroidi thermo-électriquement à -65 °C. Logiciel OPUS 7.0 (Bruker, Ettlingen, Allemagne). Pics aliphatique 1639 cm⁻¹ et aromatique 1609 cm⁻¹.	Pour tous les composites, les moyennes de DC varient entre 60 et 70%. La légère réduction du DC à 4mm de profondeur résulte d'une élution de monomère plus élevée lorsque le composite est appliqué en bulk. Un composite bulk fluide mis en place selon la méthode bulk entraîne une réduction significative du DC à la base du composite par rapport à sa mise en place en incrément. Cette réduction de degré de polymérisation se traduit par une augmentation significative de libération de monomère.

Tableau XVIII : Degré de conversion - Raman

Résultats Raman :

RAMAN	VBF	SDR	XTB	FBF	EXP = XB	SF	TECBF	XTF	QXF = QXXP	Col DCBF	Z250	FSup F
FRONZA (72) 1/4mm		81,3/81,2		76,2/75,3	79,5/76,1		75,2/72,2					
LEMP�L (90) 0/4mm		63,04/50,05	46,45/34,01	52,26/32,71								51,34/ 16,53
LEPRINCE (91) 0mm	71,2	67,6	58,6	43,6	61,6	76,5	56,7	62,1		60,3		
LI XIN (92) DC maxi		77,3		80	80		70,8					
PAR M 2014 (97) � 20�C 0H/24H// � 37�C 0H/24H							59,3/65,6// 61,6/76,7	63,6/71,5// 60,9/75	64,4/72,6// 65,8/78,3			
PAR M 2015 (98) � 0H 0mm// � 24H 0/2/4mm	71,8// 86,1/85,6/83,3	63,3// 79,5/77,4/74,7	60// 71,3/70,7/66,3	59,9// 76,8/75/63,4			59,8// 73,6/68,3/60	59,9// 74,3/71,9/66,6	64,6// 77,6/74,7/70,7			
PONGRUEKSA (101) In�r� 0/4mm// Bulk 0/4mm				62/65// 66/62							66/ 68	68/65// 70/60

Tableau XIX : Résultats degré de conversion - Raman

✓ **Variations des paramètres :**

Les échantillons sont soit des barrettes (91, 92), soit des cylindres (90, 97, 98, 101) soit des cavités rectangulaires préparées dans des molaires (72).

Le matériau des moules utilisés est le plus souvent de l'acier inoxydable, mais aussi du téflon ou du polyméthacrylate de méthyle.

Le temps de photopolymérisation est de 20 secondes pour tous les articles sauf Leprince et al. (91) (40 secondes) et Lempel et al. (90) qui comparent 10 et 20 secondes.

Toutes les lampes utilisées sont des lampes LED d'intensité supérieure à 950 mW/cm².

Tous les articles utilisent un laser à 780 nm sauf ceux de Par et al. (97, 98) qui ont pour longueur d'onde : 1064 nm et celui de Lempel et al. (90) : 632 nm. Ce qui va donc engendrer des différences dans les résultats.

✓ **Tendances :**

On retrouve :

- une augmentation du DC après 24H de stockage au sec à 37°C (98).
- une augmentation du DC avec l'augmentation du temps d'irradiation de 10 à 20 secondes (90).

Le temps de photopolymérisation et le milieu de stockage influencent le degré de conversion. La profondeur n'influence pas le degré de conversion pour les composites bulk fluides, alors qu'elle influence le degré de conversion des composites condensables (72).

Tous les composites montrent un DC > 55% (sauf Lempel et al. (90) qui montrent malgré tout que les composites bulk fluides ont un meilleur DC comparés aux composites fluides conventionnels. Bulk fluides > composites fluides conventionnels (90).

PROFONDEUR DE POLYMERISATION
DEGRE DE CONVERSION
FTIR

TABEAU DEGRE DE CONVERSION FTIR :

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
ABED (34) 2015	3 compo (2 bulk) : XTF (U), QXF (U), G (B2)	n=5, moules en Teflon, Ø 5 x 4 mm d'ép 	LED (Bluephase C) 850 mW/cm² , selon les instructions des fabricants, 10 sec pr les bulk ET 20 sec pr incrémentes	Au sec dans noir à température ambiante pdt 24H	FTIR Mode reflection diffuse sous les conditions : longueur d'onde = 400-4000 cm⁻¹ , résolution = 4 cm⁻¹ et 32 scans Pics = 1638 / 1608 cm⁻¹	XTF a enregistré significativement le plus fort DC, tandis qu'aucune différence significative n'a été enregistrée entre les 2 autres composites. Pas de corrélation significative détectée entre le DC et la dureté de surface. Les variations dans la formulation chimique de la matrice organique et des charges contribuent à des différences significatives dans les valeurs de DC et VHn.
AL-AHDAL (54) 2015	8 compo bulk : XTB (U), VBF (U), FBF (U), TECBF (IV/A), SF (A2), EXP (U), BBF (Dentin), BBR (A)	n=6, moules Delrin, Ø 5 x 4 mm d'ép 	LED (Elipar S10) 1200 mW/cm² 20 secondes sur la surface supérieure	Au sec à 37°C à 5 min, 30 min, 60 min et 24H	FTIR – ATR (Nicolet iS50, Thermo Fisher, Madi-son, USA), 100 spectres Pics = 1637 / 1608 cm⁻¹	Le temps post-polymérisation affecte le DC pour tous les matériaux sauf pour SF. Le DC4mm de SF à 5min post- poly n'augmente pas après 30, 60min ou 24H. DC4mm augmente significativement après 30min pour XTB, VBF, TECBF, FBF et BBR. DC4mm d'EXP et BBF augmente significativement seulement après 24H. DC4mm et les paramètres cinétiques de polymérisation des composites dépendent majoritairement de leur composition quand l'intensité et le temps de photopoly sont fixés.
ALSHALI (39) 2013	8 compo (4 bulk fluides) : SDR (U), VBF (U), XTB (U), FBF (U), VDF (A3), GsoF (A2), VD (AM), Gso (A3)	n=3, ? 	Halogène (Optilux 501, Kerr Corporation, USA) 600mW/cm² en mode standard, à température ambiante, aussi proche que possible du compo 20 secondes	Dans le noir à 37°C pdt 24H	FTIR (Avatar 360, Nicolet Analytical Instruments, UK) avec ATR (MIRacle ATR, PIKE Technologies, 6125 Cottonwood Drive, Madison) sous conditions : longueur d'onde = 4000-500 cm⁻¹ , résolution = 6 cm⁻¹ et 32 scans , Spectres enregistrés à 2 temps = 0H et 24H. Pics = 1638 / 1608 cm⁻¹	A 0H post-poly : DC selon l'ordre : GsoF > VDF > SDR > VBF > XTB > Gso > FBF > VD. / A 24H post-poly, DC selon l'ordre : GsoF > VBF > VD > SDR > VDF > Gso > XTB > FBF. Les DC entre les 2 intervalles de temps sont statistiquement différentes avec une moyenne d'augmentation de 36% sauf pour FBF. SDR, VBF et XTB montrent une augmentation significative du DC après un stockage à 37°C pdt 24H. Tous les composites bulk sauf FBF montrent un DC supérieur à 60% après 24H. Les DC à 24H post-poly des composites bulk fluides SDR et VBF sont généralement comparables à celles des composites conventionnels étudiés bien que les valeurs de DC à 24H post-poly de XTB et FBF sont inférieures à celles des autres composites. La chimie des résines ne semble pas influencer négativement le processus de polymérisation. Bien que cliniquement acceptable >55%, le DC de XTB est significativement plus faible que les autres matériaux.
CZASCH (63) 2013	2 composites bulk fluides : SDR, VBF	n=6, moule en acier, Ø 3 x 0,1 – 2 – 4 et 6mm d'ép 	LED (Elipar Freelight 2, 3M ESPE) 1226 mW/cm² directement sur la surface supérieure 10, 20 et 40 secondes	Pas de stockage	FTIR-ATR (Nexus, Nicolet, Madison, USA) Spectres enregistrés en temps réel pdt 5 minutes à la base des échantillons selon conditions : Ø de la surface mesurée = 800 µm , longueur d'onde = 4000-650 cm⁻¹ , 4 scans à la résolution = 8 cm⁻¹ , Pics = 1634 / 1608 cm⁻¹	VBF a un DC supérieur à SDR (environ 5%) pour tous les temps d'irradiation et profondeurs mesurés. Recommandations = Photopolymériser les bulk en couche de 4mm pendant 20 secondes.

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
FINAN (43) 2013	2 composites bulk fluides : SDR (U), XTB (U)	n=3, moule en nylon, Disque Ø 11.0 ±0.1 mm x 1.0 ±0.1 mm d'ép 	Halogène QTH (Optilux 501, Kerr, Orange, CA, USA) 650 ±26mW/cm² ; Ø embout = 13 mm 20 secondes	Pas de stockage	Spectroscopie FTIR (FTIRS; Nicolet 6700; Thermo Nicolet Instruments Co., Madison, WI, USA) avec ATR Pics = 1635 / 1608 cm⁻¹	XTB de 48% à 43%, pas de différence significative pour le DC pour les différentes profondeurs. SDR de 59% à 45% avec une progression linéaire de la détérioration du DC avec la profondeur. XTB peut être photopolymérisé sur 8mm sans changement de son DC ce qui n'est pas vrai pour SDR, ce qui est en accord avec les résultats de Czacsh.
GAROUSHI (75) 2016	11 compo (7 bulk) : XTF, TECBF, SF, EXP, VBF, SDR, FBF, FSup, G-ae A, Al, G-ae UF Tous en teinte A3	n=3, Ø 6,5 mm x 1, 2, 3 et 4mm d'ép 	LED (FreeLight 2, 3M ESPE, Elipar, Germany), embout en contact avec la surface 40 secondes .	Polissage + Au sec à 37°C pdt 24H	Pendant et après la photopolymérisation avec Spectroscopie FTIR (Spectrum One, perkinElmer, Beaconsfield Bucks, UK) avec ATR. Spectres pdt poly enregistrés toutes les 5.2 s et jusqu'à 15 min . Pics = 1638 / 1608 cm⁻¹	DC en % est significativement influencé par le type de matériau et l'épaisseur. TECBF, SF, Al, G-aeA, G-aeUF, FSup montrent une corrélation significative entre leur DC et l'épaisseur des incréments tandis que VBF, SDR, FBF, EXP et XTF n'en montrent pas. Le DC le plus élevé a été mesuré pour SF tandis que le plus bas pour G-aeA à 1mm.
GORACCI (40) 2014	5 compo (3 bulk) (Teinte A3) SDR, SF, EXP, FSi, Ka	n=5, moule en silicone, Ø 4 x 4 mm d'ép 	LED (Orange, CA, USA) 1100 mW/cm² ; Ø embout = 8 mm, sur la surface supérieure 20 secondes	Pas de stockage	FTIR-ATR (Nicolet 6700, Thermo scientific, Milan, Italy). Longueur d'onde = 4000-500 cm⁻¹ , résolution = 6 cm⁻¹ à surface et base des échantillons. Pics vinyl C=C : 1635 cm ⁻¹ / Carbonyl C=O : 1715 cm ⁻¹ , Pour le silorane : pics C-O-C : 884cm ⁻¹ / Si-CH ₃ : 695cm ⁻¹	Les composites bulk obtiennent un DC à 4mm supérieur aux composites conventionnels. SF a les valeurs de DC les plus élevées. Le ratio pour tous les composites bulk est supérieur à 69%.
ILIE (48) 2013	2 compo bulk : TECBF, XTB	n=6, Ø 3mm x 0,1 ou 2 ou 4 ou 6 mm d'ép 	LED (Elipar FreeLight2, 3M ESPE) Distance embout 0mm et 7mm, 10, 20 et 40 secondes	Pas de stockage	Spectromètre FTIR-ATR (Nexus, Thermo Nicolet, Madison, USA). DC est mesurée à la base des échantillons. Temps = 5min ; 2 spectres/s Pics = 1634 / 1608 cm⁻¹	Le lien entre les pp micro-mécaniques et le DC est faible pour XTB (E_DC = 0.20, HV_DC = 0.29) et modéré pour TECBF (E_DC = 0.43, HV_DC = 0.64). Pour le DC la diminution entre la situation la plus favorable (surface, 0mm de distance, 40sec d'irradiation) et la situation la moins favorable (6mm de profondeur, 7mm de distance, 10sec d'irradiation) est supérieure pour TECBF (50.5-28.8%) par rapport à XTB (48.4-39.3%)
ILIE (83) 2015	2 compo bulk + 2 Giomers : BBR, TECBF, SDR	n=6, moule en Teflon , Ø 3mm x 6mm d'ép 	LED Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). 20 secondes	Pas de stockage	FTIR-ATR (Nicolet iS50, Thermo Fisher, Madison, USA). Pdt 5 min - 2 spectres/s. DC est mesurée à la base Pics : 1634 / 1608cm⁻¹	BBR<TECBF<SDR<BBF
MARIGO (93) 2015	4 compo fluides (1 bulk) : SDR, VDF, FSupXTE F, E plus HRI F	n=3, moules en acier inoxydable, Disque 1 (Ø 6 mm x 2 mm) + Disque 2 (Ø 6 mm x 2 mm) = 4 mm d'ép 	LED (ART-L3 Curing LightPro) 1000 mW/cm² , embout à 2 mm de la surface supérieure du disque 40 secondes selon les instructions des fabricants	Pas de stockage	Spectrophotomètre FTIR (Perkin Elmer, Norwalk, CT, USA) avec ATR Conditions : longueur d'onde = 1000-3000 cm⁻¹ , 16 scans à la résolution = 4 cm⁻¹ . Pics = C=C méthacrylate 1637/ aromatique Bis-GMA 1609/ groupe ester C=O (pr HRI) 1716 cm ⁻¹	Lorsque l'on considère les profondeurs de 0 et 2mm, tous les matériaux atteignent des valeurs de DC statistiquement similaires sauf pour FSupF qui a des valeurs plus basses. DC surface supérieure de SDR n'est statistiquement pas différent comparé aux autres matériaux. FSupF > SDR > VDF > E plus HRI. Au niveau de la base (4mm), DC de SDR est significativement supérieur aux autres matériaux. SDR > E plus HRI > FSupXTE flow > VDF

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
MILETIC (94) 2016	6 compo (5 bulk) : FBF (U), SDR (U), SF (A3), XTB (U), TECBF (IVA), TEC (A3)	n=6, moule standardisé en plastique de polyéthylène, Ø 5 mm x 4 ou 6 mm d'ép 	LED (Bluephase 20i, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) in « high » mode. ~1100 mW/cm² Incréments de 2-2mm pdt 10 sec chacun et 4mm pdt 10sec et 4mm pdt 20 sec et 6mm pdt 20 sec	Au sec dans le noir à 37°C pdt 24H	Spectromètre FTIR avec ATR (Vertex 70, Bruker Optik, Ettlingen, Germany). 32 scans en mode absorbance, longueur d'onde = 4500-400 cm⁻¹, résolution = 4 cm⁻¹, 3 mesures /surface. Pics = 1639 / 1609 cm⁻¹	DC varie entre 4.2% pr TEC base en 6mm-bulk, et 69.0% pr SDR surface en 6mm-bulk. DC le plus élevé a été mesuré pour SDR indépendamment des procédures utilisées. Puis pour FBF puis SF et ECBF et enfin les DC les plus bas ont été mesurés pour EXP et TEC conventionnel, à la surface et à la base.
PAPADOGLI ANNIS (96) 2015	7 composites bulk : VBF, SDR, XTB, SF, ECBF, XTF, EXP	n=5, moule en plastique opaque, Ø 5mm x 4mm d'ép 	LED (G2 Bluephase, Ivoclar Vivadent), 1200 mW/cm² avec l'embout en contact avec la face supérieure 30 secondes	Au sec dans le noir à 37°C pdt 48 H	Micro-ATR FTIR : Spectromètre FTIR (Spectrum GX, Perkin-Elmer, Bacon, UK). sous conditions : longueur d'onde = 2000-650 cm⁻¹, résolution = 4 cm⁻¹ et 40 scans. Profondeur d'analyse ~2 µm à 1000 cm⁻¹. Pics = 1636 / 1608 cm⁻¹	SD présente la conversion la plus élevée à la surface et à la base tandis que XF montre la conversion la plus faible aux 2 surfaces. DC% surface : SDR > VBF = SF > ECBF ≥ EXP ≥ XTB > XTF et DC% base : SDR > VBF > SF > XTB = EXP > ECBF > XTF. Tous les matériaux montrent une diminution de leur degré de conversion entre la surface et la base, cette diminution diffère selon les matériaux de 3.47% (SDR) à 16.5% (TECBF).
PISKIN (99) 2015	4 composites bulk : SDR, XTB, QXF, XTF	Ø 10mm x 4mm d'ép 	LED (Elipar FreeLight 2; 3M ESPE, Seefeld, Germany) 40 secondes	Pas de stockage	FTIR (Perkin Elmer Spectrum One, USA) avec ATR. Longueur d'onde = 4000-650 cm⁻¹ à température ambiante ; résolution = 4 cm⁻¹ avec 4 scans. Pics = 1680 / 1580 cm⁻¹	DC : XTB=39.0±1.12 > XTF=30.87±1.14 > QXF=17.39±1.18 > SDR=15.27±1.02 Les composites Bulk montrent des caractéristiques de surface similaires à celles des composites nanohybrides. DC est influencée par la matrice résineuse, la taille et la quantité de charges ainsi que le type de photoinitiateur.
TARLE (110) 2015	5 composites : (4 bulk) TECBF, XTF, QXF, SF, TEC	n=5, Ø 10mm x 0,1, 2, 4, 5 ou 6mm d'ép 	LED bluephase G2 en mode forte intensité, centré et en contact avec la surface supérieure 10, 20 et 30 secondes	Dans le noir à 37°C pdt 24H.	Spectroscopie FTIR (Model 2000, Perkin Elmer, Beaconsfield, Bucks, UK), Logiciel : Spectrum v5.3.1 (Perkin Elmer). En mode transmission à température ambiante 22°C, converti en mode absorbance. 20 scans, résolution = 4 cm⁻¹. Pics = 1638 / 1610 cm⁻¹	En augmentant l'épaisseur, le DC diminue significativement pour TEC pr tous les temps de photopoly. ECBF et SF montrent une diminution significative de leur DC à 4mm avec 10sec d'irradiation mais pas avec 30sec. XTF et QXF ne montrent aucune diminution du DC à 6mm lorsqu'ils sont photopolymérisés pdt au moins 20sec. Tous les matériaux obtiennent plus de 80% de leur DC max à au moins 4mm de profondeur, indépendamment du temps de photopoly.
TAUBOCK (111) 2015	5 composites (4 bulk) : TECBF (IVA), XTF (U), QXF (U), SF (A2), TEC (A2)	n=5, cylindre de 42 mm³ gardé à température ambiante 23±0.5°C ou pré-chauffé à 68°C 	LED (Bluephase G2; Ivoclar Vivadent) 1170mW/cm² en mode forte intensité, avec embout de 10mm de diamètre à distance d'1mm de la surface supérieure 20 secondes	Au sec dans le noir à 25°C pdt 15min	Spectromètre FTIR (Spectrum GX; Perkin Elmer, Beaconsfield, UK) enregistré en mode transmission et converti en mode absorbance, longueur d'onde = 4000-400 cm⁻¹, 20 scans, résolution = 4 cm⁻¹. Pics = 1638 / 1610 cm⁻¹	Les matériaux composites et les interactions de la température pré-photopoly/composite affectent significativement la conversion des monomères. Le préchauffage des composites augmente significativement le DC de ECBF, mais n'affecte pas la conversion des monomères des autres matériaux. SF obtient le DC le plus élevé indépendamment de la température pré-poly.

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
ZORZIN (116) 2015	7 composites (5 bulk) : FBF (A2), SDR (U), VBF (U), XTB (A2), TECBF (IV A), Z250 (A2), FSupXTEF (A2)	n=5, moules en acier inoxydable Ø 8mm x 2mm ou 4mm d'ép 	LED (Bluephase20i, Vivadent) 1200 mW/cm², 30 secondes ou selon les instructions des fabricants (20sec sauf 10sec pr TECBF)	Polissage + eau dans distillée à 37°C pdt 24H	Spectromètre FTIR (Nicolet 420 FTIR Spectrometer, Thermo Fischer, Waltham) avec ATR (ATR, DuraSample II, SensiIR Technologies, Danbury, USA). Mesure sur surface et base (2 ou 4 mm). Conditions : longueur d'onde = 4000–650 cm ⁻¹ , 64 scans à resolution = 4 cm ⁻¹ avec logiciel : Origin 8.6 (Origin Lab Corporation, Northampton, USA). Pics = 1637 / 1608 cm ⁻¹	Photopolymérisés selon les instructions des fabricants, les Bulk obtiennent un DC homogène de 0 à 4mm, pas de différence entre les profondeurs. Contrairement au composite conventionnel condensable Z250 qui montre une diminution de son DC avec une augmentation de la profondeur. Mais lorsque l'on augmente le temps de photopoly à 30 secondes : il n'y a plus de différence pour Z250 selon la profondeur, mais pour FSupXTEF une diminution significative entre la surface et 4mm de profondeur. Augmenter le temps de photopoly résulte en une augmentation du DC pour le bulk SDR à toutes les épaisseurs et pour Z250 à 2 et 4mm.

