



HAL
open science

Efficacité de la réalité virtuelle dans la prise en charge de la douleur chez l'enfant et l'adolescent brûlé

Inès Villa

► To cite this version:

Inès Villa. Efficacité de la réalité virtuelle dans la prise en charge de la douleur chez l'enfant et l'adolescent brûlé. Médecine humaine et pathologie. 2021. <dumas-03359293>

HAL Id: dumas-03359293

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03359293v1>

Submitted on 30 Sep 2021

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.



HAL Authorization

**AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION
FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE**

**EFFICACITE DE LA REALITE VIRTUELLE
DANS LA PRISE EN CHARGE DE LA DOULEUR
CHEZ L'ENFANT ET L'ADOLESCENT BRULE**

VILLA Inès

Directeur de mémoire : M. MAFFEI

REMERCIEMENTS

Dans un premier temps, je souhaite remercier profondément mon directeur de mémoire, Monsieur MAFFEI Pierre, qui a su faire preuve d'une immense patience, qui a su me comprendre et comprendre mes points faibles sans m'en tenir rigueur, et qui m'a beaucoup aidé dans la réalisation de ce mémoire.

J'aimerais ensuite remercier les professeurs de l'IFMK de Marseille pour ces quatre années de formation au sein de l'institut.

Je remercie également l'ensemble des professionnels du centre de rééducation fonctionnelle Pomponiana-Olbia où je suis en apprentissage depuis maintenant trois ans, pour m'avoir accompagnée et formée au mieux durant ma formation.

Je souhaiterais adresser mes remerciements à ma famille : mes parents et mes sœurs d'abord mais aussi tout le reste de ma famille, pour le soutien permanent et l'amour qu'ils m'ont apporté depuis toujours, m'ayant permis de faire de moi la personne que je suis aujourd'hui.

Enfin, je remercie mes amies pour leur présence au quotidien, ainsi que mes camarades d'école, également devenus amis, sans qui ma formation n'aurait pas été la même et qui ont égayé les journées de cours et de travaux pratiques.

La réalisation de ce travail de fin d'étude a été possible grâce à toutes ces personnes, je leur adresse mes plus grands et sincères remerciements et ma plus grande gratitude.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	1
1.1. Contexte	1
1.2. La peau	1
1.2.1. Les couches de la peau	1
1.2.1.1. L'épiderme	1
1.2.1.2. Le derme.....	2
1.2.1.3. L'hypoderme	3
1.2.2. Les fonctions de la peau [5]	3
1.2.3. Les annexes de la peau	4
1.2.3.1. Les glandes sudoripares ou sudorales	4
1.2.3.2. L'appareil pilo-sébacée	5
1.2.3.3. Les ongles.....	5
1.3. La brûlure.....	5
1.3.1. Définition et type de brûlures.....	5
1.3.2. Épidémiologie	6
1.3.3. Classification des brûlures	7
1.3.4. Gravité des brûlures	7
1.3.5. Séquelles cutanées [6]	9
1.3.6. Le traitement des brûlures.....	9
1.4. La douleur	10
1.5. La réalité virtuelle.....	13
1.6. Description de la population concernée.....	15
1.7. Intérêt et objectif de cette revue de littérature	15
2. METHODE.....	16
2.1. Critères d'éligibilité des études pour cette revue.....	16
2.1.1. Types d'études	16
2.1.2. Population concernée	17
2.1.3. Intervention	17
2.1.4. Comparateur.....	17
2.1.5. Critère de jugement.....	18
2.2. Méthodologie de recherche des études.....	18
2.2.1. Sources documentaires investiguées	18
2.2.2. Équations de recherche utilisées	18
2.3. Méthode d'extraction et d'analyse des données.....	19
2.3.1. Sélection des études	19
2.3.2. Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées	20
2.3.3. Extraction des données.....	21
2.3.4. Méthode de synthèse des résultats	21
3. RESULTATS.....	22
3.1. Description des études	22