Tableau XX : Degré de conversion - FTIR

Résultats FTIR :

DC FTIR	VBF	SDR	XTB	FBF	EXP = XB	SF	XTF	TECBF	QXF = QXXP	TEC	Z250	FSup XTE F	
ABED34													
ALSHAL I (39)	0min:55,7±0,6 24H:79,2±1,8	0min : 58,4±0,5 24H : 76,2±0,7	0min:53,9±1,0 24H:62,1±0,4	0min : 49,5±1,9 24H : 50,9±1,5			67,74 ±2,65		48,68 ±5,30				
GAROU (75) ~ 1/2/4mm	68/68/69	60/60/60		56/56/56	58/59/59	69/73/76	55/55/55	48/50/55					
GORA (40)0/4mm		70,18 / 50,36			54,79/ 37,95	71,46 / 57,95							
MARIG O (93) 0/2mm //2/4mm		70,30 ± 4,95 / 70,08 ±4,02 // 71,70 ± 3,28 / 64,67 ± 3,19										76,73±5,58 / 67,14±3,35// 65,49±5,00 40,74±6,43	
MILETI C (94) ~ Surface / Base		2+2mm – 2x10s : 60 / 60 4mm – 10s : 66 / 66 4mm – 20s : 65 / 64 6mm – 20s : 70 / 64		2+2mm – 2x10s : 53 / 56 4mm – 10s : 55 / 54 4mm – 20s : 57 / 58 6mm – 20s : 56 / 48	2+2mm – 2x10s : 43 / 48 4mm – 10s : 43 / 41 4mm – 20s : 47 / 47 6mm – 20s : 51 / 40	2+2mm – 2x10s : 50 / 47 4mm – 10s : 53 / 40 4mm – 20s : 57 / 50 6mm – 20s : 59 / 30		2+2mm – 2x10s : 56 / 44 4mm – 10s : 55 / 40 4mm – 20s : 46 / 40 6mm – 20s : 59 / 38		2+2mm – 2x10s : 42/ 42 4mm – 10s : 44 / 35 4mm – 20s : 46 / 38 6mm – 20s : 47 / 5			
TARLE (110) 0/2/4/6mm						10 sec 76,0±0,4/ 76,2±1,4/ 67,5±0,9/ 32,9±6,7. 20 sec 74,9±0,9/ 78,9±0,9/ 75,5±1,3/ 56,4±1,9. 30 sec 77,4±0,7/ 81,1±1,3/ 77,0±0,9/ 64,1±3,3 82 / 84	10 sec 70,2±0,2/ 71,6±0,7/ 71,6±0,7/ 63,7±1,3. 20 sec 72,1±0,7/ 74,0±0,8/ 73,9±0,9/ 70,8±0,7. 30 sec 71,5±0,6/ 74,2±0,3/ 74,6±0,3/ 72,3±1,2 72 / 68	10 sec 69,9±0,3/ 68,7±1,9/ 64,1±0,6/ 57,4±1,6. 20 sec 71,3±0,6/ 71,3±0,7/ 68,3±1,0/ 63,3±1,1. 30 sec 71,9±0,8/ 72,1±0,9/ 69,4±1,1/ 65,5±0,6 69 / 75	10 sec 71,1±1,6/ 73,0±1,0/ 71,9±0,8/ 69,2±1,0. 20 sec 74,1±0,3/ 74,7±0,7/ 74,7±1,1/ 73,9±1,0. 30 sec 74,0±1,8/ 74,6±1,1/ 75,6±0,7/ 74,5±1,2 68 / 65		10 sec 71,0±0,7/ 65,9±1,2/ 59,8±0,9/ 41,9±4,8. 20 sec 71,2±0,9/ 70,4±1,0/ 65,1±1,0/ 48,4±3,7. 30 sec 70,6±0,7/ 70,1±0,6/ 66,9±0,6/ 52,9±0,6 67 / 65		
TAUBO ~23°/Pr�ch													
ZORZIN (116) 0/2/4mm	Fab : 73,46±9,61/ 76,32±1,27/ 80,07±2,76 30sec : 65,37±4,61/ 75,74±1,27/ 73,93±3,26	Fab : 56,53±10,9/ 43,69±5,92/ 52,04±12,45 30sec : 70,86±2,09/ 73,02±1,89/ 72,18±3,29	Fab : 65,24±2,51/ 64,52±1,19/ 62,53±3,01 30sec : 61,48±3,96/ 77,65±3,08/ 61,53±4,00	Fab : 65,9±1,97/ 67,53±2,03/ 66,4±4,60. 30sec : 59,62±3,22/ 68,13±6,15/ 69,26±6,49				Fab : 67,45±6,58/ 63,00±3,88/ 63,40±4,37 30sec : 52,95±11,07/ 60,05±6,33/ 54,63±3,67		Fab : 42,19±7,56/ 38,90±9,65/ 22,20±1,07 30sec : 52,63±8,17/ 56,20±3,92/ 48,53±7,04	Fab : 70,25±7,92/ 51,12±10,76/ 65,80±4,46. 30sec : 72,6±3,55/ 70,15±0,99/ 58,69±4,90		

DC FTIR	VBF	SDR	XTB	FBF	EXP = XB	SF	XTF	TECBF	QXF	
AL-AHDAL (54) 4mm	5min : 66,6±0,89 30 min : 74,8±2,56 1H : 73,6±1,98 24H : 71,9 ±2		5min : 49,4±1,89 30min : 57,6±2,92 1H : 56,2±2,85 24H : 57,7±3,14	5min : 55,8±1,06 30min : 62,3±2,68 1H : 61±1,79 24H : 58,5±3,50	5min : 54,4±0,64 30min : 59,9±4,52 1H : 63,9±3,36 24H : 66,2±2,38	5min : 66,6±4,96 30min : 70,2±1,48 1H : 68,6±2,16 24H : 71,6±3,98		5min : 46,9±4,53 30min : 53±1,06 1H : 54,8±4,56 24H : 54,5±1,53		
CZASCH (63) 0/2/4/6mm bulk /6mm incrément	A 5min : 10sec 65.0±1.9/ 65.0±1.5/ 62.9±2.3/ 62.4±2.5/ 65.6±1.5. 20sec 64.9±1.7/ 65.0±1.5/ 66.1±2.8/ 65.6±2.0/ 66.7±1.6. 40sec 64.6±1.6/ 65.7±1.8/ 67.92±1.6/ 66.1±2.8/ 67.4±1.5	A 5min : 10sec 58.9±2.9/ 60.1±1.8/ 58.3±1.7/ 57.1±3.0/ 61.0±3.1. 20sec 61.1±1.5/ 59.5±2.2/ 59.7±1.7/ 58.2±1.7/ 60.7±2.1. 40sec 60.4±3.1/ 59.6±1.9/ 61.2±2.1/ 60.1±2.0/ 61.9±2.4								
FINAN (43) ~1/2/4/6/8 mm		59/48/56/51/45	48/46/50/46/43							
ILIE (83) 0.1/2/4/6mm		55.9±0.7/ 57,3±0,5/ 57,0±0,7/ 54,8±0,6						51.0±1.6/ 49,7±0,7/ 47,4±1,6/ 41,6±1,4		
ILIE (48) 0/2/4/6mm à 0/7mm			10sec 44.5±1.5 / 41.6±1.6 // 45.5±2.5 / 43.8±1.8 // 43.8±1.9 / 43.1±1.4 // 42.5±2.0 / 39.3±2.0. 20sec 48.1±2.7 / 45.7±0.9 // 47.7±1.3 / 44.7±1.8 // 47.5±2.2 / 44.8±2.1 // 46.6±1.9 / 44.1±2.1. 40sec 48.4±1.6 / 48.2±1.8 // 48.1±1.0 / 48.3±2.7 // 48.6±1.6 / 45.8±1.4 // 46.8±1.8 / 46.4±2.0					10sec 44.9±1.2 / 43.9±1.3 // 44.0±1.6 / 41.9±1.5 // 41.4±1.5 / 40.3±1.7 // 38.1±0.7 / 28.8±2.1. 20sec 48.2±2.2 / 44.7±1.3 // 45.4±1.9 / 42.6±2.2 // 41.7±2.3 / 40.6±2.3 // 38.5±0.7 / 40.2±2.0. 40sec 50.5±2.0 / 44.2±1.5 // 49.7±1.8 / 43.8±2.5 // 48.4±1.7 / 42.9±0.9 // 45.1±1.7 / 42.0±2.4		
PAPADOGI A (96) 0/4mm	62,89±1,28 / 58,49±1,44	66,67±0,94 / 63,20±0,86	53,24±2,71 / 45,83±1,34		53,62±1,03/ 44,73±1,78	61,34±3,41 / 50,77±4,22	47,25±1,54 / 36,06±2,42	56,54±1,05 / 40,04±2,61	/	
PISKIN (99) tte ép		15.27±1.02	39.01±1.12				30.87±1.14		17.39±1.18	

Tableau XXI : Résultats degré de conversion - FTIR

✓ Variations des paramètres :

Tous les échantillons sont de forme cylindrique, sauf dans les articles de Finan et al. et Marigo et al. qui utilisent des disques.

Ils sont conditionnés dans des moules très divers : téflon, Delrin, acier inoxydable, nylon, silicone ou encore plastique.

Les lampes sont majoritairement des lampes LED $> 1000\text{mW/cm}^2$ (exception faite pour Abed et al. (34) dont l'intensité de la Bluephase C est de 850mW/cm^2). Alshali et al. (39) et Finan et al. (43) quant à eux se servent de lampes halogènes ($> 600\text{mW/cm}^2$).

Les temps de photopolymérisation varient de 10 à 40 secondes.

Il n'y a pas de stockage des échantillons dans plusieurs articles (63, 43, 40, 48, 83, 93, 99).

Pour les autres le stockage est réalisé au sec $\pm$ dans le noir à température ambiante, 25 ou 37°C pendant différentes durées : 5, 15, 30, 60 minutes ou encore 24, 48 heures.

Seul l'article de Zorzin et al. (116) stocke ses échantillons dans de l'eau distillée.

Différents paramètres de spectromètre : longueurs d'onde variant de 400 à 4000cm^{-1} , résolution de 4, 6 ou 8 cm^{-1} avec 4, 16, 20, 32, 40 ou 64 scans.

✓ Tendances :

Le DC est dépendant des conditions d'irradiation (type de lampe, intensité et temps), de la teinte ainsi que de la méthode de mesure et nous venons de voir que ces dernières varient considérablement d'une étude à l'autre.

Le DC des composites bulk fluides à 4mm $\geq$ DC à 2mm des composites fluides conventionnels. Tous les articles montrent un DC $\geq 55\%$ à 4mm pour les composites bulk fluides (exception faite pour XTB (39, 43, 48, 96, 99), SDR (40, 99), FBF (39)). Le DC des composites bulk condensables semble être $\geq$ au DC des composites conventionnels (sauf pour TECBF).

RESISTANCE ET RIGIDITE

Résistance à la flexion

TABLEAU RESISTANCE A LA FLEXION :

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
ABOUELLE IL (53) 2015	7 composites bulk : EXP, SF, TECBF, FBF, SDR, VBF, XTB	n=6, selon normes ISO : 2mm x 2mm x 25mm. - n=6, échantillons plus larges : 4 mm x 4 mm x 25 mm 	LED (GC EUROPE NV) longueur d'onde entre 380 et 520nm (maxi 470nm), 1150 mW/cm ² , 40 secondes : des 2 cotés des barrettes 2mm / sur surface supérieure des barrettes 4mm	Dans eau à 37°C pdt 48H	Test de flexion trois points - Machine d'essai universelle : Servo hydraulic - Adamel Lhomargy DY-34, MTS, Roissy-en-Brie, France. Vitesse = 0.5 mm/min - Espacement = 20 mm - Diamètre indenteur = 2 mm.	Dans le test de résistance à la flexion standardisé, SF (157.6 MPa) > EXP (153.6 MPa) > XTB (150.4 MPa) > FBF (140.0 MPa) pas de différence statistique et des valeurs significativement supérieures aux autres composites testés sauf pour FBF similaire à SDR. Dans le test modifié, il n'y a pas de différence significative par rapport au test standardisé, sauf pour XTB et même ordre : SF (147.67 MPa), EXP (140.04 MPa) et FBF (139.62 MPa).
BIJELIC- DONOVA (61) 2016	2 compo (1 bulk) : EXP, G-aeA (A3)	n=10, moule en acier inoxydable, 2x2x25 mm 	LED (Elipar S10; 3M ESPE) 1600 mW/cm ² , longueurs d'onde entre 430 et 480 nm. 5 x 20 secondes de chaque côté	Au sec à 37°C pdt 48H	Test de flexion 3 points - ISO 4049- 2009 Machine d'essai universelle : Lloyd modél LRX; Lloyd Instruments, et logiciel d'analyse : Nexygen 4.0; Lloyd Instruments.	Une différence statistiquement significative entre les matériaux est observée pour la résistance à la flexion : 107 ±14 MPa pour EXP > 87 ±9 MPa pour G-aeA. EXP obtient des résultats supérieurs aux composites conventionnels concernant la résistance à la flexion.
BIJELIC- DONOVA (62) 2016	4 compo (2 bulk) : EXP, FBF, G- aeA, FSup XTE	n=8, moule en acier inoxydable, 2x2x25 mm 	LED (Elipar S10; 3M ESPE) 1600 mW/cm ² , longueurs d'onde = 430 et 480 nm. 5 x 20 secondes de chaque côté	Au sec à 37°C pdt 7J ET Eau à 37 °C, pdt 30J	Même test de flexion 3 points que Bijelic 1 A température ambiante 23±1 °C.	En général, le stockage dans l'eau diminue les propriétés mécaniques de tous les composites. Cette réduction affecte de manière significative la résistance à la flexion quel que soit le matériau.
CZASCH (63) 2013	2 compo bulk fluides : SDR, VBF	n=20, moule en acier, 2x2x16 mm 	LED (Elipar FreeLight2, 3 M ESPE) 3x20 secondes par côté	Polissage + eau distillée à 37°C pdt 24H	Test de flexion trois points - ISO/DIN 4049-1998. Machine d'essai universelle : MCE 2000ST, quick test Prüfpartner GmbH, Langenfeld, Germany. Immersés dans eau distillée à température ambiante Vitesse = 0.5 mm/min - Espacement = 12 mm.	Parmi les propriétés macro-mécaniques étudiées : la résistance à la flexion de SDR ($\sigma = 131.8 \pm 5.8$ MPa) est significativement supérieure à VBF ($\sigma = 122.7 \pm 6.9$ MPa), SDR > VBF
EL-DAMAN (65) 2013	6 compo (5 bulk) : VBF, SDR, FBF, TECBF, XTF, Z250	n=5, moule en acier inoxydable, 25mm x 2mm x 2mm 	LED (Demetron A.1, Kerr/Sybron), mode standard, 1000 ±50 mW/cm ² , Ø embout = 12mm, 3 x 20 secondes des 2 cotés	Dans eau distillée et déionisée à 37±1°C pdt 24H	ISO 4049. Machine d'essai universelle : Sintech Renew 1123, MTS, Eden Prairie, MN, USA, avec un logiciel TestWorks 4.08 Charge = 2.5 kg - Vitesse = 1 mm/min - Espacement = 20 mm.	Résistance à la flexion : FZ250 = XTF > SDR > FBF = VBF > TECBF
FINAN (43) 2013	2 compo bulk fluides : SDR (U), XTB (U)	n=20, moule en nylon Disques de Ø 11.0 x 1.0mm (soit 0.28g) répétés 8x = 8mm d'ép 	Halogène QTH (Optilux 501, Kerr, Orange, CA, USA) 650 ±26mW/cm ² , Ø embout = 13mm, sur la surface supérieure 20 secondes	Dans incubateur à 37±1°C pdt 24H	Test de flexion biaxiale : Machine d'essai universelle : Instron Model 5565, High Wycombe, England. Charge = 2 kN - Vitesse = 1 mm/min Diamètre indenteur = 4 mm Support = 10 mm de diamètre	XTB de 181 à 13MPa > SDR de 178 à 6MPa
FLEMING (69) 2008	3 compo (1bulk) : FZ250 (A3), Admira (A3), XTF (A3)	n=30, moule noir en nitrocellulose Ø 11mmx2mm d'ép 	Halogène (XL2500; 3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, USA) à température ambiante : 23±1 °C. 670±18mW/cm ² , Ø embout 13mm	Dans un incubateur à 37±1°C pdt 24H	Flexion biaxiale : tensile testing apparatus (Instron Model 5544, Instron Ltd., Buckingham hamshire, England). Ø support = 10mm, indenteur sphérique de 4mm de Ø, 1mm/min	Valeurs de résistance à la flexion : 156±14MPa (XTF, 0à2mm) à 148±18MPa (XTF, 2à4mm) > 142±20MPa (FZ250) > 131±17MPa (Adm) Tendance : XTF > FZ250 > Adm mais pas de différence significative.

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
GAROUSHI (74) 2013	10 compo (7 bulk) : TECBF , FBF , SF , XB , VBFB , XTB , FSup , Al , Z250	n=6, moule en acier inoxydable 2.0 mm x 2.0 mm x 25.0 mm 	LED (TC-01, Spring Health Products) 1100 mW/cm² , longueur d'onde : 380nm à 520nm (max : 470nm) Photopolymérisé d'un seul coté selon recommandations du fabricant	Au sec à température ambiante pdt 48H	Test flexion 3 points - ISO 4049 - Machine d'essai universelle : model LRX, Lloyd Instrument Ltd., Fareham, England, et logiciel : Nexygen 4.0, Lloyd Instruments Ltd., Fareham, England. Vitesse = 1 mm/min - Espacement = 20 mm - Diamètre indenteur = 2 mm	XB a la résistance à la flexion la plus importante tandis que FBF a la plus faible.
GORACCI (40) 2014	5 compo (3 bulk) : SDR , SF , EXP , FSi , Ka	n=10, moule en vinylpolysiloxane 25 mm x 2.1 mm x 2.1 mm 	LED (Orange, CA, USA) 1100 mW/cm² ; Embout de 8 mm de diamètre 3x 20sec des 2 cotés	Après polissage sous spray = 25x2x2mm + Dans eau distillée à 37°C pdt 24H	Test flexion 3 points . ISO 4049/2009. Vitesse = 0.75 mm/min - Espacement = 20 mm - Diamètre = 2 mm Machine d'essai universelle	EXP et SF engendrent les valeurs les plus importantes de résistance à la flexion et similaires entre elles, les valeurs les plus faibles sont trouvées pour SDR, FSi et Ka. Composite bulk modelable + fibro-renforcé > bulk fluides > composites conventionnels
HAHNEL (78) 2010	6 compo (1 bulk) : FSup XT, FSi , Exp Orm , CX , QXF	n=15, moule en silicone 2 x 2 x 25 mm 	Halogène (Elipar Trilight, 3M ESPE, Seefeld, Germany) 800 mW/cm² , 40 secondes de chaque coté	Polissage + Eau distillée, éthanol ou saline artificielle et cycle thermique	Test de flexion 3 points - ISO 4049 - Machine d'essai universelle : Zwick 1446, Zwick, Ulm, Germany. Vitesse = 1 mm/minute - Espacement = 20 mm	Valeurs de résistance à la flexion de FSi et QXF significativement supérieures à celles des autres matériaux. Le vieillissement dans le temps influence la résistance à la flexion : plus le temps augmente plus la résistance diminue 7 > 90 > 365 jours quel que soit le milieu. Le vieillissement artificiel a une influence décisive sur les propriétés mécaniques des matériaux composites dentaires.
ILJIE (47) 2013	7 compo bulk : TECBF (IVA), XTF (U), SF (A3), VBFB (U), SDR (U), XTB (U), FBF (U),	n=20, moule en acier, 2x2x16mm 	LED (Elipar Freelight 2, 3M ESPE, Seefeld, Germany) 1241 mW/cm² , 3x20 secondes de chaque coté	Polissage + eau distillée à 37°C pdt 24H	Test de flexion 3 points - Machine d'essai universelle : Z 2.5, Zwick/Roell, Ulm, Germany. Vitesse = 0.5 mm/min - Espacement = 12mm . Pdt les tests, les échantillons sont immergés dans de l'eau distillée à température ambiante.	Les composites bulk révèlent des valeurs de résistance à la flexion similaires aux valeurs des composites nanohybrides et microhybrides , et des valeurs significativement supérieures aux composites fluides .
LASSILA (89) 2016	3 compo (1 bulk) : FSup XT, Al , EXP	n=6, moule en acier inoxydable, 2x2x25mm 	LED (EliparS10, 3MESPE, St. Paul, MN, USA) 1600mW/cm² , longueur d'onde = 430 - 480nm 5x20 secondes de chaque coté	Au sec à 37°C pdt 48H	Test de flexion 3 points selon ISO 4049 (Espacement : 20mm, vitesse : 1mm/min, Ø indenteur = 2mm). Machine d'essai (model LRX, Lloyd Instrument Ltd., Fareham, England) et logiciel (Nexygen4.0, Lloyd Instruments Ltd., Fareham, England). Selon ISO 4049-1992	FSup < EXP
LEPRINCE (91) 2014	11 compo (9 bulk) : TECBF (IVA), XTF (U), SF (A3), XB (B) VBFB (U), SDR (U), XTB (U), FBF (U), Col DCBF , G , GF	n=5, moule en Teflon, 2 mm x 2 mm x 25 mm 	LED BluePhase G2 (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) en mode « high-power irradiation », embout en contact 1050 mW/cm² , 4x40 secondes sur la surface supérieure	Sec dans le noir à 23 ±1°C , pdt 24H	Test de flexion 3 points - ISO 4049- Machine d'essai universelle : Instron 5566, High Wycombe, UK Vitesse = 0.75 mm/min	Valeurs de résistance à la flexion sont rangées de 76.0 à 140.3 MPa, seulement 3 composites FBF, ColDCBF et VBF ont des valeurs significativement inférieures par rapport aux 2 composites de contrôle.

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
SCHLJCHTIN G(107) 2010	2 compo (1 bulk) : QXF (U) Ad	n=10, 6 groupes, selon ISO 10477, 2mm×2mm×25mm 	Halogène (Optilux 501, Kerr, USA) 800mW/cm² Pr QXF : 5 x 60 secondes de chaque coté ET Pr Ad : 25 x 60 sec + chauffage à 78°C	Couper et poli 100% puis d'humidité pdt 24H	Test de flexion 3 points - Machine d'essai universelle : Model 4444, Instron, Canton, USA. ISO 10477:1992(E). Vitesse = 0.7mm/min	Ad est significativement inférieure à QXF (81.2MPa < 131.8MPa). Cette différence disparaît avec l'inclusion des fibres. La résistance à la flexion augmente pour les 2 composites avec l'inclusion de fibres mises en tension (APF: 569.1MPa = QPF: 568.0MPa) ou non (AF: 443.5MPa = QF: 425.5MPa).
TIBA (113) 2013	12 compo (9 bulk) : FSupUUR (A2), HM (A2), Al (A2), Hyf (U), QXP (U), SF (A2), XTF (U), TECBF (IVA), FBF (A2), SDR (A2), VBF (U), XTB (A2)	n=10, selon ISO 4049-2009 	Halogène (Optilux 501, Kerr) > 600mW/cm² Selon instructions du fabricant	Eau distillée à 37°C ± 1°C	ISO 4049-2009, Résistance à la flexion	Pour la résistance à la flexion des valeurs hautes sont préférables. Tous les produits ont une résistance à la flexion adéquate selon les normes ISO 4049-2009 qui requièrent des valeurs au moins supérieures à 80MPa.
TSUJIMOTO (115) 2016	6 compo (3 bulk) : EXP (Transparent), TECBF (IVA), SDR (A2), TEC (A2), Z100R (A2), C AP-X (A2)	n=15, moule en acier inoxydable selon ISO 4049, 25×2×2 mm 	Halogène (Optilux 501, Demetron, Kerr, Danbury, CT, USA) 600 mW/cm², embout centré en contact 3 x 30 sec de chaque coté	10min après photopoly : eau distillée à 37°C pdt 24H	Test de flexion 3 points - Machine d'essai universelle : Type 5500R, Instron, Norwood, MA, USA Vitesse = 1.0 mm/min	La résistance à la flexion de EXP (124.3±5.5 MPa) est comparable aux autres composites testés mais avec une grande variabilité dans les résultats.

Tableau XXII : Résistance à la flexion

Résultats résistance   la flexion ( ) MPa :

	VBF	SDR	XTB	FBF	EXP XB	SF	TECBF	XTF	QXXP = QXF	Col DCBF	Hyperfil	Z250	FSupXTE	TEC	GrandioF
Données	122	110	141	126		185	120	145	115						
Fabricants															
ABOUELLEIL (53) 2/4mm	116 / 121	129 / 121	150 / 124	139 / 139	153 / 140	157 / 147	118 / 112								
BIJELIC (61)					107 �14										
BIJELIC (62) sec/eau				119 �13 / 83 �7	119 �5 / 85 �8								104 �11 64 �8	/	
CZASCH (63)	122,7 �6,9	131,8 �5,8													
EL-DAMAN (65)	107,4 �3,8	125,5 �9,4		109,8 �9,2			85,28 �12,8	143,7 �8,04				143,8 �2,6			
FINAN (43) 1/4mm		178�31 / 151�36	181�15 / 126�20												
FLEMING (69) 0�2mm/2�4mm								156�14/ 148�18				142�20			
GAROUSHI (74) ~	110	105	115	85	124,3		90								
GORACCI (40)		137,26 �18,15			201,08 �37,15	193,45 �38,64									
HAHNEL (78)									140 �29,8				144,8 �15,5		
ILIE (47)	122,7 �6,9	131,8 �5,8	139,4 �7,0	122,4 �9,6		142,8 �12,9	120,8 �12,7	137,0 �14,4							
LASSILA (89) ~					120								103,5		
LEPRINCE (91)	76	100,2	110,5	88,4	101,4	140,3	94,5	130,7		84					115
SCHLICHTING (107)									131,83 �16,94						
TIBA (113) ~	114	119	121	120		145	117	170	152		137		175		
TSUJIMOTO (115)		127,5 �8,2			124,3 �5,5		123,3 �10,4							134,4 �8,4	

Tableau XXIII : Résultats résistance   la flexion (en MPa)

✓ Variations des paramètres :

La forme des échantillons est identique : barrettes rectangulaires sauf pour l'article de Finan et al. (43) qui se sert de disques, c'est aussi le seul a utilisé un test de flexion biaxiale et non de flexion 3 points.

Toutes les barrettes ont une taille standard selon les normes ISO : 2x2x25 mm sauf dans 2 articles où les barrettes sont moins longues de 16mm (47, 63).

Les moules utilisés sont majoritairement fait en acier inoxydable mais aussi en nylon (43), vinylpolysiloxane (40), silicone (78) et téflon (91).

Les lampes employées sont des LED sauf pour 5 articles qui utilisent des lampes halogènes (43, 78, 107, 113, 115).

Le stockage des échantillons varie énormément d'un article à l'autre aussi bien pour le milieu de stockage : eau distillée, au sec, éthanol, salive artificielle, cycle thermique, que pour le temps de stockage : 24 heures, 48 heures, 7 jours, 30 jours ou plus, que pour la température de stockage : 37°C ou 23°C.

Tous les articles utilisent un test de flexion 3 points sauf Finan et al. (43) qui lui utilise un test de flexion biaxial.

Concernant la méthode employée la vitesse des tests de flexion 3 points varie entre 0,5 et 1mm/min. L'espacement est toujours de 20mm sauf pour les échantillons plus courts (16mm) où ce dernier est de 12mm.

✓ Tendances :

Les composites bulk modelables (sauf TECBF) et fibro-renforcés montrent une résistance à la flexion similaire à celle des composites conventionnels, et supérieure aux composites bulk fluides.

Le stockage affecte les propriétés mécaniques : plus on augmente le temps dans l'eau, plus la résistance à la flexion diminue et ce pour tous les composites.

RESISTANCE ET RIGIDITE

Module d'élasticité

MODULE DE FLEXION :

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
ABOUELLE IL (53) 2015	7 composites bulk : EXP, SF, TECBF, FBF, SDR, VBF, XTB	n=6, selon normes ISO : 2mm x 2mm x 25mm. n=6, échantillons plus larges : 4mm x 4mm x 2.5mm	LED (GC EUROPE NV) longueur d'onde entre 380 et 520nm (maxi 470nm), 1150 mW/cm², 40 secondes : des 2 cotés des barrettes 2mm / sur surface supérieure des barrettes 4mm	Dans eau à 37°C pdt 48H	Test de flexion trois points - Machine d'essai universelle : Servo hydraulique - Adamel Lhomargy DY-34, MTS, Roissy-en-Brie, France. Vitesse = 0.5 mm/min - Espacement = 20 mm - Diamètre indenteur = 2 mm.	EXP (14.6 GPa) > SF (12.47 GPa) = TECB (10.87 GPa) = XTB (10.65 GPa) > VBF (5.02 GPa) Test modifié : le module de flexion diminue significativement par rapport au test ISO standard : atteignant presque la moitié de la 1 ^{ère} valeur mais en conservant le même ordre : EXP (6.89 GPa) = SF (6.55 GPa) > XTB (5.7 GPa) > FBF (4.01 GPa). Pour le module de flexion G-aeA obtient des valeurs supérieures à EXP : G-aeA (15 ±2 GPa) > EXP (10 ±1 GPa).
BUELIC-DONOVA (61) 2016	2 compo (1 bulk) : EXP, G-aeA (A3)	n=10, moule en acier inoxydable, 2x2x25 mm	LED (Elipar S10; 3M ESPE) 1600 mW/cm², longueurs d'onde entre 430 et 480 nm. 5 x 20 secondes de chaque coté	Au sec à 37°C pdt 48H	Test de flexion 3 points - ISO 4049-2009 Machine d'essai universelle : Lloyd model LRX; Lloyd Instruments, et logiciel d'analyse : Nexygen 4.0; Lloyd Instruments.	
BUELIC-DONOVA (62) 2016	4 compo (2 bulk) : EXP, FBF, G-aeA, FSup XTE	n=8, moule en acier inoxydable, 2x2x25 mm	LED (Elipar S10; 3M ESPE) 1600 mW/cm², longueurs d'onde = 430 et 480 nm. 5 x 20 secondes de chaque coté	Au sec à 37°C pdt 7J ET dans eau à 37 °C pdt 30J	Même test de flexion 3 points que Bijelic 1 A température ambiante 23 ±1°C.	En général, le stockage dans l'eau diminue les propriétés mécaniques de tous les composites. Cette réduction affecte de manière significative la résistance à la flexion quel que soit le matériau alors que l'effet de l'eau sur le module de flexion dépend du matériau. Le type de matériau a aussi un impact important sur les propriétés mécaniques. Le composite nanochargé a le module de flexion le plus bas, des propriétés mécaniques inférieures à EXP. G-aeA a le module de flexion le plus élevé. Les propriétés mécaniques d'EXP sont généralement supérieures aux composites conventionnels.
CZASCH (63) 2013	2 compo bulk fluides : SDR, VBF	n=20, moule en acier 2x2x16 mm	LED (Elipar Freelight2, 3 M ESPE) 3x20 secondes par côté,	Polissage + Dans eau distillée à 37°C pdt 24H	Test de flexion trois points - ISO/DIN 4049-1998. Machine d'essai universelle : MCE 2000ST, quick test Prüfpartner GmbH, Langenfeld, Germany. Vitesse = 0.5 mm/min - Espacement = 12 mm - Immersés dans de l'eau distillée à température ambiante.	Parmi les propriétés macro-mécaniques étudiées : le module de flexion de SDR (Eflexural = 5.0±0.4 GPa) est significativement supérieur à VBF (Eflexural = 3.6±0.4 GPa).
EL-DAMAN (65) 2013	6 compo (5 bulk) : VBF, SDR, FBF, TECBF, XTF, Z250	n=5, moule en acier inoxydable 25mm x 2mm x 2mm	LED (Demetron Kerr/Sybron), mode standard, 1000 ±50 mW/cm², embout de 12mm de diamètre, 3 x 20 secondes des 2 cotés	Dans eau distillée et déionisée à 37 ±1°C pdt 24H	ISO 4049. Machine d'essai universelle : Sintech Renew 1123, MTS, Eden Prairie, MN, USA, avec un logiciel TestWorks 4.08 Charge = 2.5 kg - Vitesse = 1 mm/min - Espacement = 20 mm. Module de flexion déterminé *	XTF > Z250 > TECBF > SDR > FBF > VBF mais pas de différence significative entre VBF et FBF, FBF et SDR, XTF et Z250. Corrélation entre le stress de polymérisation et le module de flexion ainsi qu'entre le stress et le contenu en charges (vol) ce qui tend à confirmer que les facteurs principaux contribuant à une contraction réduite sont un module de flexion faible et un faible contenu en charge. Le module de flexion est fonction de différents facteurs : contenu en charge, chimie et structure des monomères, interactions matrice/charges.

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
GAROUSHI (74) 2013	10 compo bulk : TECBF , FBF , SF , XB , SDR , VBF , XTB , FSup , Al , Z250	n=6, moule en acier inoxydable 2.0 mm x 2.0 mm x 25.0 mm 	LED (TC-01, Spring Health Products) 1100 mW/cm² , longueur d'onde : 380nm à 520nm (max : 470nm) Photopolymérisé d'un seul côté selon recommandations du fabricant	Au sec à température ambiante pdt 48H	Test flexion 3 points - ISO 4049 - Machine d'essai universelle : model LRX, Lloyd Instrument Ltd., Fareham, England, et logiciel : Nexygen 4.0, Lloyd Instruments Ltd., Fareham, England. Vitesse = 1 mm/min - Espacement = 20 mm - Diamètre indenteur = 2 mm	Alert (composite condensable) obtient le module de flexion le plus élevé sans différence significative avec XB. FBF obtient le module de flexion le plus faible.
ILIE (47) 2013	7 compo bulk : TECBF (IVA), XTF (U), SF (A3), VBF (U), SDR (U), XTB (U), FBF (U).	n=20, moule en acier, 2x2x16mm 	LED (Elipar Freelight 2, 3M ESPE, Seefeld, Germany) 1241 mW/cm² , 3x20 secondes de chaque côté	Polissage + dans eau distillée à 37°C pdt 24H	Test de flexion 3 points - Machine d'essai universelle : Z 2.5, Zwick/Roell, Ulm, Germany. Vitesse = 0.5 mm/min - Espacement = 12mm . Immersés dans de l'eau distillée à température ambiante.	Les différences parmi les matériaux deviennent plus évidentes en termes de module, XTF obtient les valeurs les plus élevées tandis que FBF et VBF les plus faibles. Bonne corrélation entre module de flexion et module d'indentation Module : Composites hybrides > Bulk > Composites fluides
LASSILA (89) 2016	3 compo (1 bulk) : FSup , XT , Al , EXP	n=6, moule en acier inoxydable, 2x2x2.5mm 	LED (EliparS10, 3MESPE, St. Paul, MN, USA) 1600mW/cm² , longueur d'onde = 430 - 480nm 5x20 secondes de chaque côté	Au sec à 37°C pdt 48H	Test de flexion 3 points selon ISO 4049 (Espacement : 20mm, vitesse : 1mm/min, Ø indenteur : 2mm). Testing machine (model LRX, Lloyd Instrument Ltd., Fareham, England) et logiciel (Nexygen4.0, Lloyd Instruments Ltd., Fareham, England). Selon ISO 4049-1992	FSup < EXP
LEPRINCE (91) 2014	11 compo (9 bulk) : TECBF (IVA), XTF (U), SF (A3), XB (B) VBF (U), SDR (A3), XTB (U), FBF (U), Col , DCBF , G , GF	n=5, moule en Teflon, 2 mm x 2 mm x 25 mm 	LED BluePhase G2 (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) en mode « high-power irradiation », embout en contact 1050 mW/cm² , 4x40 s sur la surface supérieure	Au sec dans le noir à 23 ±1°C, pdt 24H	Test de flexion 3 points - ISO 4049- Machine d'essai universelle : Instron 5566, High Wycombe, UK) Vitesse = 0.75 mm/min	Grandio montre un module significativement supérieur aux autres. On distingue 2 groupes ceux dont le module est supérieur (majorité des bulk modelable + fibrorenforcé) à Grandio flow et ceux dont il est inférieur (tous les bulk fluides + TECBF et un bulk dual) : G > XTF > SF > EXP > GF > XTB > TECBF = ColDCBF > SDR > FBF > VBF
SCHLICHTI NG (107) 2010	2 compo (1 bulk) : QXF (U) Ad	n= 10, 6 groupes, selon ISO 10477, 2mm×2mm×25mm 	Halogène (Optilux 501, Kerr, USA) 800mW/cm² Pr QXF : 5 x 60 secondes de chaque côté ET Pr Ad : 25 x 60 sec + chauffage à 78°C	Couper et polissage puis 100% d'humidité pdt 24H	Test de flexion 3 points - Machine d'essai universelle : Model 4444, Instron, Canton, USA. ISO 10477:1992(E). Vitesse = 0.7mm/min	Les modules sont significativement différents (A = 3.8 GPa et QXF = 9.5 GPa) et augmentés par l'inclusion de fibres renforcées en tension (APF: 10.7 GPa and QPF: 11.3 GPa) ou non (AF: 10.1 GPa and QF: 11.6 GPa). La mise en tension des fibres augmente le module de flexion d'Adoro mais pas de QXF.
TIBA (113) 2013	12 compo (9 bulk) : FSup , UUR (A2), HM (A2), Al (A2), Hyf (U), QXP (U), SF (A2), TECBF (IVA), XTF (U), FBF (A2), SDR (A2), VBF (U), XTB (A2)	n=10, selon test standard international 	Halogène (Optilux 501, Kerr) > 600mW/cm² Selon instructions du fabricant	Dans eau distillée à 37°C ±1°C	ISO 4049-2009, Module de flexion	La valeur souhaitée du module de flexion varie en fonction du type de restauration mis en place

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
TSUJIMOT O (115) 2016	6 compo (3 bulk) : EXP (Transparent), TECBF (IVA) SDR (A2), TEC (A2), Z100 R (A2), C AP-X (A2)	n=15, moule en acier inoxydable, selon ISO 4049 25×2×2 mm 	Halogène (Optilux 501, Demetron, Kerr, Danbury, CT, USA) 600 mW/cm², embout centré en contact 3 x 30 sec de chaque coté	10min après photopoly : dans eau distillée à 37°C pdt 24H	Test de flexion 3 points - Machine d'essai universelle : Type 5500R, Instron, Norwood, MA, USA et logiciel : Bluehill 2 Ver. 2.5, Instron Vitesse = 1.0 mm/min	Le module (9.5±0.3 GPa) d'EXP (SFRC) est comparable aux autres composites testés tout en montrant de grandes variations.

Tableau XXIV : Module de flexion

MODULE D'ELASTICITE par Microindentation Vickers :

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule, forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODE	RESULTATS
BUCUTA (46) 2014	14 compo (7 bulk) : XTB (A2), SDR (U), VBF (U), FBF (A3), XTF (U), SF (A3), TECBF (IV A), GSo (A3), P (A3), TEC (A3), VD(A3), CXmono+ (M5), GSoHF (A2), CMF (A2)	n=5, moule en Teflon Cylindres d'épaisseur de 2, 4 et 6mm 	LED (Elipar™ FreeLight 2, 3 M ESPE, Seefeld, Germany) longueur d'onde entre 360-540nm Intensité en fonction de la distance : 0mm > 1600 mW/cm², 2mm ~ 1300 mW/cm², 4mm ~ 800 mW/cm², 6mm ~ 600 mW/cm² 20 secondes	polissage + dans de l'eau distillée 37°C pdt 24H	Automatic micro-hardness indenter (Fisherscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) selon ISO 14577, Charge = 0,4 à 500mN / Temps = 20 sec Charge max maintenue pdt 5 sec puis diminution constante à 0,4 mN. 6 mesures sur chaque surface Module d'indentation (E)	Bulk fluides (E=9,4±2,3 GPa) < nanohybrides (E=14,4±3,7 GPa) < composites conventionnels fluides (E=14,7±1,0 GPa) < bulk non fluides (E=16,4±3,3 GPa). Les composites bulk condensables obtiennent le module le plus élevé.
CZASCH (63) 2013	2 compo bulk fluides : SDR, VBF	n=6 Ø 3mm x 2-, 4-, et 6-mm d'ép 	LED (Elipar FreeLight 2, 3 M ESPE) 1226 mW/cm² directement sur la surface supérieure 10, 20 et 40 secondes	Dans eau distillée 37°C pdt 24H + Polissage sous spray	Automatic microhardness indenter (Fisherscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) à 0,1 mm sous la surface, avec intervalle de 100 µm. Charge = 0,4 à 500mN , augmentation puis diminution à vitesse constante Module d'indentation E	Propriétés micromécaniques : VBF : E=7,3-8,8 GPa < SDR : E=10,6-12,2 GPa Pour les 2 bulk fluides, à une profondeur de 0,1mm on obtient des valeurs inférieures à celles obtenues à une profondeur de 2mm, et les valeurs à 2 et 4mm sont statistiquement égales pour tous les temps de photopolymérisation.
ILIE 2011	6 compo (1 bulk) : EXp, FSupP, FS, EXF, FSupPF Exp-Flow = SDR	n=10, moule en plastique, 4mm×4mm×2mm 	LED (FreeLight 2, 3M-ESPE, Germany) 1226mW/cm² 20 secondes	Dans eau distillée 24H polissage	Micro-hardness indenter (Fisherscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) according to DIN 50359-1:1997-10. 5 mesures par échantillons, Charge = 0,4 à 500mN, augmentation puis diminution à vitesse constante	Les composites fluides obtiennent des propriétés micromécaniques significativement inférieures aux composites hybrides. Parmi les composites fluides, SDR obtient le module élastique le plus élevé
ILIE 2013	2 compo bulk : TECBF, XTB	n=6, Ø 3mm x 6 mm d'ép 	LED (Elipar FreeLight2, 3M ESPE) Distance embout : 0mm et 7mm, 10, 20 et 40 secondes	Dans eau distillée 37°C 24H polissage	Automatic micro-hardness indenter (Fisherscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) according to DIN 50359-1:1997- 10. à 0,1 mm sous la surface puis à intervalles de 100 µm. Charge = 0,4 à 500mN, augmentation puis diminution à vitesse constante. Module d'indentation E	La profondeur de poly influence fortement les propriétés mécaniques. XTB > TECBF et lorsque l'on positionne l'embout à 7mm les différences entre les 2 matériaux deviennent insignifiantes pour le module.
ILIE 2015	4 compo bulk fluides : VBF, SDR, XTB, FBF	n=5, cavité cylindrique dans une molaire extraite Ø 5mm x 6mm d'ép 	LED (VALO, Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, USA) utilisée avec différents mode et temps d'exposition : mode standard (5, 20 et 40 s) , mode pleine puissance (3, 4 et 8 s) et mode plasma (3 et 6 s) et 2 distances de l'embout (0 et 7 mm) 1176 mW/cm² (0 mm) à 646 mW/cm² (7 mm) en mode standard, De 1766 à 875 mW/cm² en mode pleine puissance, De 3416 à 1750 mW/cm² en mode plasma	Dans eau distillée 37°C 24H polissage	Automatic micro-hardness indenter (Fisherscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) according to DIN 50359-1:1997-10 ; à 0,2 mm sous la surface puis à intervalles de 200 µm. Charge = 0,4 à 500mN, augmentation puis diminution à vitesse constante.	La densité d'énergie exercée sur les composites a une forte influence sur les propriétés mesurées, la distance a une forte influence sur la profondeur de poly et une faible influence ou insignifiante sur la dureté et le module d'indentation. XTB > SDR = FBF > VBF