3.1.1. Diagramme de flux.....	22
3.1.2. Études exclues.....	23
3.1.3. Études incluses.....	23
3.1.3.1. Étude numéro 1 : Schmitt et al , 2010 [33].....	24
3.1.3.2. Étude numéro 2 Kipping et al , 2011 [34].....	24
3.1.3.3. Étude numéro 3, Jefferis et al , 2014 [35].....	25
3.1.3.4. Étude numéro 4, Khadra et al , 2020 [36].....	25
3.1.3.5. Étude numéro 5, Hoffman et al , 2020[37].....	26
3.2. Risque de biais des études incluses.....	26
3.3. Effets de l'intervention sur le(s) critère(s) de jugement.....	28
3.3.1. Le critère de jugement principal : la douleur.....	28
3.3.1.1. Étude numéro 1 : Schmitt et al [33].....	29
3.3.1.2. Étude numéro 2 : Kipping et al [34].....	29
3.3.1.3. Étude numéro 3 : Jefferis et al [35].....	31
3.3.1.4. Étude numéro 4 : Khadra et al [36].....	31
3.3.1.5. Étude numéro 5 : Hoffman et al [37].....	33
3.3.2. Critères de jugement secondaire.....	35
3.3.2.1. Le gain d'amplitude :.....	35
3.3.2.2. La nausée :.....	35
3.3.2.3. La présence et/ou l'engagement dans l'environnement virtuel.....	35
3.3.2.4. Le temps de traitement et la satisfaction du personnel soignant.....	35
4. DISCUSSION.....	36
4.1. Analyse des principaux résultats.....	36
4.1.1. Résultats et critère de jugement principal : la douleur.....	37
4.1.1.1. Selon une échelle GRS.....	37
4.1.1.2. Selon la FLACC Scale.....	38
4.1.1.3. Selon l'échelle APPT.....	40
4.1.1.4. Synthèse des 5 études.....	40
4.1.2. Résultats et critères de jugement secondaires.....	41
4.1.2.1. Le gain d'amplitude :.....	41
4.1.2.2. La nausée :.....	41
4.1.2.3. La présence et/ou l'engagement dans l'environnement virtuel.....	41
4.1.2.4. Le temps de traitement et la satisfaction du personnel soignant.....	41
4.2. Applicabilité des résultats en pratique clinique.....	42
4.2.1. Applicabilité des résultats.....	42
4.2.2. Pertinence clinique des résultats.....	42
4.3. Qualité des preuves.....	43
4.4. Biais potentiels de la revue.....	45
5. CONCLUSION.....	47
5.1. Implication pour la pratique clinique.....	47
5.2. Implication pour la recherche.....	47
BIBLIOGRAPHIE.....	48

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte

Chaque année, 9 000 patients sont hospitalisés en France pour brûlures, dont 30% sont des enfants, en majorité de moins de 5 ans [1]. Elles sont le plus souvent accidentelles (contexte domestique ou professionnel) mais peuvent parfois être volontaires (dans le cas des brûlures pédiatriques, il s'agit le plus souvent de maltraitance familiale).

Les brûlures considérées comme graves sont les brûlures couvrant au moins 20% de la surface corporelle pour les enfants de moins de 5 ans, celles couvrant au moins 30% de la surface corporelle chez les adultes et enfants de plus de 5 ans, ou encore celles touchant les voies respiratoires [2].

Ces brûlures graves ont un taux de mortalité élevé. En France, 190 personnes sont décédées à l'hôpital des suites de brûlures en 2014 [2], et d'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), les brûlures sont responsables de plus de 300 000 décès par an dans le monde.

Toute brûlure est source de douleur, et les brûlures graves nécessitant des hospitalisations nécessiteront également par la suite un traitement kinésithérapique de très longue durée. La plupart des soins seront douloureux pour le patient, notamment le changement des pansements en phase aiguë, et la kinésithérapie tout au long du traitement.

En effet, un des principes de base de la masso-kinésithérapie qui nous est enseigné dès notre première année d'étude est d'être infra-douloureux pour le patient : « *primum non nocere* » (du latin « *premièrement, ne pas nuire* »), cependant, ce principe fondamental est difficilement applicable en brûlologie (lorsque le patient n'est pas sous anesthésie), surtout dans la phase aiguë du traitement.

Chez l'adulte mais surtout chez l'enfant, la brûlure, en plus des séquelles physiques, va causer de lourdes séquelles psychologiques à prendre en compte lors de notre traitement.