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule, forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODE	RESULTATS
ILIE 2014 (80)	3 compo bulk non fluide : TECBF (IVA), XTF (U), SF (A3)	n=5, cavité cylindrique dans une molaire extraite Ø 5mm x 6mm d'ép 	LED (VALO, Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, USA) utilisée avec différents mode et temps d'exposition : IDEM ILIE 2015 (Effect)	Dans eau distillée à 37°C + pdT 24H + polissage	Automatic micro-hardness indenter (Fischerscope H100C, Sindelfingen, Germany) according to DIN 50359-1:1997-10 ; à 0.1 mm sous la surface puis à intervalles de 200 µm Charge = 0.4 à 500mN, augmentation puis diminution à vitesse constante.	XTF > SF > TECBF
ILIE 2013 (47)	TECBF (IVA), XTF (U), SF (A3), VBFB (U), SDR (U), XTB (U), FBF (U)	n=10, moule en acier, Fragments supérieurs à 8mm du test de flexion 3 points 	LED (Elipar Freelight 2, 3M ESPE, Seefeld, Germany) 1241 mW/cm², 3x20 secondes de chaque coté (après test de flexion 3 points)	Polissage with grinding system using silicon carbide paper P 2500 + P 4000.	Universal hardness device (Fischerscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) according to DIN 50359-1:1997-10. 6 mesures par échantillons sur la surface supérieure à 4mm du bord. Charge = 0.4 à 500mN, augmentation puis diminution à vitesse constante. Module d'indentation *	XTF montre les valeurs les plus hautes tandis que FBF et VBF montrent les plus basses. Corrélation entre le module de flexion et le module d'indentation Le module d'indentation : Composites nanohybrides = Composites microhybrides > Bulk > Composites fluides
ILIE 2015 (83)	2 compo bulk + 2 Giomers : BBR, TECBF , SDR	Cylindre de Ø 3mm x 6mm d'ép 	LED Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). 20 secondes	Dans eau distillée à 37°C pdt 24H + Polissage	Automatic micro-hardness indenter (Fischerscope H100C, Fischer, Sindelfingen, Germany) à 0,1 mm sous la surface puis intervalle de 100 µm. Charge = 0.4 à 500mN , augmentation puis diminution à vitesse constante.	SDR<BBF<TECBF<BBR E = 12.8±0.5 GPa pr SDR, 13.6±1.5 GPa pr Beautifil Bulk Flow, 14.9±0.6 GPa pr Tetric EvoCeram Bulk Fill and 16.7±0.8 GPa pr Beautifil Bulk restorative.
ROSATTO (103) 2015	7 compo (4 bulk) : TECBF (IVA), VBFB (A2), FBF (A2), SDR (A2), EX-HD (A2), CHA (A2), Z350XT (A2)	n=5, Cavité de classe II MOD 4/5 ^{ème} de la largeur interscupidienne x 4mm de profondeur en occlusal et 1mm en proximal 	Halogène (Optilux 501, Kerr Mfg. Co., Orange, CA, USA) 800 mW/cm² Selon les instructions des fabricants : 40 secondes pr FBF et 20 secondes pr tous les autres	Polissage sequence ultrasons dans eau distillée pdt 10min	Vickers indenter (CSM Micro-Hardness Tester; CSM Instruments, Pesieux, Switzerland) , intervalles de 1.0 mm (de 4.5 mm à 0.5 mm, débutant à partir du bord coté pulpe). Charge = 0 à 500mN / Temps 20 sec. Augmentation ou diminution de la charge à vitesse constante, avec 500mN appliquée pdt 5 sec Module d'élasticité (E)* indentation dynamique.	Le module d'élasticité est constant dans les régions mésiales, centrales et distales. Le module de Z350XT et de TECBF sont constants à travers toute la restauration. Pour FBF/Z350XT, SDR/EST-X et VBF/CHA le module est constant dans la partie émail (portion composite conventionnel) et diminue significativement dans la partie dentine (portion composite bulk). Dans la partie émail, le module de VBF/Cha est significativement le plus élevé par rapport aux autres. Dans la partie dentine, Z350 et TECBF obtiennent les valeurs de module les plus élevées, tandis que VBF/Cha a la valeur la plus basse.

Tableau XXV : Module d'élasticité par indentation Vickers

MODULE D'ELASTICITE par Nanoindentation :

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule et forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODES	RESULTATS
EL-SAFETY (66) 2012	GSoF, GsoHF, Gso, VD, FSup XTE, S TPH3, XTB, TECBF, SDR, Est FQ	n=1, moule métallique Disques (15x2mm) 	Halogène (Optilux 501, Kerr, USA) 650 mW/cm² Multiples points se chevauchant pdt 40 secondes chacun	Polissage, ultrasons avec eau distillée pdt 3minutes, Eau distillée à 37°C pdt 7J	Agilent Technologies XP nanoindenter (Agilent Technologies Co., Nano Instruments, Oak Ridge, TN, USA) à 23°C Equipé d'une pointe diamantée Berkovich (pyramide à 3 faces) (rayon = 100 nm). Charge = 50 nN à 10 mN / Résolution de déplacement = 0.01 nm. Vitesse < 0.05 nm/s. Distance entre les indentations = 30 µm Poisson's ratio = 0.3.	Les bulk et les compo fluides obtiennent des valeurs plus proches que celles des composites conventionnels. Pour les composites Bis-GMA / TEGDMA, le module d'élasticité et la nanodureté des composites augmentent systématiquement avec l'augmentation de la quantité de charge. Les bulk et les composites fluides présentent des moyennes de modules d'élasticité et de nanodureté plus faibles que celles des composites hybrides conventionnels. Pour les résines composites étudiées, il y avait une forte corrélation entre le module d'élasticité et la nanodureté.
ISSA (84) 2016	TECBF, FBF	n=10, moule en acier inoxydable Ø 6 mm x 10 mm de long 	LED (Bluephase Style, Ivoclar Vivadent) avec embout à 0.5 mm de la surface. 10 secondes	Polissage, ultrasons avec eau distillée pdt 3minutes, Dans incubateur (dans le noir) à 37°C pdt 24H.	Agilent G200 nanoindenter (Agilent Technologies Canada Inc. Mississauga, ON) à température ambiante. 50 Indentations jusqu'à 4mm de profondeur et 2,5mm de part et d'autre du centre. Indenteur en diamant Berkovich (rayon < 20 nm) . Profondeur d'indentation : 400–1500 nm	Le module d'élasticité des composites diminue en même temps que la profondeur augmente et que la distance du centre augmente notamment à 2,5mm du centre. Pour TECBF le module est identique pour les 2 orientations de LED. Plusieurs facteurs comme la longueur d'onde de la lampe, la taille et le type de charge peuvent influencer l'absorption de la lumière et sa transmission à travers le composite. La corrélation entre la longueur d'onde et la taille des particules de charge est bien connue. Les plus grandes valeurs de module sont similaires à celles observées dans l'étude d'El Safy.
SALERNO (106) 2011	VDF, Vertise F, FSup XT F, SDR, Adhese One F (AO), VD Teinte A2 pour tous	n=10, moule en Teflon ~10 x 10 x 2mm 	?	Polissage + nettoyé avec papier imprégné d'éthanol, dans l'air ambiant	NanoTest (Micro Materials, UK) à 24 ±0.1°C Equipé d'une pointe diamantée Berkovich (rayon ~50 nm), elastic modulus $E_t = 1141$ GPa, and Poisson's coefficient = 0.07. Charge variant de 1 à 5 mN / Temps = 5 sec. 10 indentations. Méthode Oliver–Pharr	Les composites fluides avec le module et la dureté les plus élevés sont Vertise flow, Filtek XT Supreme flow et Surefil SDR Flow, qui présentent une rigidité similaire au composite modelable Venus Diamond. Venus Diamond Flow, au contraire, est le plus conforme des produits fluides considérés, avec Adhese One F montrant une rigidité intermédiaire.

Tableau XXVI : Module d'élasticité par nanoindentation

MODULE D'ELASTICITE Divers :

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODE	RESULTATS
AL SUNBUL (58) 2016	17 compo (5 bulk): GraDP, G-aeF, G-aeA, VD, TEC, S TPH, ND, G-aeUF, FSUPXTE, EsteFQ, BFP, GSoHF, EXP, TECBF, VBF, SDR, XTB	n=3 Disque Ø 10mm x 0,8mm d'ép soit 0,14 g 	LED (Elipar S10 LED, 3M ESPE) 1200 mW/cm² 20 secondes.	-	Module d'élasticité calculé à partir de la rétraction de polymérisation : selon la formule : $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ (contraintes / rétraction)	Corrélation entre le module élastique et contenu en charges. Pas de corrélation entre module élastique et contraction de polymérisation ; et entre stress de polymérisation et module élastique. Le module d'élasticité des composites bulk est inférieur au module des autres composites. Bien qu'il soit fluide, le composite GSoHF montre le module d'élasticité le plus élevé comparé aux autres matériaux.
SCHLICHTI NG (107) 2010	QXF (I) Ad	2mm×2mm×25mm selon ISO 10477 standards 	Halogène (Optilux 501, Kerr, USA) 800mW/cm² 10 cycles de 60 secondes, 5 cycles par côté	-	Test de compression (Emic DL3000, São José dos Pinhais, Brazil)	Le module élastique de QXF est supérieur à celui d'Adoro.

Tableau XXVII : Module d'élasticité à partir de la rétraction de prise ou du test de compression

Résultats module de flexion (E) GPa :

Module de flexion En GPa	VBF	SDR	XTB	FBF	EXP	SF	TECBF	XTF	QXF	Col DCBF	Hyperfil	Z250	FSup XTE	TEC	Grandi oF	TECF
Données Fabricants	3,6	5,7	9,3	4,6		12,9	4,5	4					11			5,3
ABOULLEIL (53) (2mm/4mm)	5,0 / 2,8	7,2 / 3,9	10,7 / 5,7	6,3 / 4,0	14,6 / 6,9	12,4 / 6,5	10,8 / 5,6									
BIJELIC (61)					10 ±1											
BIJELIC (62) sec / eau				5,7 ±1,2 / 4,7 ±0,9	12,6 ±2,8 / 9,8 ±1								3,9 ±1 / 3,5 ±0,6			
CZASCH (63)	3,6 ±0,4	5,0 ±0,4														
EL-DAMAN (65)	4,48 ±1,08	6,76 ±1,26		5,47 ±2,02			8,98 ±3,87	16,03 ±8,20				11,65 ±8,32				
GAROUSHI (74) ~	5,5	6	8,5	4,8	9,5		8									
ILIE (47)	3,6 ±0,4	5,0 ±0,4	6,0 ±0,9	3,8 ±0,4		6,9 ±0,6	4,5 ±0,8	9,5 ±0,6								
LASSILA (89) ~					12,5 GPa								3,9 GPa			
LEPRINCE (91)	3,3	4,7	7,4	3,7	8,3	8,6	6,1	9,4		5,9					8	
SCHLICHTING (107)									9,48 ±0,47							
TIBA (113) ~	4,5	5,5	8,5	5		10,5	9	16,2	14,8		9,5		12,8			
TSUJIMOTO (115)		6,7 ±0,6			9,5 ±0,3		8,0 ±0,5							9,8 ±0,4		

Tableau XXVIII : Résultats module de flexion (en GPa)

Résultats module d'indentation Vickers :

Module En GPa	VBF	SDR	XTB	FBF	SF	TECBF	XTF	TEC	FSup PR	FSu pPF
BUCUTA (46) 0/2/4/6mm	6.5±0.5/ 6.8±1.1/ 6.6±1.0	10.8±0.3/ 11.0±0.1/ 10.5±0.5/ 10.4±0.4	12.1±0.6/ 11.5±0.7/ 11.5±0.7/ 9.5±0.3	7.9±0.7/ 7.2±0.9/ 7.4±0.4/ 6.0±0.2	15.3±0.9/ 13.1±1.0/ 10.4±1.1	13.2±0.8/ 11.2±0.7/ 13.1±0.5/ 12.8±0.3	20.6±1.0/ 19.3±1.0/ 20.7±1.2/ 20.2±1.2	12.0±0.3/10.7±0.7 /11.2±0.4/ 5.9±2.1		
CZASCH (63) 0/2/4/6mm	10s : 7.3±1.1/ 8.4±0.6/ 8.6±0.9/ 7.3±0.4 20s : 7.6±0.3/ 8.6±0.4/ 8.8±0.4/ 11.1±0.7 40s : 10.8±0.4/ 7.7±0.5 40s : 11.9±0.4/ 12.2±0.6/ 8.8±0.3/ 8.8±0.4/ 8.5±0.3	10s : 10.7±0.6/ 12±0.5/ 12.2±0.7/ 11.5±0.6 20s : 10.6±0.4/ 11.9±0.4/ 12.2±0.5/ 11.1±0.7 40s : 10.8±0.4/ 11.9±0.4/ 12.2±0.6/ 11.6±0.8								
ILIE (82) 0/2mm		9.2 / 9.3							12.5/ 13.2	7.3/ 8.3
ILIE (48) 0/2/4/6mm + 0//7mm			10sec : 14.1±2.4// 12.2±0.9/ 15.4±1.3// 13.5±0.6/ 15.0±1.0// 12.8±1.0/ 13.0±2.2// 9.5±2.0 20sec : 13.2±1.4// 12.2±1.8/ 14.6±0.6// 14.6±0.7/ 14.6±0.5// 14.2±0.6/ 13.5±1.2// 11.0±1.8 40sec : 13.4±1.7// 12.1±1.3/ 14.2±1.0// 14.0±0.7/ 14.6±0.9// 14.3±1.1/ 13.3±1.0 // 12.7±1.4			10sec : 12.2±1.0// 12.3±1.3/ 13.5±0.4// 13.9±0.6/ 12.8±0.4// 12.7±0.5/ 9.3±2.2// 6.7±3.0 20sec : 12.6±1.0// 12.0±1.2/ 14.5±0.5// 13.4±0.5/ 14.1±0.3// 12.8±0.3/ 11.8±0.9// 10.1±1.8 40sec : 13.5±0.6// 12.7±1.0/ 14.7±0.6// 14.8±0.4/ 14.3±0.6// 14.4±0.3/ 13.3±0.8// 12.7±0.7				
ILIE (81) 0/2/4/6mm + 0//7mm	5sec : 7.0±0.44// 6.4±0.40/ 8.0±0.37// 7.1±0.15/ 6.6±0.34// 5.1±0.36/ 1.2±0.34// 0.3±0.07 20sec : 7.7±0.43// 7.5±0.42/ 9.2±0.23// 9.4±0.09/ 9.1±0.13// 8.6±0.28/ 7.5±0.39// 5.7±0.90 40sec : 7.1±0.45// 7.2±0.21/ 9.2±0.15// 9.0±0.13/ 9.1±0.21// 8.7±0.22/ 7.8±0.72// 7.0±0.48	5sec : 11.0±0.38// 8.8±1.80/ 12.4±0.39// 12.1±0.43/ 11.4±0.47// 10.8±0.27/ 7.4±2.65// 4.2±0.99 20sec : 10.5±0.31// 10.6±0.27/12.4±0.39//1 2.1±0.31/12.5±0.61// 12.0±0.18/10.7±1.09// 10.3±0.70 40sec : 10.5±0.39// 10.2±0.50/12.1±0.45// 12.3±0.43/12.6±0.75// 12.5±0.27/11.5±3.15// 10.6±0.63	5sec : 11.3±1.26// 8.4±1.18/ 13.6±0.66// 11.2±0.46/ 13.6±0.66// 11.2±0.46/ 7.6±1.43// 1.2±0.17 20sec : 13.6±1.63// 13.5±1.37/ 15.4±0.59// 15.4±1.25/ 15.4±0.59// 15.4±1.25/ 13.0±0.76// 12.0±0.80 40sec : 13.2±0.81// 13.3±1.45/ 14.5±0.74// 15.4±1.52/ 14.5±0.74// 15.4±1.52/ 13.5±0.43// 14.2±1.67	5sec : 8.3±0.48// 8.5±0.50/9.4±0.05// 8.8±0.27/8.3±0.25// 7.5±0.23/4.8±0.53// 2.6±0.59 20sec : 8.9±0.45// 8.4±0.71/ 10.0±0.27// 9.5±0.34/ 10.1±0.64// 9.6±0.09/ 8.5±0.22// 7.7±0.31 40sec : 9.1±0.33// 8.6±0.29/ 10.1±0.23// 10.0±0.33/ 10.1±0.12// 9.8±0.15/ 8.8±0.31// 8.2±0.43						

Module En GPa	VBF	SDR	XTB	FBF	SF	TECBF	XTF	TEC	FSup PR	FSu pPF
ILIE (80) 0/2/4/6mm + 0/7mm					5sec : 15.7±0.72// 15.4±0.90/ 15.9±0.70// 14.0±0.25/ 10.5±0.70// 10.1±1.46/ 4.7±1.55// 3.6±1.10 20sec : 16.8±0.36// 15.5±0.82/ 18.2±0.43// 17.3±0.38/ 15.2±0.27// 12.7±0.47/ 7.1±1.28//3.8±1.73 40sec : 15.9±0.83// 16.5±0.44/ 18.2±0.21// 17.4±0.56/ 16.6±0.28// 15.6±0.29/ 10.0±0.68// 7.7±1.12	5sec : 13.6±0.45// 12.7±0.36/ 13.9±0.83// 13.4±0.35/ 11.9±0.27// 10.2±0.44/ 6.5±0.52// 2.0±1.31 20sec : 13.7±0.78// 14.1±0.45/ 14.8±0.28// 14.7±0.48/ 13.6±0.47// 13.6±0.26/ 11.2±0.71//11.1±0.50 40sec : 13.4±0.73// 13.3±1.07/ 15.2±0.36// 14.5±0.69/ 14.5±0.26// 14.6±0.38/ 12.6±0.43// 11.6±0.31	5sec : 21.0±1.37// 21.0±1.81/ 21.3±2.58/ 18.1±2.37/ 16.3±1.20// 10.8±0.71 20sec : 21.5±0.71// 20.6±2.86/ 23.1±1.44/ 23.3±0.67// 20.1±2.28// 18.1±3.50 40sec : 20.8±0.97// 21.0±1.63/ 22.1±1.76// 19.9±2.32// 19.9±0.69			
ILIE (47)	7,7±2,0	11,3±0,5	14,4±1,1	9,3±0,2	15,9±0,7	13,8±0,8	22,2±1,7			
ILIE (83)		12.8±0.5				14,9±0,6				
ROSATTO 0,5à1,5mm /1,5à4,5mm	x / 9,4±0,3	x / 12,7±3,7		x / 10,1±0,4		14,5±0,3 / 14,4±0,5				

Tableau XXIX : Résultats module d'élasticité par indentation Vickers (en GPa)

Résultats module d'indentation par nanoindentation :

Modules en GPa	SDR	XTB	FBF	TECBF	VD	FSup XTE	VD Flow	FSup XT Flow
EI Safty (66)	15,14 ±0,80	14,44 ±0,56		15,50 ±0,14	22,21 ±1,14	18,54 ±0,22		
ISSA (84) Violet – Bleu / Bleu - Bleu			6,35 ±2,90 / 7,60 ±1,71	14,67 ±2,15/ 14,24 ±1,63				
SALERNO (106) ~	8,5				11		2,5	7,5

Tableau XXX : Résultats modules d'élasticité par nanoindentation (en GPa)

Résultats modules d'élasticité divers :

Modules	VBF	SDR	XTB	FBF	EXP	SF	TECBF	QXF	TEC	VD	FSupXTE F
CONTE (117) = Fabricants en GPa	4,080 GPa	6,335	9,330	4,658		12,9					6,816
SCHLICHTING (107) en GPa								2,4			
AL SUNBUL (58) en MPa	154,95±11	166,25±5,3	212,40±2,8		153,56±18,7		181,24±20,3		216,41±31,8	246,27±2,13	237,13±9,3

Tableau XXXI : Modules d'élasticité divers

✓ **Variations des paramètres :**

Nous retrouvons diverses formes : cylindriques, rectangulaires, disques ou cavités cylindriques ou MOD, ainsi que divers matériaux de moules : téflon, plastique, acier inoxydable ou métallique.

Tous ces articles utilisent des lampes LED sauf : Rosatto (103), El Safty (66), Schlichting (107) qui utilisent des lampes halogènes.

Les méthodes sont toutes différentes : par flexion, indentation Vickers, nanoindentation, rétraction de polymérisation ou compression.

✓ **Tendances :**

Module de flexion :

Les composites bulk modelables et fibro-renforcés obtiennent un module de flexion similaire aux composites conventionnels. Les bulk fluides ont les modules de flexion les plus bas mais les valeurs d'XTB se rapprochent de celles des composites bulk modelables et surtout de TECBF. Ce qui est en accord avec les résultats de résistance à la flexion.

RETRACTION DE PRISE
ET
CONTRAINTES
DE POLYMERISATION

TABEAU = RETRACTION (en %) ET CONTRAINTES (stress en MPa) :

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule, forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODE	RESULTATS
AL SUNBUL (58) 2016	17 compo (5 bulk) : GradP, G-aeP, G-aeA, VD, TEC, S TPH, ND, G-aeUF, BFP, FSupXTE, EstefQ, GSoHF, EXP, TECBF, XTB, VBF, SDR, TEC	RETRACTION : n=3, disque de Ø 8mm x 1mm de haut, 0.12 g  STRESS : Ø 10 mm x 0.8 mm d'ép, 0.14 g 	LED (Elipar S10, 3M ESPE) 1200 mW/cm² 20 secondes	-	RETRACTION : mesurée avec la méthode des disques collés par Watts et Marouf en 2000 pendant 60 minutes, à 23°C. STRESS : mesuré avec : Bioman shrinkage stress instrument, pendant 60 minutes. Méthode des disques collés : LVDT; 7DCDT-100, Hewlett-Packard, Waltham, MA, USA Puissance = 5 W Le déplacement de LVDT est enregistré à 2, 5, 20 et 60 minutes après photopoly.	RETRACTION : valeurs comprises entre 1.83±0.09% pour TEC et 4.68±0.04% pour BFP. STRESS : valeurs de 3.94±0.40MPa pour TEC à 10.45±0.41MPa pour BFP. Les composites bulk montrent des résultats comparables aux composites conventionnels. Des différences significatives de rétraction de prise : TEC obtient la rétraction de poly la plus faible, non significativement différente de SF mais significativement inférieure à TECBF. Les résines composites bulk de faible viscosité obtiennent une contraction de poly plus élevée : VBF > SDR et XTB. Les bulk fluides montrent des valeurs de rétraction de prise plus élevées tout comme leur PP. Corrélation positive a été identifiée entre la rétraction de prise et la profondeur de polymérisation. STRESS : Z250 (2.364±0.04 MPa) > XTF > TECBF = SDR et FBF = VBF (1.607±0.04 MPa). Pas de différences entre significatives entre les bulk fluides (VBF, FBF, SDR) ; et entre SDR et TECBF. Les composites bulk fluides VBF, FBF, SDR montrent le plus faible stress de polymérisation et ils sont significativement différents des composites bulk modelables et du composite conventionnel microhybride qui montrent un stress de polymérisation plus élevé. Les composites bulk fluides : VBF, FBF et SDR (taux de charge faible entre 38% et 44% en vol.), ont une rétraction de prise similaire à celle d'autres composites fluides (~ 3 à 6%). STRESS : Il existe des différences significatives parmi les matériaux. EXP montre le stress de polymérisation le plus élevé tandis que TECBF montre le plus bas. SDR, FBF et HER obtiennent des résultats intermédiaires sans différence significative. TECBF < SDR = FBF = HER < EXP
BENETTI (60) 2015	6 compo (5 bulk) : TECBF, SF, XTB, VBF, SDR, TEC	n=3, moule métallique, 0.22 ±0.02 g 	LED (bluephase, Ivoclar Vivadent) 950 ±50 mW/cm², 20 secondes.	-		
EL-DAMAN (65) 2013	6 compo (5 bulk) : TECBF, XTF, SDR, VBF, FBF, Z250	n=5	LED (Demetron A.1, Kerr / Sybron, Orange, CA, USA) en mode standard. 1000 ±50 mW/cm² 20 secondes	-	STRESS de polymérisation mesuré avec : a tensometer (American Dental Association Foundation, Paffenbarger Research Center, Gaithersburg, MD, USA) pendant 30 minutes.	
FRONZA (72) 2015	5 compo (4 bulk) : HER (A2), TECBF (IVA), EXP (U), SDR (U), FBF (A2)	n=5, volume = 6,8 mm³, Facteur C = 2,5 	LED (VALO, Ultra-dent Products Inc., South Jordan, UT, USA). 995±2 mW/cm², longueurs d'onde entre 350 et 550 nm, Embout en contact 20 secondes pr bulk, 40 secondes pr compo conventionnels	-	STRESS : Machine d'essai universelle : An extensometer (model 2630-101, Instron Corp), composite collé à des tiges en acrylique. Pendant 10 min après le début de la photopolymérisation.	
GARCIA (73) 2014	4 compo (3 bulk) : SDR (U), VBF (A2), SF (A2), FSupUF (A2)	n=10, moule en teflon, Disques Ø 5mm x 1,5 à 2mm d'ép 	LED SmartLite iQ2 (Model No. 200, DENTSPLY Caulk) 800 mW/cm², longueur d'onde entre 450 et 475 nm, embout à 1mm du composite 20 secondes.		Linometer (variante disque collés) Kaman linometer (KADA, Kaman Instrumentation, Colorado Springs, CO, USA)	RETRACTION : VBF (4.4±0.79%), > SDR = FSupUF > SF (1.76±0.53%).

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule, forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODE	RESULTATS
GAROUSHI (74) 2013	10 compo (7 bulk) : FBF , SDR , VBF , XTB , XTB , TECBF , SF , TECBF , FSup , Al , Z250	n=5, moules en silicone, 10.0mm x 10.0mm x 1.5mm 	LED (TC-01, Spring Health Products) 1100 mW/cm² , longueur d'onde : 380nm à 520nm (max : 470nm), Embout à 2mm, Photopolymérisé des 2 cotés, 40 secondes	-	RETRACTION : Jauge d'extensométrie « strain gage method » décrite par Sakaguchi et al. Fréquence d'échantillonnage du module = 10 Hz. A 5 sec après le début de la photopoly, et pdt 300 sec .	Xenius montre les valeurs les plus basses de rétraction de polymérisation (0,17%)
GUO (76) 2016	FBF (U), Z250 (A3)	n=3 Disque de Ø 2,5 mm x 2 mm d'ép 	Halogène QHL 75TM curing lamp (Dentsply- Caulk, Milford, DE) 500 ±10 mW/cm² ,		STRESS : A capteur de déplacement avec une résolution = 20 nm (Driver Model: CPL190, Probe Model: C18-13, Lion Precision, St. Paul, MN) utilisée pour calculer la contrainte de polymérisation. Données collectées avec LabView software program (National Instruments, Austin, TX) via 24-bit DAQ device (USB-2404-10, Measurement Computing, Norton, MA).	Le stress maximum à 10min après irradiation diminue avec l'augmentation des conditions appliquées pour les 2 composites. FBF génère un stress final inférieur par rapport à Z250 sous des conditions inférieures à 4 µm/N, tandis que les 2 composites génèrent un stress similaire pour des conditions supérieures à 4 µm/N.
HAN (79) 2016	5 compo (2 bulk) : FSup , ChaD , TECBF , AmP , TECBF , VBF	Rétraction : 18.85 mm² dans un disque métallique Stress : Ø 3mm x 1mm soit 7,07mm² dans un disque en acrylique Facteur C = 1,5	LED (Bluephase, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) 800 mW/cm² , à 1mm de la surface 30 secondes pr Rétraction / 20 secondes pr Stress	-	RETRACTION : custom-made Linometer (R&B Inc., Daejeon, Korea). 5 mesures ttes les 0,5 sec pdt 180 secondes STRESS : using a custom-made device et un logiciel (R&B Inc., Daejeon, Korea). 100 kgf, zero-compliance condition (PS0) ou sous 0,3µm/N, stress enregistré en continu ttes les 0,1s pdt 180 sec	Rétraction : ChaD, TECBF ≤ FSup < AmP < VBF Stress 0 compliance : ChaD, FSup < TECBF < VBF, AmP. Stress sous compliance : ChaD, TECBF ≤ FSup < AmP, VBF
JANG (85) 2015	6 compo (3 bulk) : G-aeUF , TECF , FSupU , SDR , VBF , TECBF	LPS : moule en alu, disques Ø 4,5mm x 1,5mm d'ép, PSS : n=8, moule en acrylique, disque 0,3g 	LED (Bluephase, Ivoclar Vivadent) 700 mW/cm² , embout à 2mm 40 secondes .		RETRACTION : contraction linéaire = custom-made linometer (R&B Inc, Daejeon, Korea) (variante disque collés) mesuré toutes les 0,5 sec pdt 120 sec ; STRESS : custom-made device (R&B Inc). Toutes les 0,5 sec pdt 180 sec .	RETRACTION post-poly : TECF et G-aeUF > VBF > SDR > FSupU et TECBF. Dans tous les groupes la rétraction augmente en flèche pendant les 20 premières secondes (correspondant à la photopolymérisation) et est suivie d'une augmentation graduelle. Les composites bulk fluides SDR et VBF montrent une rétraction de prise inférieure à celle des composites fluides conventionnels. STRESS de polymérisation des 6 composites étudiés décroît dans cet ordre : G-aeUF > TECF > VBF > SDR > FSupU = TECBF. Forte corrélation entre la rétraction et le stress de polymérisation.

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule, forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODE	RESULTATS
KALLIECHARAN (86) 2016	5 compo bulk : FBF (A2), SDR (A3), FBFPost R (A2), XTF, TECBF (IVA)	n=3, 	LED (EliparS10 LED unit, 3M ESPE, St Paul, MN, USA) 1100 mW/cm² 20 secondes	-	Modified (AmericanDental Association Foundation, Paffenbarger Research Center, Gaithersburg, MD, USA), à 33°C, Laser HeNe, longueur d'onde : 632.8 nm tensometer Association Sonde LVDT (AX-1, Solartron Metrology, West Sussex, UK), équipé d'un micromètre (Mitutoyo, Kawasaki, Japan). Les valeurs de rétraction ont été stockées dans ordinateur utilisant un dispositif d'acquisition de données (PCI-6024, National Instruments Co., Austin, TX, USA) à raison de 10 points/sec pdt 600sec . Chaque mesure répétée 5 fois pour chaque matériau	A 2min SDR < FBFP < XTF < TECBF < FBF A 1H : SDR = FBFP = XTF < TECBF < FBF A 12H : SDR = FBFP = XTF = TECBF < FBF
KIM (88) 2015 poly	6 compo (4 bulk) : SF (A2), TECBF (IVA), FBF (A2), SDR (A2), Z250 (A2), Z350 Flow (A2)	n=5, Ø 6mm x 0.5mm d'ép, Volume de 14mm³ 	LED (Elipar S10 LED, 3 M ESPE, St. Paul, MN, USA) 750 mW/cm², embout à 2mm 40 secondes		Rétraction : Méthode modifiée des disques collés pour mesurer la rétraction de polymérisation. Sonde LVDT (AX-1, Solartron Metrology, West Sussex, UK), équipé d'un micromètre (Mitutoyo, Kawasaki, Japan). Les valeurs de rétraction ont été stockées dans ordinateur utilisant un dispositif d'acquisition de données (PCI-6024, National Instruments Co., Austin, TX, USA) à raison de 10 points/sec pdt 600sec . Chaque mesure répétée 5 fois pour chaque matériau	Les composites de faible viscosité montrent une rétraction plus forte et un module plus faible par rapport aux composites de haute viscosité. La contraction de polymérisation à 10minutes est située entre 2.05% (SF) et 3.53% (Z350F) / Le stress de polymérisation à 10minutes est quant à lui établis entre 1.68 MPa (SDR) et 3.51 MPa (Z350F). Dans l'ordre décroissant, la rétraction en % après 600 secondes : Z350F 3.53 (0.09) > FBF 3.05 (0.05) > SDR 2.99 (0.08) > TECBF 2.22 (0.06) > Z250 2.09 (0.08) > SF 2.05 (0.05). Avec des valeurs similaires parmi tous les composites de haute viscosité (conventionnel et bulk) montrant une contraction de poly significativement inférieure à celle des composites de faible viscosité.
MARCHESI (52) 2010	5 compo (1 bulk) : FSi (A2), TEC (A2), VD(A2), Z250 (A2), QXF (A2)	n=10 Moule en Teflon Ø 2mm x 2mm, facteur C = 0.5, 10mg de composite, moule en acier inoxydable Ø 2mm x 2mm, Facteur C = 0.5, 	Halogène (Elipar 2500, 3M ESPE) 500mW/cm² 40 secondes		1.STRESS : La force de contraction est enregistrée en continu pdt 300 sec. à 23-24°C avec stress-strain analyzer 2 Universal testing machine avec un extensometer (model 2630-101, Instron, Norwood, MA, USA) système de feedback. Stress (MPa) calculé à 40sec et à 300sec	Le stress de polymérisation obtenu avec SSA (= test 1) est significativement inférieur à celui obtenu avec UTM (= test 2) pour tous les composites et pour les 2 temps. A 40 secondes, les valeurs de stress sont inférieures à celles de 300 secondes (soit 60,6 à 75% des valeurs à 300 secondes). Venus diamond montre les valeurs de stress les plus faibles parmi les matériaux testés avec les 2 tests et pour les 2 temps. Stress de FSi < stress de QXF et FZ250 avec test N°2, tandis qu'il n'y a pas de différence avec le test N°1. Les valeurs de stress les plus élevées sont obtenues pour FZ250 et QXF sous toutes les conditions.
ROSATTO (103) 2015	7 compo (4 bulk) : TECBF (IVA), VBF (A2), FBF (A2), SDR (A2), Est-XHD (A2), Cha D (A2), Z350XT (A2)	n=10, Cavité de classe II (MOD) 4/5 de la largeur intersuspicienne x 4mm de profondeur 	Halogène (Optilux 501, Kerr Mfg. Co.) 800 mW cm², Embout à 1mm de la surface du composite 20 secondes sauf FBF pdt 40 secondes		Jauge d'extensométrie (post-gel linear shrinkage) : biaxial strain gauge (CEA-06-032WT-120, Measurements Group, Raleigh, NC, USA) mesure la contraction dans 2 directions perpendiculaires. A strain conditioner (ADS0500IP, Lynx Tecnologia Eletrônica) valeurs collectées pendant 5 min.	Des différences statistiques ont été retrouvées parmi les composites : Z350XT a la valeur de rétraction volumique la plus élevée tandis que SDR a la plus faible.

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule, forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODE	RESULTATS
RULLMANN (105) 2012	7 compo (1 bulk fluide) : VD, FSi, FSUPXT, els, CMajP, exp ormoceer, SDR		Halogène (Translux Energy, Heraeus Kulzer, Hanau, Deutschland) en mode standard, en contact de chaque coté 550 mW/cm² , 60 secondes	Stockage au sec à 23 °C entre chaque mesure	Stress = Photoélasticité de 4min à 24H : plateaux d'Araldite-B (constante photoélastique ($E^* = 10,5 \text{ N/mm}^2$) et module d'élasticité = 3400 MPa), anneaux isochromatiques	Après 24 heures, on obtient les valeurs de stress de polymérisation suivantes : FSUP XT 6.0 ± 0.20 MPa > CMaj P 5.6 ± 0.15 MPa > exp. Ormoceer 4.0 ± 0.18 MPa > VD 3.4 ± 0.27 MPa = SDR 3.3 ± 0.26 MPa > FSi 2.8 ± 0.19 MPa > els 2.5 ± 0.09 MPa. Pour tous les matériaux, un stress de poly plus important est enregistré après 24heures.
SON (108) 2016	7 compo (5 bulk) : FBF, SDR, VBF, SF, TECBF, TEC, Z350XT F	n=5, moule aluminium, Ø 4mm x 2 et 4mm d'ép 	LED [L.E.Demetron (DE), Kerr, Danbury, CT, USA] 900 mW/cm² 40 secondes	-	RETRACTION mesurée pendant et après la photopolymérisation jusqu'à 130 secondes, avec : linometer (RB 404, R&B Inc., Daejeon, Korea). Résolution = 0,1µm et plage de mesures du capteur = 100µm.	La rétraction de prise est supérieure à 2mm par rapport à 4mm pour tous les composites. A 2mm d'épaisseur, FBF montre la rétraction la plus élevée (1.46%) suivi de VBF > Z350F > SDR > TECBF > SF > TEC montre la plus basse (0.78%). A 4mm d'épaisseur, VBF montre la rétraction la plus élevée (1.16 %) > FBF > SDR > Z350XTF > TECBF > SF > TEC la plus basse (0.42%). Parmi les composites bulk FBF, SDR et VBF montrent une rétraction supérieure à Z350F. Les composites bulk fluides montrent une rétraction supérieure à tous les autres composites.
TAUBOCK (111) 2015	5 composites (4 bulk) : TECBF, (IVA), XTF, (U), QXF, (U), SF (A2), TEC (A2)	n = 5, moule métallique Cylindres de 1,5mm d'ép, surface de 28mm², facteur C = 2 (42 mm³) Gardé à 23 ±0.5°C ou pré-chauffé à 68°C avant photopoly 	LED (Bluephase G2; Ivoclar Vivadent) 1170mW/cm² Mode forte intensité, Embout de 10mm de diamètre à 1mm de la surface supérieure 20 secondes	-	STRESS : Custom-made stress analyzer. (PM 11-K; Mettler, Greifensee, Switzerland; compliance: 0.4 µm/N), Fréquence 5 Hz, enregistrée pdt 15 min. Ordinateur (Macintosh IIfx; Apple Computer, Cupertino, CA, USA), 5 mesures.	Pour tous les composites, le préchauffage génère des forces de contraction significativement inférieures à celles obtenues à température ambiante. Aux 2 températures, TECBF crée les forces de contraction les plus élevées, et QXF crée des forces de contraction significativement supérieures à XTF et TEC. Les composites ainsi que la température de pré-polymérisation affectent les forces de contraction. Préchauffer les composites bulk ou conventionnels avant la photopolymérisation diminue les forces de contraction induites par la polymérisation sans compromettre le degré de conversion.
TIBA (113) 2013	12 compo (9 bulk) : FSUPUR (A2), HM (A2), Al (A2), Hyperfil (U), QXXP (U), SF (A2), TECBF (IVA), XTF (U) FBF (A2), SDR (A2), VBF (U), XTB (A2)	RETRACTION : n=10, Echantillons de 10 µl composite, n=3, Echantillons cylindriques, Classe I 	Halogène = Optilux 501 (Kerr) > 600mW/cm²	-	RETRACTION : instrument de mesure (Easy Drop System, model FM40, Krüss America, Charlotte, NC). Différence de volume entre la pré-polymérisation et la post-poly à 5min. Pour Hyperfil (composite dual) => principe d'Archimède appliqué. STRESS : Dispositif (Bisco) a été utilisé pour mesurer la force de contraction pdt 30 minutes et converties en stress (MPa) en divisant la force par l'aire.	Des valeurs inférieures sont préférées et souhaitables pour ces tests : RETRACTION volumique = XTF (bulk de haute viscosité) montre la valeur la plus faible. STRESS de polymérisation = SF (bulk de haute viscosité) et SDR (bulk de faible viscosité) montrent des valeurs les plus faibles parmi tous les composites bulk.

ARTICLES	COMPOSITES	ECHANTILLONS (moule, forme)	PHOTOPOLYMERISATION (lampe, intensité, temps)	STOCKAGE	METHODE	RESULTATS
TSUJIMOTO (115) 2016	6 compo (3 bulk) : EXP (Transparent), TECBF (IVA), SDR (A2), Z100 R (A2), TEC (A2), Clearfil AP- X (A2)	n=10, moule en Teflon Ø 4mm x 2mm d'ép 	Halogène (Optilux 501, Demetron, Kerr, Danbury, CT, USA), embout centré en contact 600 mW/cm² 30 secondes	-	RETRACTION : dilatomètre : 10 mesures, pdt 180sec $\Delta V = 0.25 \pi r^2 \Delta h \times 100$ Equation : $\Delta V / V \times 100$.	La rétraction volumique commence juste après le début de l'irradiation et continue jusqu'à la fin de celle-ci. La rétraction volumique d'EXP après 30 (1.15%) et 180 s (1.62%) est significativement inférieure à tous les autres composites. Les composites Bulk montrent une rétraction plus faible après 30 et 180 secondes que les composites conventionnels chargés en verre-céramique. Le composite fibro-renforcé et les bulk montrent une rétraction inférieure à tous les autres composites.
ZORZIN (116) 2015	7 compo (5 bulk) : FBF (A2), SDR (U), TECBF (IVA), VBF (U), XTB (A2), Z250 (A2), FSup XTE F (A2)	n=10, moule en acier inoxydable, Ø 8 mm x 2 mm OU 4 mm d'ép 	LED (Bluephase 20i, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) 1200 mW/cm² Sur la surface supérieure 30 secondes ET Pendant le temps indiqué par les fabricants	Polissage + dans eau distillée à 37°C 24H	RETRACTION évaluée selon les principes d'Archimède balance haute précision (YDK01 and CPI24S, Sartorius, Goettingen, Germany). A 23°C, solution aqueuse de laurylsulfate de sodium à 0.1%	RETRACTION : Pour les 2 temps de photopolymérisation : les composites condensables Z250 et TECBF ont une contraction volumique de polymérisation inférieure suivis de XTB. Selon le temps des fabricants FSF et VBF obtiennent la contraction de prise la plus élevée. Augmenter le temps de photopolymérisation n'affecte pas la contraction de prise sauf pour FBF. STRESS : Avec le temps de photopolymérisation des fabricants : TECBF et Z250 obtiennent les valeurs les plus faibles. Indépendamment du temps de photopolymérisation VBF suivi de FSupF (compo conventionnel fluide) montrent les valeurs les plus élevées. Augmenter le temps de photopolymérisation donne une augmentation significative du stress de polymérisation pour TECBF, XTB et Z250.