1.2. La peau

La peau est un véritable organe à part entière, elle est l'interface entre le milieu interne du corps humain et le milieu externe. C'est un organe indispensable à la survie du corps humain, auquel elle assure notamment une protection vis-à-vis de l'environnement [3].

La peau est composée de trois compartiments distincts, de l'extérieur vers l'intérieur : épiderme, derme et hypoderme.

1.2.1. Les couches de la peau

1.2.1.1. L'épiderme

C'est la partie la plus superficielle de la peau.

Elle est majoritairement composée de cellules cubiques d'origine ectoblastique, à forte capacité de division : les kératinocytes. Ces cellules, situées surtout en profondeur de l'épiderme, se divisent rapidement par mitoses, et repoussent ainsi les cellules plus anciennes vers la surface, afin d'assurer un renouvellement permanent. On parle de desquamation.

On retrouve également des mélanocytes, ce sont des cellules étoilées, dérivées de la crête neurale qui synthétisent la mélanine, responsable de la pigmentation de la peau.

Enfin, on retrouve des cellules épithéliales, les cellules ou disques de Merkel responsables du tact profond, mais aussi des cellules immunitaires telles que les macrophages appelés cellules de Langerhans.

L'épiderme est composé de 5 couches, de la superficie vers la profondeur, on retrouve :

- La **couche cornée** (*stratum corneum*), qui représente 80 à 90% de l'épaisseur totale de l'épiderme. Elle ne possède que des cellules dites mortes, les cornéocytes, qui étaient anciennement des kératinocytes dans les couches plus profondes, leur présence donne à la couche épidermique sa souplesse [4]. Ces cellules seront éliminées par desquamation.
- La **couche claire** (*stratum lucidum*), inconstante, rencontrée surtout au niveau des zones de peau glabres (dépourvues de poils), c'est-à-dire les paumes de main et de pied.
- La **couche granuleuse** (*stratum granulosum*), dans laquelle les kératinocytes se sont chargés en grains de sécrétion
- La **couche épineuse de Malpighi** (*stratum spinosum*), contenant majoritairement des kératinocytes qui synthétisent la kératine, molécule conférant une certaine protection à la peau.
- La **couche basale ou germinative** (*stratum basale*), contenant également de nombreux kératinocytes, liés par des jonctions desmosomes à une lame basale. A partir du moment où les kératinocytes se délient de cette lame basale, il se passe entre 25 et 40 jours avant que ceux-ci soient repoussés vers la superficie de la peau, pour être renouvelés. Tout au long de leur trajet vers la couche cornée, les kératinocytes subissent des modifications cellulaires.

Il s'agit de la couche protectrice de la peau, à la fois contre les rayons lumineux grâce à la mélanine, mais aussi contre les agressions externes grâce à sa couche cornée.

L'épiderme n'est pas vascularisé, l'apport de nutriments nécessaires à son fonctionnement est assuré par le derme sous-jacent [3].

1.2.1.2. Le derme

Il est séparé de l'épiderme par la jonction dermo-épidermique (JDE) jouant un rôle primordial dans les échanges et la communication cellulaire entre épiderme et derme. Elle est riche en protéines d'ancrage pour y rendre solidaire la couche supérieure (épiderme) à la couche inférieure (derme). Elle fournit une barrière mécanique solide contre les agents pathogènes [4].

Le derme est une couche plus fibreuse que l'épiderme, il est fait de tissu conjonctif. Il est composé de 2 couches :

- Le **derme papillaire ou superficiel**, riche en capillaires cutanés, qui possède une matrice extra-cellulaire (MEC) lâche avec des travées conjonctives permettant le passage des capillaires et de fibres nerveuses. Cette MEC est riche en fibroblastes, qui synthétisent le collagène, en cellules immunitaires et en terminaisons nerveuses.
- La **derme réticulaire ou profond**, le plus important. Il contient moins de cellules mais sa MEC est plus dense, elle possède moins de travées mais ces dernières sont fondamentales dans le processus de thermo-régulation. On y retrouve la majorité des récepteurs cutanés et des fibres de collagènes organisées parallèlement à la surface de la peau, pour lui conférer la meilleure résistance possible.