Tableau XXXII : Rétraction de prise et contraintes de polymérisation

Résultats rétraction de prise = Contraction de polymérisation (SHRINKAGE STRAIN) en % :

Compo / Articles	VBF	SDR	XTB	FBF	EXP	SF	TECBF	XTF	QXXP	Hyperfil	Z250	FSup U	TEC	TEC F	FSup XTE F
Données	4,1	3,5	2,54	3,1	2,92	1,6	1,96	1,7	1,66						
CONTE (117) Fabricants	3,4	3,5	3,3	3,1		1,6									3,28
AL SUNBUL (58) strain	4,2	3,3	3,39		3,36		2,27						1,83		2,44
BENETTI (60) strain	3,36 ±0,13	2,80±0,06	2,76±0,13			1,83±0,10	2,03±0,05						1,58 ±0,04		
GARCIA (73) Volum	4,40 ±0,79	3,57±0,63				1,76 ±0,53									3,43±0,51
HAN (79) (LS)	2,27±0,11						1,21±0,09					1,36±0,1			
KIM (88) à 600sec		2,99		3,05		2,05	2,22				2,09				
TIBA (113) Volum ~	3,6	2,7	2,8	3,2		1,9	2,2	1,7	1,8	3,5		2,1			
ZORZIN (116) Volum (instru fab/30sec)	4,03 ±0,24/ 3,77±0,28	3,37±0,55/ 3,79±0,23	3,05±0,3/ 3,38±0,2	3,87 ±0,45			2,36±0,23/ 2,32±0,32				2,31 ±0,57/ 2,08 ±0,12				3,92±0,48/ 3,8±0,24
SON (108) (2/4mm)	1,43±1,3/ 1,16±0,9	1,19±0,2/ 0,90 ±0,4		1,46 ±0,3/ 0,82±0,3		0,83±0,7/ 0,46±0,8	0,87±1/ 0,50±0,4						0,78 ±1,4/ 0,42 ±0,6		
TSUJIMOTO (115) (30/180sec)		1,33 ±0,04/ 2,07±0,10			1,15 ±0,04/ 1,62 ±0,08		1,78±0,05/ 2,34±0,12						1,90 ±0,04/ 3,01 ±0,14		
JANG (85) Linear S (µm) 120 sec	32,14±1,75	25,36±1,49					11,57±1,48					11,13 ±1,15		35,75 ±2,71	
GAROUSHI (74) Linear S strain en		0,31			0,17						0,3	0,35			
ROSATTO (103) Volumetric post-gel shrinkage	0,41±0,03	0,34 ±0,03		0,50 ±0,05			0,42±0,04								

Tableau XXXIII : Résultats rétraction de prise (en %)

Résultats contraintes de polymérisation (SHRINKAGE STRESS) en MPa :

Contraintes de polymérisation	VBF	SDR	XTB	FBF	EXP	SF	TECBF	XTF	QXF ou QXX P	Hyp erfil	Z250	FSupU	TEC	TEC F	FSup XTE F
Données fabricants	3,4	1,6	5,93	1,9		3	1,4	3,5	3,2/3,9						
CONTE (117) Fabricants	2	1,6	2,9	1,9		2,5									3,13
AL SUNBUL (58)	6,62	5,48	7,21		5,16		4,1						3,94		5,79
EL-DAMAN (65)	1,607±0,04	1,710±0,03		1,649±0,06			1,883±0,09	2,135±0,07			2,364±0,04				
FRONZA (72)		3,3±0,2		3,5±0,2	4,3±0,4		2,6±0,3								
KIM (88) Mean		1,68		2,24		2,36	2,42				2,38				
PSS stress 600s															
RULLMANN (105)		2,2±0,17/ 3,3±0,26										4,4±0,12 / 6,0±0,20			
(T4min/T24H)															
ZORZIN (116)	1,65±0,1/ 1,74±0,11	1,33±0,77/ 1,29±0,06	1,45±0,11/ 1,68±0,09	1,55±0,11/ 1,47±0,06			1,07±0,1/ 1,58±0,13	0,64	0,66	0,58	1,23±0,12/ 1,48±0,12	0,6			1,94±0,2/ 1,93±0,15
TIBA (113)	0,64	0,55	0,77	0,61		0,45	0,63								
Shrinkage Stress ~															
MARCHESI (52)									0,84±0,09/ 1,12±0,11// 1,8±0,2/ 2,42±0,17		0,77±0,1/ 1,10±0,14// 1,76±0,06/ 2,5±0,11		0,52±0,06/ 0,83±0,08// 0,95±0,15/ 1,49±0,14		
(40/300s) NO feedback															
GUO (76) (PS) ~ 1/2/4/6µm/N				1,1/0,75/0,6/ 0,5							1,4/0,9/0,6/0,5				
JANG (85)	4,34±0,35	3,08±0,16					2,09±0,20					2,48±0,15		4,02±0,37	
Shrinkage Stress (kgf) 180s															
TAUBOCK (111)						18,3±1,4/ 16,5±0,8	22,0±0,4/ 20,6±0,5	17,7±1/ 15,9±0,7	19,4±0,7/ 17,8±0,8				17,4±0,7/ 15,1±0,8		
Shrinkage force (N) à 15min, 23°/préchauf															
HAN (79)	8,94±0,29/ 3,46±0,18						5,86±0,22/ 2,03±0,12					4,70±0,22/ 2,19±0,12			
(compliance /compliance autorisée)															
Kalliecheran (86)		1,51±0,04/ 1,89±0,05/ 1,97±0,07/ 2,15±0,10/ 2,28±0,12		2,22±0,05/ 2,60±0,03/ 2,70±0,03/ 2,89±0,02/ 3,05±0,03			1,86±0,07/ 2,17±0,08/ 2,24±0,07/ 2,38±0,08/ 2,47±0,09	1,80±0,08/ 2,06±0,08/ 2,12±0,09/ 2,23±0,08/ 2,33±0,10							
T2min/1H/2H/6H/12H en MPa															

+ KALLIECHERAN (86) :

FBFP 1.67±0.05/ 1.96±0.09/ 2.02±0.10/ 2.14±0.09/ 2.21±0.10

Tableau XXXIV : Résultats contraintes de polymérisation (en MPa)

✓ **Variations des paramètres :**

Les formes diffèrent : cylindres, disques, barrettes ou encore cavités MOD ou cylindriques. Ainsi que le matériau des moules en inox, téflon, alu, acrylique, silicone, métal.

Les lampes utilisées sont soit des LED, soit des halogènes pendant un temps variable : 20, 30, 40 ou 60 secondes.

Il n'y a pas de stockage des échantillons sauf dans 2 articles : Zorzin et al. et Rullmann et al. Respectivement dans l'eau distillée à 37°C pdt 24H (116) et au sec à 23°C (105).

De nombreuses méthodes diffèrent : les disques collés, la méthode d'Archimède ou dilatomètre ou linomètre. Ainsi que le temps durant lequel la rétraction de prise ainsi que les contraintes engendrées sont analysées : jusqu'à 600 secondes après le début de la photopolymérisation.

✓ **Tendances :**

Les composites bulk montrent une rétraction inférieure à tous les autres composites (115).

Les composites bulk condensables (TECBF et SF) montrent des valeurs de rétraction de prise similaires à celles des résines composites conventionnelles, bien que leur profondeur de polymérisation soit légèrement en dessous des valeurs revendiquées par les fabricants. Inversement, les composites bulk de faible viscosité (XTB, VBF et SDR) montrent une rétraction de prise élevée malgré l'amélioration de leur profondeur de polymérisation (60).

Pour les matériaux anisotropes dont les propriétés varient en fonction de l'orientation des fibres de renforcement, comme dans le composite Xenius Base, le retrait n'est pas égal dans toutes les directions. La rétraction de polymérisation est contrôlée par la direction des fibres (74).

Selon Zorzin et al. (116) avec le principe d'Archimède : les composites condensables (Z250 et TECBF) ont une contraction volumique de polymérisation inférieure.

Les composites fluides montrent une rétraction supérieure à tous les autres composites (108).

On peut affirmer que la faible rétraction de polymérisation des composites bulk fluides est principalement due à leur teneur en charge inférieure et à leur faible module d'élasticité ; et que leur faible viscosité libère les contraintes de stress dans les premiers stades de la polymérisation.

La rétraction volumique des résines composites reste une préoccupation clinique et doit être soigneusement pris en considération lors du choix des matériaux ou des techniques de restauration (117).

Composites condensables < Composites fluides.

Malgré une photopolymérisation en un seul temps des composites bulk, ces derniers semblent montrer une rétraction de prise semblable (voire inférieure) à celle des composites conventionnels de même famille.

V. DISCUSSION

V. DISCUSSION :

La recherche bibliographique a été effectuée sur une période de 10 ans de 2006 à 2016. Cependant le composite bulk QuixFil a été introduit en 2003, nous avons donc éliminé volontairement des articles sur ce composite. L'année 2006 a été retenue car durant les 2 premières années du composite bulk QuixFil très peu d'études sont sorties et ces dernières ne portaient pas sur les propriétés physico-mécaniques qui nous intéressaient. Tetric EvoFlow Bulk fill ne fait pas partie de nos mots-clés pour nos recherches électroniques car il n'y a pas encore d'article concernant nos propriétés sur ce composite bulk.

Cette thèse porte sur les composites bulk photopolymérisables, il existe néanmoins sur le marché des Giomers (Beautifil Bulk),Ormocer® ORganically-MOdified CERamic (Admira Fusion x-tra) et des composites bulk duals (Coltene Dual cure Bulk fill, Hyperfil) que nous n'avons pas pris en compte.

A travers nos articles, nous avons pu constater que les composites bulk n'ont pas les mêmes noms commerciaux en fonction des continents. On parlera du SDR en France et du Surefil SDR aux Etats-Unis, du Tetric Evoceram Bulk Fill / Tetric N-Ceram Bulk fill, EverX Posterior / Xenius base, QuixFil / QuixxPosterior.

1. MATERIEL :

1.1. Echantillons :

1.1.1. Forme / Dimensions :

A travers les différents articles, nous avons retrouvé différentes formes d'échantillon : des cylindriques, des disques, des barrettes. Ces formes diffèrent selon les tests : en effet pour le « scraping test » on retrouve uniquement des formes cylindriques, ainsi que pour la flexion 3 points nous avons exclusivement des barrettes.

Par contre, on dispose d'une hétérogénéité des formes pour les tests de dureté, les comparaisons des articles entre eux deviennent alors difficiles.

Malgré les normes ISO (24), on peut également avoir des dimensions d'échantillon différentes de ces dernières.

La taille des échantillons a une importance, le diamètre interne influence significativement l'épaisseur du composite polymérisé. L'augmentation du diamètre augmente considérablement l'épaisseur de composite polymérisé et la profondeur de polymérisation entre 4 et 6 mm de diamètre. Cependant, un diamètre de 10mm ne se traduit pas par une profondeur de polymérisation accrue (102).

1.1.2. Matériau du moule :

Les moules utilisés à travers les différents articles ne sont pas toujours dans le même matériau : on retrouve des moules en : métal, acier inoxydable, téflon, Delrin, silicone, plastique, ...

Selon Menees et al., le matériau du moule a potentiellement une influence sur la profondeur de polymérisation. En effet, lorsque la lumière interagit avec une structure solide, elle peut alors être transmise, réfléchi ou absorbée. L'acier inoxydable, ainsi que les moules opaques ne transmettons pas la lumière contrairement aux matériaux céramiques ou polymères.

Mais dans les moules métalliques, la lumière serait plus susceptible d'être réfléchi que d'être absorbée, on aurait alors une polymérisation secondaire du composite, ce qui diffère de la situation clinique car l'indice de réfraction email et dentine est inférieur à celui de l'acier

inoxydable, on a donc plus de lumière réfléchi avec le métal et une potentielle sur-polymérisation. Le moule Delrin quant à lui se rapprocherait plus de la structure dentaire.

Une étude antérieure a révélé que les moules doublées de bande de vinyle noir produisaient une profondeur de polymérisation inférieure à ceux doublés de ruban blanc, puisque le ruban noir absorbe plus de lumière (118).

Selon Price et al., l'épaisseur des échantillons est toujours plus élevée dans les moules blancs Delrin® que dans les moules métalliques. Le moule Delrin® lui-même transmet de la lumière : des résines composites dans les moules de 4 et 6 mm de diamètre reçoivent la lumière de la surface supérieure mais aussi latéralement sur les côtés de l'échantillon. Ceci a donc pour résultat des longueurs plus grandes de résines composites polymérisées dans les moules Delrin® de 4 et 6 mm de diamètre. Cette situation ne peut pas se produire dans les moules métalliques opaques et ne se produit que partiellement dans le moule 10 mm Delrin®. Les résultats de profondeur de polymérisation obtenus à partir d'un moule métallique de 4mm de diamètre peuvent ne pas représenter le véritable potentiel de l'évaluation de la profondeur de polymérisation (102).

La composition du moule est importante si on veut comparer les articles entre eux.

Un matériau et une taille de moule doivent être établis.

1.2. Photopolymérisation :

1.2.1. Types de lampe et spectre :

Différents types de lampes existent : les lampes à plasma, les lampes halogènes « quartz tungstène halogène » (QTH) ou les lampes LED « light emitting diode ». Les articles que nous avons sélectionnés utilisent soit des lampes LED soit des lampes halogènes. Mais quelle que soit la source lumineuse utilisée, cette dernière doit correspondre au spectre de sensibilité de l'initiateur. (Camphoroquinone = pic optimal est situé vers 470nm, Ivocerin = pic optimal vers 410nm, et pour d'autres photo-initiateurs, le spectre est décalé vers des longueurs d'ondes inférieures).

Avant l'arrivée des lampes LED de 3^{ème} génération, on préférait utiliser des lampes halogènes car celles-ci ont l'avantage d'avoir un spectre très large et d'activer les différentes molécules utilisées, telle que la Lucérine TPO. Les lampes LED de 3^{ème} génération sont une véritable révolution car elles ont permis d'obtenir un élargissement du spectre de longueur d'onde de 380 à 515 nm, permettant une photo activation similaire aux lampes QTH.

On note aussi que l'élévation de température est plus faible avec les LED (3°C seulement pour 10 secondes de photopolymérisation) (1, 119,120).

Les dernières LED permettent donc la photopolymérisation de la Lucérine TPO, l'Ivocerin® et de la camphoroquinone.

Type de photo-initiateurs	Pic d'absorption maximal (nm)
Camphoroquinone (CQ)	467
Ivocerin	408
Lucirin TPO (TPO)	385
Phenyl Propanedione (PPD)	390
Oxide Acylphosphine	370

Tableau XXXV : Type de photo-initiateurs en rapport avec leurs pics d'absorption (121)

Nous avons répertorié les différentes lampes utilisées dans les articles en fonction de leur longueur d'onde :

Fabricants	Lampes LED	Longueur d'onde	☺/☹
Ivoclar Vivadent	Bluephase / Bluephase C / Bluephase C8 / Bluephase Style / Bluephase G2 / Bluephase 20i	λ entre 385 et 515 nm	☺
3M	Elipar / Elipar S10 / Elipar Freelight	λ entre 430–480 nm	☹
Kerr	Demi / Demetron	λ entre 450-470nm / λ entre 430-490 nm	☹
Dentsply	SmartLite iQ2 / SmartLite PS	λ entre 450-475 nm / λ entre 450-490 nm	☹
Ultradent	VALO Ultradent	λ entre 395-480 nm	☺
	LED TC-01	λ entre 440-465 nm	☹
Woodpecker	LED C Woodpecker	λ entre 420-480 nm	☹
GC	LED G-light GC Polywave	λ entre 390-550 nm	☺
	ART-L3	λ entre 450 et 470 nm	☹
	LED UltraLight PB-070	λ entre 440-480 nm	☹

Fabricants	Lampes halogènes	Longueur d'onde	☺/☹
Dentsply	QHL 75	λ entre 400-500 nm	☺
	Optilux 501	λ entre 400-505 nm	☺
3M	Elipar Trilight / Elipar 2500	λ entre 400-515 nm / λ entre 400-500 nm	☺
Coltène	Coltolux 75	λ entre 430-505 nm	☹
	Heliolux / Hilux ultra / Translux	λ entre 380-500 nm	☺

Tableaux XXXVI et XXXVII : Lampes LED et halogènes en fonction de leurs longueurs d'onde et de l'activation du photo-initiateur Ivocerin

A travers notre revue, nous avons pu mettre en évidence que de nombreux articles manipulant TECBF, n'utilisent pas une source lumineuse adaptée à l'activation du photo-initiateur Ivocerin. Ce qui fausse leurs résultats et les rend donc obsolètes. En effet, c'est le cas pour : Flury 2012 et 2014, Garoushi 2013 et 2015, Alrahlah, Alshali 2015, Bucuta, Ilie (influence et bulk), Nagi, Son, Soygun, El-damanhoury, Al-Ahdal (70, 71, 74, 75, 55, 57, 47, 48, 95, 108, 109, 54, 65). Ceci pourrait expliquer les valeurs inférieures de TECBF par rapport aux autres composites retrouvées dans certains articles.

Plusieurs articles comparent la microdureté en fonction du type de lampe : LED ou halogène (109, 112, 114).

1.2.2. Puissance et intensité :

La puissance d'une lampe à photopolymériser est souvent exprimée en milliwatt (mW) et correspond au flux énergétique mesuré dans le faisceau lumineux en un point précis et défini. Malheureusement c'est rarement la valeur indiquée par les fabricants. On lui préfère la densité de puissance ou intensité, dépendant de la surface à l'extrémité du guide de lumière et exprimée en milliwatt par cm² (mW/cm²), ce nombre est toujours plus élevé donc plus flatteur (puisque nous utilisons des embouts d'un diamètre maximum de 11 mm pour les LED).

L'intensité dépend de la surface de l'extrémité du guide de lumière, mais aussi de l'espace séparant cette extrémité et la surface du composite. C'est la puissance projetée en quelque sorte. Cela signifie que pour une même lampe nous n'aurons pas la même densité avec un guide de lumière de 5,5 mm et un de 7,5 mm de diamètre.

L'irradiance, le temps d'exposition, ainsi que la distance séparant le matériau de l'embout de la lampe à photopolymériser influent sur la qualité de la photopolymérisation (119, 120).

L'intensité des différentes sources lumineuses de nos articles varient de :

Lampes	Intensité (mW/cm ²)
LED	De 600 à 1800 mW/cm ² (+ jusqu'à 3416 en mode plasma chez Ilie)
Halogène	De 600 à 820 mW/cm ²

Tableau XXXVIII : Variations de l'intensité des embouts en fonction des lampes

1.2.3. Embout : distance, position et diamètre :

Ces paramètres ont un impact sur la polymérisation.

L'augmentation de la distance séparant l'embout de la lampe, de la surface des résines composites favorise la diminution de la microdureté et le degré de conversion pour tous les types de sources lumineuses. Ilie compare dans 3 de ces articles (48, 80, 81) la microdureté et le degré de conversion en fonction de la distance de l'embout d'une lampe LED par rapport au composite 0 ou 7 mm ; leurs résultats soutiennent cette observation.

Lors de la photopolymérisation des résines composites, l'expérience du praticien est un facteur important. En effet, un positionnement stable du guide lumineux pendant toute la durée d'irradiation est nécessaire pour optimiser la polymérisation des composites (à cause de la faible polymérisation latérale de la surface couverte par la sortie du guide lumineux) ; ceci est d'autant plus important quand le diamètre du guide approche le diamètre de la cavité (120). Le positionnement stable et perpendiculaire n'est pas forcément assuré lorsqu'il est réalisé par un praticien (reproductibilité difficile). En conséquence, l'intensité réellement transmise est non maîtrisable : distance entre embout et composite, angle d'incidence, usure de la lampe, ...

Le diamètre des embouts des différentes sources lumineuses de nos articles varient de :

Lampes	Diamètre embouts (mm)
LED	De 8 à 11 mm
Halogène	Maxi 13 mm

Tableau XXXIX : Variations du diamètre des embouts en fonction des lampes

1.2.4. Temps d'irradiation :

Le degré de polymérisation est dépendant du temps et de l'intensité de la lampe. En effet, la polymérisation du Bis-GMA et du TEGDMA se fait même avec un apport minimal de lumière, et le temps d'exposition permet d'augmenter le degré de conversion des monomères. Plus on augmente le temps d'irradiation plus on obtient une profondeur de polymérisation importante (Flury 2012 montre que si on double le temps de photopolymérisation alors on obtient une augmentation moyenne de 17% de la profondeur de polymérisation).

Czasch (10/20/40 secondes), Flury 2012 (10/20 secondes), Ilie (influence : 10/20/40 secondes), Ilie x2 (effet / curing : 5/20/40 secondes), Lempel (10/20 secondes), Miletic (10/20 secondes), Nagi (10/20/40/60 secondes), Tarle (10/20/30 secondes) et Zorzin (instructions des fabricants/30 secondes) comparent les propriétés mécaniques en fonction du temps de photopolymérisation sont tous en accord avec cette remarque.

Cependant, une puissance nettement insuffisante ne peut pas être compensée par l'allongement du temps d'irradiation.

Les temps d'irradiation retrouvés dans nos articles varient de 5 à 60 secondes. Cet écart pourrait expliquer les différences de résultats concernant le degré de conversion ainsi que les autres propriétés.

2. METHODES :

2.1. Stockage :

Le stockage pendant 24 heures dans de l'eau distillée permet aux composites de poursuivre leur absorption hygroscopique et ainsi d'acquérir des propriétés mécaniques optimales (122).

Le temps de stockage ainsi que la température sont variables d'une étude à une autre.

Les propriétés mécaniques sont connues pour être influencées par le stockage dans l'eau. Il a été montré que le stockage dans l'eau affecte la dureté des échantillons composites, le module de flexion de certains composites étant affecté par un stockage plus prolongé.

Comme nous l'avons vu à travers nos articles, le stockage n'est pas toujours de 24 heures ce qui pourrait expliquer les différences retrouvées dans les résultats.

2.2. Profondeur de polymérisation : Scraping test v/s Acétone test

Goracci (40) et Miletic (94) utilisent une technique dérivée du « scraping test » : le test d'agitation à l'acétone.

En général, la procédure de grattage du matériau non polymérisé est considérée comme difficile à standardiser, et le test d'agitation à l'acétone est préféré par certains chercheurs car l'élimination du composite non polymérisé se fait chimiquement et n'est donc pas opérateur dépendant. Cette technique semble être plus précise. Miletic (94) montre que le composite bulk fluide SDR révèle une profondeur de polymérisation similaire à celle de Flury et al. (71) et le composite bulk Tetric obtient une profondeur de polymérisation plus grande que celle mesurée dans l'étude de Flury et al. La préparation des échantillons et la photopolymérisation étaient similaires mais Flury a utilisé la méthode de grattage avec une spatule en plastique pour enlever le composite non polymérisé.

La profondeur de polymérisation de tous les composites bulk testés est supérieure (jusqu'à 1mm) dans l'étude de Miletic et al. par rapport à l'étude menée par Garoushi et al. qui a aussi utilisé la méthode de grattage à la main.

La technique de grattage non standardisée donne de grandes variations dans les mesures de la profondeur de polymérisation à travers les différentes études, suggérant l'introduction d'une nouvelle méthode plus contrôlable et reproductible telle que le test d'agitation à l'acétone employé dans l'étude de Miletic. La profondeur de polymérisation de SoniFill reste inférieure à 4 mm en utilisant le test d'agitation à l'acétone.

2.3. Knoop / Scraping test :

L'essai de dureté Knoop est cliniquement pertinent pour déterminer la profondeur de polymérisation.

Avec la méthode du ratio de dureté pour la profondeur de polymérisation, tous les composites bulk sont conformes aux affirmations des fabricants. Il convient de souligner que les valeurs obtenues par ces auteurs étaient différentes et inférieures à la méthode ISO 4049.

Il a été récemment rapporté que les tests ISO 4049 et KHN surestimaient la profondeur de polymérisation (71).

Il est nécessaire que les cliniciens accordent une attention particulière aux différentes méthodes d'étude.

2.4. Dureté Vickers v/s Knoop :

On constate que les définitions employées pour la dureté Vickers (HV) et la dureté Knoop (HK) ne sont pas identiques puisque les aires considérées ne sont pas les mêmes. En effet, la dureté Vickers considère le rapport de la charge appliquée sur l'aire réelle de contact alors que la dureté Knoop prend en compte l'aire projetée. Bien que souvent très voisins, au moins pour les faibles valeurs de dureté, HV et HK ne sont donc pas égaux.

L'ensemble des résultats bibliographiques montre que le nombre HK est toujours inférieur au nombre HV correspondant (pour la même charge d'indentation) (29).

2.5. Nanoindentation / Microindentation :

La dureté par nanoindentation a l'avantage d'être simple, reproductible, et relativement non destructrice.

En connaissant la géométrie du nanoindenteur, la zone de contact est calculée automatiquement par la machine pour donner la nanodureté pour la charge appliquée. Il n'y a donc pas d'erreur possible liée à l'examineur. A contrario, les études de microdureté classiques mesurent des longueurs diagonales à partir d'images des zones indentées, ce qui peut être générateur d'erreurs, surtout lorsque la zone d'indentation est faible (6).

2.6. Degré de conversion : RAMAN v/s FTIR :

La spectroscopie Raman peut être considérée comme totalement non destructive car elle ne nécessite aucun prélèvement, et même aucun contact avec l'échantillon. Au microscope, il est donc possible d'analyser tous les types de matériaux.

En ce qui concerne la spectroscopie à infra-rouge par Réflexion totale atténuée : les échantillons peuvent parfois être brisés car la pointe du cristal entre en contact plus ou moins important avec ces derniers. Malgré cet inconvénient, plusieurs contacts peuvent généralement être effectués pour chaque échantillon, permettant d'obtenir plusieurs spectres par matériau. Cependant, suivant la qualité du contact, le signal obtenu peut être plus ou moins faible, et plus ou moins altéré par des phénomènes parasites : les spectres résultants ne sont donc pas tous forcément exploitables (123).

En Raman, la longueur d'onde qui offre les meilleurs résultats est celle à 1064 nm : la ligne de base est peu importante, et l'ensemble du spectre est observé sans forte modulation de l'appareillage sur les intensités. Et seul Par M. choisit cette longueur d'onde dans ces 2 études, tandis que les autres utilisent plutôt 780nm (sauf Lempel : 632nm).

FTIR et Raman sont donc complémentaires tant du point de vue de l'obtention du signal, que dans la réponse vibrationnelle observée. En effet, les phénomènes sondés par ces 2 techniques sont différents, l'une excite les vibrations de liaisons dont le moment dipolaire est modifié lors de la vibration, alors que l'autre sonde les molécules dont la polarisabilité est modifiée lors de la vibration. Ce qui entraîne sur les spectres des bandes différentes comme l'obtention sur les spectres Raman des bandes de vibrations de liaisons C=C faiblement observables en IR, et inversement pour les vibrations des liaisons C=O. L'utilisation conjointe de ces 2 techniques apporterait donc plus d'informations sur la structure moléculaire des matériaux (123).

2.7. Flexion 3 points / flexion biaxiale :

Bien que certaines études aient suggéré d'autres conceptions d'essai de flexion, le test de flexion en trois points reste le test de choix pour évaluer la résistance à la flexion des composites en raison de l'écart-type inférieur, du coefficient de variation inférieur et de la distribution de fissure moins complexe. Comparativement à celles produites par d'autres modèles d'essai, comme le test de flexion biaxiale selon Rodrigues Junior et al. (41).

La méthode de flexion biaxiale ne convient que pour des matériaux fragiles avec une déflexion minimale (42). Le test de flexion biaxiale est largement utilisé et est considéré comme la méthode la plus fiable pour évaluer la résistance des matériaux céramiques dentaires fragiles selon Ban et al. (124).

2.8. Les modules :

Les modules sont obtenus par de nombreux tests : de flexion, de microdureté Vickers, de nanoindentation, de rétraction de polymérisation et aussi de compression. Tous ces tests diffèrent, nous obtenons alors des résultats qui varient considérablement et incomparables entre eux.

2.9. Rétraction de prise et contraintes de polymérisation :

En fonction de la méthode choisie par les auteurs, les mesures se rapportent à la contraction volumétrique ou linéaire, à la rétraction totale ou post-gel uniquement.

En effet, la méthode de dilatométrie et celle fondée sur le principe d'Archimède nous permettent de mesurer directement la rétraction de polymérisation. Ce qui n'est pas le cas pour les autres méthodes : disques collés, linometer et extensométrie, ces dernières nous fournissent une déformation linéaire et ce n'est qu'après calcul que l'on obtient alors la contraction volumétrique de polymérisation.

De plus, les techniques sans contact avec l'échantillon (linometer), ou utilisant un liquide : Archimède ou dilatomètre, mesurent la rétraction totale tandis que les techniques avec application d'une force (telles que disques collés et extensométrie) ne recueillent que des mesures de rétraction post-gel (perte de donnée). Ces dernières gardent tout de même un intérêt clinique en lien avec le stress de polymérisation.

Certaines méthodes mesurent ponctuellement la rétraction de prise tandis que d'autres la mesurent en fonction du temps (dynamique) telles que : disques collés, dilatométrie, extensométrie, linometer (125).

Il est donc impossible de comparer les valeurs de rétraction de prise obtenues par les différentes méthodes. Il est tout aussi compliqué de les comparer pour une même méthode puisqu'aucun des paramètres n'est standardisé : volume des échantillons, type de lampe et intensité.

3. RESULTATS :

On ne peut pas comparer les résultats des différentes techniques car les matériels et les méthodes ne sont pas superposables.

Malgré tout, à travers cette revue de littérature, nous avons pu ressortir des ordres de grandeur (valeurs maximums et minimums) afin de les comparer aux composites conventionnels du tableau de Raskin (5).

Tableau récapitulatif :

	Charges (poids)	Charges (volume)	Module d'élasticité (GPa)	Résistance Flexion (MPa)	Dureté Vickers	Rétraction de prise (%)
Composites hybrides Visco fluide	64,5 (45-76)	45,9	4,5 (1,9-5,9)	88,0 (42,8-114,3)	20,6 (8,5-30)	4,68
Bulk fluides	64,5-75	38-61	2,8-6,76 (test flexion)	76-139	0mm : 14,8-69,6 4mm : 12,18-84,7	1,33-4,4
Bulk fibré	74,2	53,6	6,9-12,6 (test flexion)	101,4-201,08	0mm : 51,42-66 4mm : 41,22-60	1,15-3,36
Composites hybrides Visco moyenne	78 (72-86)	60	9,3 (3,6-17,7)	109,8 (58-204)	57 (25,8-	3,04
Bulk condensables	86-77	59-83	6,1-16,2 (test flexion)	85-193,45	0mm : 42,84-144,7 4mm : 33-144,3	1,6-2,36
Composites hybrides compactables	79,1 (66-86)	66,1	9,5 (2,9-14,6)	112,1 (51,2-150)	50,2 (24,2-74)	2,58

Tableau XXXX : Tableau récapitulatif des composites bulk (valeurs de la bibliographie) v/s composites hybrides (valeurs tirées de (5))

D'après ce tableau, les composites bulk montrent des performances plutôt satisfaisantes et apparaissent comme une alternative thérapeutique dans le domaine des restaurations postérieures volumineuses en technique directe. En effet, nous avons pu observer que leurs propriétés physico-mécaniques à 4mm de profondeur étaient bien souvent comparables aux composites conventionnels de même famille.

Comme nous avons pu le voir dans la bibliographie, les ratios VHN à 4 mm, retrouvés sont supérieurs à 80% (sauf chez Jang pour TECBF et chez Soygun pour SDR et TECBF avec une lampe LED). Nous retrouvons, dans les études d'Ilie, des valeurs de PP jusqu'à 6 mm pour les composites bulk fluides, et supérieures à 4 mm pour les composites bulk condensables avec une lampe LED collée aux composites pendant au moins 20 secondes.

Pour les propriétés non prises en compte par Raskin (5), nous nous référons aux données fabricants ou aux valeurs attendues.

Concernant la profondeur de polymérisation, qu'elle soit mesurée avec le scraping test, les ratios de microdureté ou le degré de conversion, nous obtenons dans la majorité des cas des valeurs comparables aux données des fabricants :

En ce qui concerne les ratios KHN, nous en ressortons que la majorité des ratios sont supérieurs à 80% sauf pour VBF chez Garcia (73) à 67%, et pour SF et TECBF chez Tarle (110) et Garcia (42 à 57%).

Concernant les contraintes de polymérisation (stress en MPa), les valeurs obtenues se rapprochent des valeurs fabricants si on exclut les articles de Fronza (72) et Al sunbul (58) qui montrent des valeurs significativement plus élevées pour tous les matériaux composites. Pour ces 2 articles, on obtient des valeurs comparables à celles des composites conventionnels.

Les valeurs extrêmes ou celles qui son trop éloignées des valeurs fabricants sont en général dues à l'un des facteurs précédemment vus.

Comme par exemple :

- l'utilisation d'une lampe inadaptée aux matériaux (article de Soygun pour TECBF),
 - un temps de photopolymérisation trop court ou une distance de l'embout de la lampe trop éloignée pour les valeurs basses (articles de Ilie et al.)
 - un stockage inadapté, un temps de mesure trop court (immédiatement après la photopolymérisation pour la rétraction de prise), une technique surestimant les valeurs, ...
- La comparaison des classements les uns par rapport aux autres semble alors plus pertinente que celle des valeurs.

	Profondeur de polymérisation : Scraping test (mm) Ratios Knoop (%) / (valeur attendue) DC Raman (%) / (valeur attendue)	Stress de polymérisation (MPa)
Bulk fluides Valeurs fabricants	Scraping test : 4 - 6,2	1,44 - 4,1
Bulk fluides	Scraping test : 3,86 - 5,68 Ratios Knoop : 67 - 80 / >80 DC Raman : 32,71 - 81,2 / >55	1,29 - 7,21 <i>1,6-4,3 (après exclusion des valeurs de (72 et 58)</i>
Bulk fluides Valeurs fabricants	Scraping test : 4	1
Bulk fibré	Scraping test : 4,02 - 5,29 - DC Raman : 61,6 - 80 / >55	4,3 - 5,16
Bulk fluides Valeurs fabricants	Scraping test : 4-5	1,13-3,9
Bulk condensables	Scraping test : 3 - 6,49 / 4-5 Ratios Knoop : 42 - 98 / >80 DC Raman : 56,7 - 78,3 / >55	1,07 - 4,1 <i>1,07-2,5 (après exclusion des valeurs de (72 et 58)</i>

*Tableau XXXXI : Tableau récapitulatif des composites bulk (valeurs de la bibliographie)
v/s valeurs fabricants ou attendues)*

CONCLUSION

CONCLUSION :

La revue systématique de la littérature a mis en évidence 73 références qui ont pu être incluses en fonction de nos critères de sélection.

Les multiples variations des protocoles, tant en ce qui concerne les matériels (moules, lampes, ...) que les méthodes (stockage, charges, temps, ...), ont compliqué les comparaisons inter-études. Etudes souvent incomparables entre elles.

Il est donc nécessaire de normaliser les tests afin de pouvoir les comparer entre eux.

Des protocoles normalisés plus détaillés devraient donc être établis (ce qui est en partie le cas avec les normes ISO pour le « scraping test » et la résistance à la flexion), ainsi qu'être suivis et respectés afin d'assurer leur reproductibilité. Les comparaisons inter-études seraient alors plus significatives.

Les tendances issues des études expérimentales actuelles montrent des performances pour les composites bulk plutôt satisfaisantes.

En effet, la profondeur de polymérisation est réellement augmentée et donc associée à une réduction du temps de travail et à un confort de manipulation.

Bien que les propriétés physico-mécaniques des composites bulk semblent être souvent comparables à celles des composites conventionnels, ils doivent malgré tout être employés avec précautions (manque d'étude clinique).

Ces données devraient être complétées par l'évaluation des autres propriétés mécaniques et physiques telles que la résistance à la traction, à la compression et à l'usure, ou encore l'absorption hydrique et l'expansion thermique ; ainsi que par des études cliniques in vivo (plus pertinentes) afin de déterminer si ces nouveaux composites sont cliniquement satisfaisants.

REFERENCES

REFERENCES :

- (1) Vreven J, Raskin A, Sabbagh J, Vermeersch G, Leloup G. Résines composites EMC (Elsevier SAS, Paris), Odontologie, 23-065-E-10, 2005.
- (2) Shenoy A. Is it the end of the road for dental amalgam? A critical review. Journal of conservative dentistry. 2008 Jul-Sep;11(3):99-107.
- (3) Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. J Dent Res. 1987 Nov ;66(11):1636-9.
- (4) Jokstad A. The dimensions of everyday class II cavity preparations for amalgam. Acta Odont Scan.1989;47(2):89-99
- (5) Raskin A. Les résines composites. Société Francophone de Biomatériaux Dentaires. Université Médicale Virtuelle Francophone, 2010-2009.
- (6) Manhart J., Hickel R. Composites «Bulk Fill» Nouvelle technique d'utilisation des composites dans les régions latérales. Swiss Dental Journal. 2014 ;
- (7) Brochure Tetric EvoCeram Bulk Fill Scientific Documentation. Ivoclar Vivadent; 2011.
- (8) Brochure Smart Dentin Replacement Scientific Compendium. Dentsply Caulk; 2009.
- (9) Brochure Filtek Bulk Fill Flowable Restorative Technical Product Profile. 3M ESPE; 2012
- (10) Brochure Filtek Bulk Fill Posterior Restorative Technical Product Profile. 3M ESPE; 2013
- (11) Brochure Tetric EvoCeram Bulk Fill et Tetric EvoFlow Bulk Fill. Ivoclar Vivadent; 2015
- (12) Brochure SonicFill Scientific Research. Kerr Corporation ; 2012.
- (13) Brochure QuixFil Scientific Compendium. Dentsply DeTrey; 2003.
- (14) Brochure X-tra fil/X-tra base. Voco ; 2011.
- (15) Brochure Venus Bulk Fill Scientific Compendium. Heraeus Kulzer; 2011.
- (16) Brochure everX Posterior. GC; 2013
- (17) Mode d'emploi Venus Bulk Fill Product Profile. Heraeus Kulzer; 2011.
- (18) Mode d'emploi X-tra base. Voco ; 2011.
- (19) Mode d'emploi EverX Posterior. GC; 2013
- (20) Mode d'emploi SonicFill. Kerr Corporation ; 2012.
- (21) Mode d'emploi X-tra fil. Voco; 2011.
- (22) Leprince J, Leloup G, Vreven J, Weiss P, Raskin A. Polymères et résines composites. EMC - Odontologie 2011:1-26 [Article 23-065-E-10].
- (23) Asmussen E, Peutzfeldt A. Energy density, power density, and mode of cure : influence on selected properties of light-cured resin composites. Rev Odont Stomat 2006;35:147-59
- (24) ISO. Dentistry – polymer – based restorative material (ISO 4049/2009).
ISO 4049: 2009 Dentistry- Polymer-based restorative materials. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 2009.
- (25) Moore BK, Platt JA, Borges G, Chu T-MG, Katsilieri I. Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. Operative Dentistry 2008;33:408–12.
- (26) Colon P, Bolla M, Leforestier E. Cahier des charges des matériaux de restauration utilisés en technique directe. Société Francophone de Biomatériaux Dentaires. 2009-2010.
<http://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap8/site/html/cours.pdf>
- (27) Jacquot B. Propriétés mécaniques des Biomatériaux utilisés en Odontologie. Société Francophone de Biomatériaux Dentaires. 2009-2010.
- (28) www.utc.fr/~tthomass/Themes/Unites/unites/infos/durete/La%20durete.pdf
- (29) Didier Chicot, Alberto Pertuz, Francine Roudet, Jacky Lesage. Indentations Vickers et Knoop, conversion des duretés. Congrès Français de Mécanique 2003.
- (30) Darvell BW, Materials Science for Dentistry Ninth edition 2009, Woodhead Publishing Limited
- (31) Campodonico CE, Tantbirojn D, Olin PS, Versluis A. Cuspal deflection and depth of cure in resin-based composite restorations filled by using bulk, incremental and transtooth-illumination techniques. J Am Dent Assoc. 2011 Oct;142(10):1176-82.
- (32) Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Wilson BM. Correlation of bottom to top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. Oper Dent 2004;29(6):698-704. (Ratio 80%)

- (33) www.rescoll.fr
<https://rescoll.fr/blog/wp-content/uploads/2011/03/Nanoindentation2.pdf>
- (34) Abed YA, Sabry HA, Alrobeigy NA. Degree of conversion and surface hardness of bulk-fill composite versus incremental-fill composite. *Tanta Dent. J.* 2015;12:71-80
- (35) Jacquot B, Durand J-C, Fouquet H, Salehi H, Marguet-Gaudin P, Levallois B, Cuisinier F. La spectroscopie confocale Raman en odontologie. De la recherche fondamentale aux applications cliniques. *Actualités Odonto-Stomatologiques* 2012(Sep);n°259
- (36) « Raman – Wikipédia » : https://fr.wikipedia.org/wiki/Spectroscopie_Raman
- (37) « FTIR – Wikipédia » :
https://fr.wikipedia.org/wiki/Spectroscopie_infrarouge_%C3%A0_transform%C3%A9_de_Fourier
- (38) Biophy Research : Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier :
<http://www.biophyresearch.com/wp-content/uploads/2013/04/Document-technique-FTIR-v01.pdf>
- (39) Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin composites at two time intervals. *Dent Mater.* 2013 Sep;29(9):213-7.
- (40) Goracci C, Cadenaro M, Fontanive L, Giangrosso G, Juloski J, Vichi A, Ferrari M. Polymerization efficiency and flexural strength of low-stress restorative composites. *Dent Mater.* 2014 Jun;30(6):688-94.
- (41) Rodrigues Junior SA, Zanchi CH, de Carvalho RV, Demarco FF. Flexural strength and modulus of elasticity of different types of resin-based composites. *Braz Oral Res* 2007;21(1):16-21
- (42) Chung S.M, Yap A.U.J., Chandra S.P, Lim C.T. Flexural Strength of Dental Composite Restoratives: Comparison of Biaxial and Three-Point Bending Test. *J Biomed Mater Res* 2004;71B:278-83
- (43) Finan L, Palin WM, Moskwa N, McGinley EL, Fleming GJ. The influence of irradiation potential on the degree of conversion and mechanical properties of two bulk-fill flowable RBC base materials. *Dent Mater.* 2013;29:906-12.
- (44) Gonçalves F., Kawano Y., Braga RR. Contraction stress related to composite inorganic content. *Dent. Mater. Off. Publ. Acad. Dent. Mater.* 2010;26(7):704-9.
- (45) <http://www.urofrance.org/nc/science-et-recherche/base-bibliographique/article/html/biomateriaux-et-genie-tissulaire-en-urologie-partie-a-aspects-generaux-chapitre-ii-aspec.html>
- (46) Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clin Oral Investig.* 2014 Nov;18(8):1991–2000.
- (47) Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Oper Dent.* 2013 Nov-Dec;38(6):618-25.
- (48) Ilie N, Keßler A, Durner J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites. *J Dent.* 2013 Aug;41(8):695-702.
- (49) Min S-H, Ferracane J, Lee I-B. Effect of shrinkage strain, modulus, and instrument compliance on polymerization shrinkage stress of light-cured composites during the initial curing stage. *Dent. Mater.* 2010 Oct ;26(10):1024-33.
- (50) Penn RW. A recording dilatometer for measuring polymerization shrinkage. *Dent. Mater.* 1986 Avr;2(2):78-9.
- (51) Geerts S. Les News de la dentisterie conservatrice. *Actualités dentaires de l'université de Liège* 2008;38:23-39
- (52) Marchesi G, Breschi L, Antonioli F, Di Lenarda R, Ferracane J, Cadenaro M. Contraction stress of low-shrinkage composite materials assessed with different testing systems. *Dent Mater.* 2010 Oct;26(10):947-53.
- (53) Abouelleil H, Pradelle N, Villat C, Attik N, Colon P, Grosogeat B. Comparison of mechanical properties of a new fiber reinforced composite and bulk filling composites. *Restor Dent Endod.* 2015 Nov;40(4):262-70.
- (54) Al-Ahdal K, Ilie N, Silikas N, Watts DC. Polymerization kinetics and impact of post polymerization on the Degree of Conversion of bulk-fill resin-composite at clinically relevant depth. *Dent Mater.* 2015 Oct;31(10):1207-13.
- (55) Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dent Mater.* 2014 Feb;30(2):149-54.

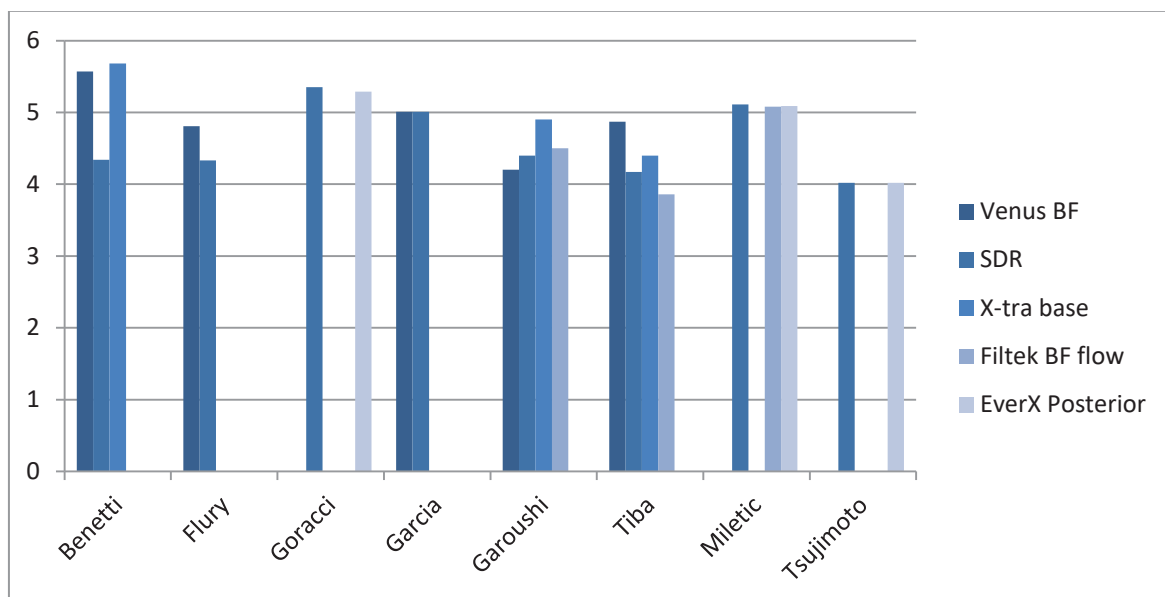
- (56) ALShaafi MM, Haenel T, Sullivan B, Labrie D, Alqahtani MQ, Price RB. Effect of a broad-spectrum LED curing light on the Knoop microhardness of four posterior resin based composites at 2, 4 and 6-mm depths. *J Dent*. 2016 Feb;45:14-8.
- (57) Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, Silikas N. Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites. *J. Dent*. 2015 Feb;43 (2) 209-18.
- (58) Al Sunbul H, Silikas N, Watts DC. Polymerization shrinkage kinetics and shrinkage-stress in dental resin-composites. *Dent Mater*. 2016 Aug;32(8):998-1006.
- (59) Al Sunbul H, Silikas N, Watts DC. Surface and bulk properties of dental resin-composites after solvent storage. *Dent Mater*. 2016 Aug;32(8):987-97.
- (60) Benetti A, Havndrup-Pedersen C, Honoré D, Pedersen M, Pallesen U. Bulk-fill resin composites: polymerization contraction depth of cure, and gap formation. *Oper Dent*. 2015 Mar-Apr;40(2):190-200.
- (61) Bijelic-Donova J, Garoushi S, Vallittu PK, Lassila LV. Mechanical properties, fracture resistance, and fatigue limits of short fiber reinforced dental composite resin. *J Prosthet Dent*. 2016 Jan;115(1):95-102.
- (62) Bijelic-Donova J, Garoushi S, Lassila LV, Keulemans F, Vallittu PK. Mechanical and structural characterization of discontinuous fiber-reinforced dental resin composite. *J Dent*. 2016 Sep;52:70-8.
- (63) Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig*. 2013 Jan;17(1):227-35.
- (64) Dionysopoulos D, Tolidis K, Gerasimou P. The Effect of Composition, Temperature and Post-Irradiation Curing of Bulk Fill Resin Composites on Polymerization Efficiency. *Materials Research*. 2016; 19(2): 466-73
- (65) El-Damanhoury H, Platt J. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Oper Dent*. 2014 Jul-Aug;39(4):374–82.
- (66) El-Safty S, Akhtar R, Silikas N, Watts DC. Nanomechanical properties of dental resin-composites. *Dent Mater*. 2012 Dec;28(12):1292-300.
- (67) Engelhardt F, Hahnel S, Preis V. et al. Comparison of flowable bulk-fill and flowable resin-based composites : an in vitro analysis. *Clin Oral Investig*. 2016 (Nov); 20(8):2123-30.
- (68) Farahat F, Daneshkazemi AR, Hajiahmadi Z. The Effect of Bulk Depth and Irradiation Time on the Surface Hardness and Degree of Cure of Bulk-Fill Composites. *J Dent Biomater*. 2016;3(3):284-91.
- (69) Fleming GJ, Awan M, Cooper PR, Sloan AJ. The potential of a resin-composite to be cured to a 4mm depth. *Dent Mater*. 2008 Apr;24(4):522-9.
- (70) Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *Dent Mater*. 2014;30(10):1104-12.
- (71) Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Hüsler J, Lussi A. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials ? *Dent Mater*. 2012 May;28(5):521-8.
- (72) Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, Mogilevych B, Soares LE, Martin AA, Ambrosano G, Giannini M. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater*. 2015 Dec;31(12):1542-51.
- (73) Garcia D, Yaman P, Dennison J, Neiva G. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. *Oper Dent*. 2014;39:441-8.
- (74) Garoushi S, Sailynoja E, Vallittu PK, Lassila L. Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite. *Dent Mater*. 2013 Aug;29(8):835-41.
- (75) Garoushi S, Vallittu P, Shinya A, Lassila L. Influence of increment thickness on light transmission, degree of conversion and micro hardness of bulk fill composites. *Odontology* 2016 Sept, 104(3):291-7
- (76) Guo Y, Landis FA, Wang Z, Bai D, Jiang L, Chiang MY. Polymerization stress evolution of a bulk-fill flowable composite under different compliances. *Dent Mater*. 2016 Apr;32(4):578-86.
- (77) Hahnel S, Henrich A, Bürgers R, Handel G, Rosentritt M. Investigation of mechanical properties of modern dental composites after artificial aging for one year. *Oper Dent*. 2010 Jul-Aug;35(4):412-9.

- (78) Hahnel S, Schultz S, Trempler C, Ach B, Handel G, Rosentritt M. Two-body wear of dental restorative materials. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2011 Apr;4(3):237-44.
- (79) Han SH, Sadr A, Tagami J, Park SH. Internal adaptation of resin composites at two configurations: Influence of polymerization shrinkage and stress. *Dent Mater.* 2016 Sep;32(9):1085-94.
- (80) Ilie N, Stark K. Curing behaviour of high-viscosity bulk-fill composites. *J Dent.* 2014 Aug;42(8):977-85.
- (81) Ilie N, Stark K. Effect of different curing protocols on the mechanical properties of low viscosity bulk-fill composites. *Clin Oral Investig.* 2015 Mar;19(2):271-9.
- (82) Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR™ technology. *Dent Mater.* 2011;27(4):348-55.
- (83) Ilie N, Fleming GJ. In vitro comparison of polymerisation kinetics and the micro-mechanical properties of low and high viscosity giomers and RBC materials. *J Dent.* 2015 Jul;43(7):814-22.
- (84) Issa Y, Watts DC, Boyd D, Price RB. Effect of curing light emission spectrum on the nanohardness and elastic modulus of two bulk-fill resin composites. *Dent Mater.* 2016 Apr;32(4):535-50.
- (85) Jang JH, Park SH, Hwang IN. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resin composites and highly filled flowable resin. *Oper Dent.* 2015 Mar-Apr;40(2):172-80.
- (86) Kalliecharan D, Gernscheid W, Price RB, Stansbury J, Labrie D. Shrinkage stress kinetics of Bulk Fill resin-based composites at tooth temperature and long time. *Dent Mater.* 2016 Nov;32(11):1322-31
- (87) Kim EH, Jung KH, Son SA, Hur B, Kwon YH, Park JK. Effect of resin thickness on the microhardness and optical properties of bulk-fill resin composites. *Restor Dent Endod.* 2015 May;40(2):128-35.
- (88) Kim RJ, Kim YJ, Choi NS, Lee IB. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. *J Dent.* 2015 Apr;43(4):430-9.
- (89) Lassila L, Garoushi S, Vallittu PK, S  ilynoja E. Mechanical properties of fiber reinforced restorative composite with two distinguished fiber length distribution. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2016 Jul;60:331-8.
- (90) Lempel E, Czibulya Z, Kov  cs B, Szalma J, T  th   , Kuns  gi-M  t   S, Varga Z, B  ddi K. Degree of Conversion and BisGMA, TEGDMA, UDMA Elution from Flowable Bulk Fill Composites. *Int J Mol Sci.* 2016 May 20;17(5).
- (91) Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbsgh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent* 2014 Aug;42:993-1000.
- (92) Li X, Pongprueksa P, Van Meerbeek B, et al : Curing profile of bulk-fill resin-based composites. *J Dent* 2015 ; 43:664-72
- (93) Marigo L, Spagnulo G, Malara F, Martorana GE, Cordaro M, Lupi A, Nocca G. Relation between conversion degree and cytotoxicity of a flowable bulk-fill and three conventional flowable resin-composites. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2015 Dec;19(23):4469-80
- (94) Miletic V, Pongprueksa P, De Munck J, Brooks NR, Van Meerbeek B. Curing characteristics of flowable and sculptable bulk-fill composites. *Clin Oral Investig.* 2016 Jul 6.
- (95) Nagi SM, Moharam LM, Zaazou MH. Effect of resin thickness, and curing time on the microhardness of bulk-fill resin composites. *J Clin Exp Dent.* 2015;7(5):600-4.
- (96) Papadogiannis D, Tolidis K, Gerasimou P, Lakes R, Papadogiannis Y. Viscoelastic properties, creep behavior and degree of conversion of bulk fill composite resins. *Dent Mater.* 2015 Dec;31(12):1533-41.
- (97) Par M, Gamulin O, Marovic D, Klaric E, Tarle Z. Effect of temperature on post-cure polymerization of bulk-fillcomposites. *J Dent* 2014 Oct;42(10):1255–60.
- (98) Par M, Gamulin O, Marovic D, Klaric E, Tarle Z. Raman spectroscopic assessment of degree of conversion of bulk-fill resin composites-changes at 24 hours post cure. *Oper Dent.* 2015 May-Jun;40(3):E92-101.
- (99) Pi  skin MB, Atalı PY, Figen AK. Thermal, spectral, and surface properties of LED light-polymerized bulk fill resin composites. *Biomed Tech (Berl).* 2015 Feb;60(1):65-75.

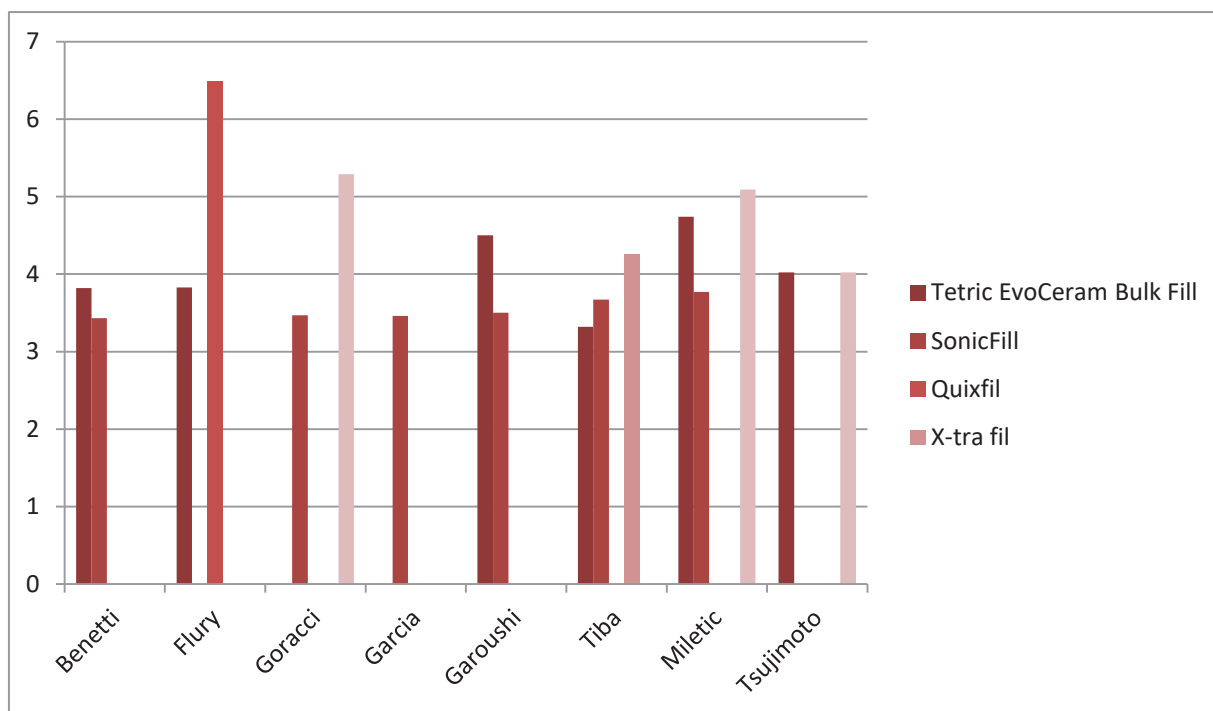
- (100) Polydorou O, Manolakis A, Hellwig E, Hahn P. Evaluation of the curing depth of two translucent composite materials using a halogen and two LED curing units. *Clin Oral Investig*. 2008 Mar;12(1):45-51.
- (101) Pongprueksa P, De Munck J, Duca RC, Poels K, Covaci A, Hoet P, Godderis L, Van Meerbeek B, Van Landuyt KL. Monomer elution in relation to degree of conversion for different types of composite. *J Dent*. 2015 Dec;43(12):1448-55.
- (102) Price RB, Rueggeberg FA, Harlow J, Sullivan B. Effect of mold type, diameter, and uncured composite removal method on depth of cure. *Clin Oral Investig*. 2016 Sep;20(7):1699-707.
- (103) Rosatto CM, Bicalho AA, Veríssimo C, Bragança GF, Rodrigues MP, Tantbirojn D, Versluis A, Soares CJ. Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. *J Dent*. 2015 Dec;43(12):1519-28.
- (104) Rouhollahi MR, Mohammadibasir M, Talim SH. Comparative depth of cure among two light-cured core build-up composites by surface Vickers Hardness. *J Dent (Tehran)* 2012; 9(3): 255-261.
- (105) Rullmann I, Schattenberg A, Marx M, Willershausen B, Ernst CP. Photoelastic determination of polymerization shrinkage stress in low-shrinkage resin composites. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 2012;122:294-9
- (106) Salerno M, Derchi G, Thorat S, Ceseracciu L, Ruffilli R, Barone AC. Surface morphology and mechanical properties of new-generation flowable resin composites for dental restoration. *Dent Mater* 2011 Dec; 27(12):1221-8.
- (107) Schlichting LH, de Andrada MA, Vieira LC, de Oliveira Barra GM, Magne P. Composite resin reinforced with pre-tensioned glass fibers. Influence of prestressing on flexural properties. *Dent Mater*. 2010 Feb;26(2):118-25.
- (108) Son SA, Park JK, Seo DG, Ko CC, Kwon YH. How light attenuation and filler content affect the microhardness and polymerization shrinkage and translucency of bulk-fill composites? *Clin Oral Investig*. 2016 (Jul) 31;
- (109) Soygun K, Unal M, Ozer A, Gulnazar E, Bolayır G. Effects of Different Curing Unites on Bulk Fill Composites. *Int J Oral Dent Health* 2015;1:013
- (110) Tarle Z, Attin T, Marovic D, Andermatt L, Ristic M, Tauböck TT. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. *Clin Oral Investig* 2015 May;19(4):831-40.
- (111) Tauböck TT, Tarle Z, Marovic D, Attin T. Pre-heating of high-viscosity bulk-fill resin composites: effects on shrinkage force and monomer conversion. *J Dent*. 2015 Nov;43(11):1358-64.
- (112) Tchorz JP, Doll R, Wolkewitz M, Hellwig E, Hannig C. Microhardness of composite materials with different organic phases in deep class II cavities: an in vitro study. *Oper Dent*. 2011 Sep-Oct;36(5):502-11.
- (113) Tiba A, Zeller GG, Estrich CG, Hong A. A laboratory evaluation of bulk-fill versus traditional multi-increment-fill resin-based composites. *J Am Dent Assoc*. 2013;144(10):1182-3.
- (114) Topcu FT, Erdemir U, Sahinkesen G, Yildiz E, Uslan I, Acikel C. Evaluation of microhardness, surface roughness, and wear behavior of different types of resin composites polymerized with two different light sources. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2010 Feb;92(2):470-8.
- (115) Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M. Mechanical properties, volumetric shrinkage and depth of cure of short fiber-reinforced resin composite. *Dent Mater J*. 2016;35(3):418-24.
- (116) Zorzin J, Maier E, Harre S, Fey T, Belli R, Lohbauer U, et al. Bulk-fill resin composites: polymerization properties and extended light curing. *Dent Mater* 2015 Mar;31(3):293-301.
- (117) Conte Jr NR, Goodchild JH. Flowable Composite Resins: Do They Decrease Microleakage and Shrinkage Stress? *Compendium of Continuing Education in Dentistry AEGIS*. 2013 Jun ;34(4):1-6
- (118) Menees TS, Lin CP, Kojic DD, Burgess JO, Lawson NC. Depth of cure of bulk fill composites with monowave and polywave curing lights. *Am J Dent*. 2015 Dec;28(6):357-61.
- (119) Pelissier B, Duret F. Embouts des lampes à photopolymériser. *EMC* 2008 ; 28-750-M-10
- (120) Pelissier B, Castany E, Crouan M, Maurat V, Duret F. Evolution des lampes à photopolymériser : troisième génération des lampes à LED et applications cliniques. *EMC* 2009 ; 22-020-A-09

- (121) Sabbagh J, Hajj M, Feghali M, Mansour H. Les composites en monocouche ou bulk-fill Partie I - Composition, particularités et classification Revue Biomatériaux Cliniques 2016 Oct ;1(2):37-43
- (122) Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Hygroscopic expansion kinetics of dental resin-composites. Dent Mater. 2014 Feb;30(2):143-8.
- (123) Celine Daher. Analyse par spectroscopies Raman et infrarouge de matériaux naturels organiques issus d'objets du patrimoine : méthodologies et applications. Chimie théorique et/ou physique. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2012.
- (124) Ban S, Anusavice KJ. Influence of test method on failure stress of brittle dental materials. J Dent Res 1990;69:1791-9.
- (125) Brygo D. Etude expérimentale sur la rétraction de polymérisation et le degré de conversion des composites Bulk fill. Université de Montpellier, 2015.

ANNEXES :



Graph : Composites bulk fluides et profondeur de polymérisation en fonction des articles.



Graph : Composites bulk et profondeur de polymérisation en fonction des articles.



Approbation – Improbation

Les opinions émises par les dissertations présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ou improbation de la Faculté de Chirurgie dentaire (1).

Lu et approuvé,

Vu,
Nice, le

Le Président du jury,

Le Doyen de la Faculté de
Chirurgie Dentaire de l'UNS

Professeur

Professeur Armelle MANIERE

(1) Les exemplaires destinés à la bibliothèque doivent être obligatoirement signés par le Doyen et par le Président du Jury.

Serment d'Hippocrate

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate,

Je promets et je jure, au nom de l'Etre Suprême, d'être fidèle aux lois de l'Honneur et de la probité dans l'exercice de La Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui se passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon Devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès sa conception.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'Humanité.

Respectueux et reconnaissant envers les Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses,

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

Mélissa ALESSANDRI

**PROPRIETES PHYSICO-MECANQUES COMPAREES
DES COMPOSITES BULK A TRAVERS UNE REVUE
SYSTEMATIQUE DE LA LITTERATURE**

Thèse : Chirurgie Dentaire, Nice, 2017, n°42-57-17-08

Directeur de thèse : **BRULAT-BOUCHARD Nathalie**

Mots-clés : composites bulk-fill, propriétés physiques, propriétés mécaniques, revue de la littérature

Résumé :

Depuis quelques années, une nouvelle catégorie de matériaux d'obturation a vu le jour : les composites bulk-fill.

Les restaurations avec ces matériaux composites de placement en masse sont réalisées en une seule couche de 4 à 5mm d'épaisseur et photopolymérisées en un temps. De mise en œuvre plus rapide, les fabricants assurent également que ces matériaux maintiennent des propriétés physico-mécaniques équivalentes aux composites conventionnels de même famille.

Dans cette étude, nous proposons une revue systématique de littérature afin d'analyser les principales propriétés physiques et mécaniques de ces composites bulk et de les comparer aux données fabricants. Soixante-treize articles ont été inclus afin d'étudier les propriétés suivantes : la profondeur de polymérisation, la microdureté, la nanoindentation, le degré de conversion, la flexion, le module d'élasticité, la rétraction de prise et les contraintes de polymérisation.

De cette revue, il en ressort que la multiplicité des techniques utilisées complique les comparaisons inter-études.

Toutefois des tendances peuvent s'en dégager. Les composites bulk-fill montrent des performances plutôt satisfaisantes et apparaissent comme une alternative thérapeutique dans le domaine de la restauration postérieure volumineuse en technique directe.

Il serait intéressant de mettre au point des protocoles normalisés et plus détaillés afin qu'ils soient reproductibles. Les comparaisons inter-études seraient alors plus significatives.