Le derme est responsable de la résistance et de la solidité mais également de la souplesse et de l'élasticité de la peau. Il contient notamment les annexes cutanées telles que les bulbes pileux, les glandes sébacées et les glandes sudoripares [3] avec lesquelles il interagit étroitement [4].

1.2.1.3. L'hypoderme

Il s'agit du compartiment le plus profond de la peau, qui permet son ancrage aux tissus sous cutanés tels que les fascias et aponévroses, les muscles ou encore les os. Des échanges ont lieu avec le derme.

Il est riche en adipocytes ou cellules adipeuses et représente ainsi la majeure partie de la réserve en graisse de l'organisme. Son épaisseur varie donc en fonction de l'alimentation de chacun et de la balance entre dépenses et apports énergétiques.

Il a également un rôle de fourniture énergétique grâce au stockage d'acides gras, et participe à la thermorégulation.

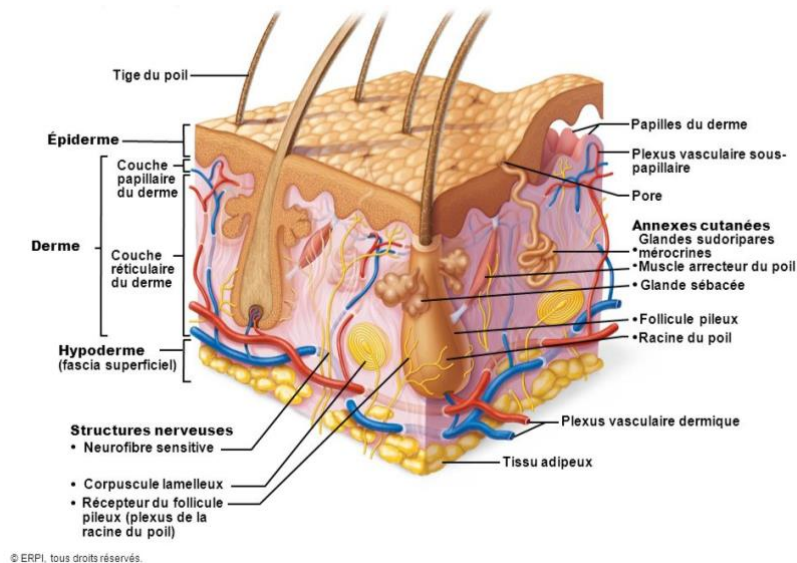


Figure 1 : structure de la peau

1.2.2. Les fonctions de la peau [5]

Ses rôles sont nombreux.

Il s'agit tout d'abord d'un organe sensoriel, par sa richesse en terminaisons nerveuses, notamment dans les doigts, qui permettent l'exploration de l'environnement par le toucher. On y retrouve 2 types d'extérocepteurs : les mécanorécepteurs (à l'origine de la sensibilité tactile) et les nocicepteurs (à l'origine des messages douloureux).

Les mécanorécepteurs comprennent :

- Les **corpuscules de Pacini** : dans le derme profond, sensibles aux pressions intenses, qui véhiculent la sensibilité protopathique, qui est la sensibilité tactile grossière non discriminante. Ce sont des grosses fibres nerveuses, à vitesse rapide.
- Les **corpuscules de Meissner** : dans le derme superficiel, sensibles aux pressions légères, qui véhiculent la sensibilité épicrotique, qui est la sensibilité tactile fine discriminante. Ce sont des petites fibres nerveuses, à vitesse rapide également.
- Les **corpuscules de Ruffini** : dans le derme profond, sensibles essentiellement aux tractions et à la chaleur. Ce sont des fibres nerveuses à vitesse lente.
- Les **corpuscules de Golgi-Mazzoni** : dans le derme profond, sensibles aux pressions légères, qui véhiculent la sensibilité tactile non discriminante.
- Les **terminaisons libres** : on retrouve les **disques de Merkel** (dans la couche basale de l'épiderme, sensibles aux pressions légères) et les **anneaux externes du poil** (dans le derme, autour de la racine du poil).

Les nocicepteurs sont des **terminaisons nerveuses libres** qui sont des petites fibres nerveuses, faiblement voire non myélinisées, à vitesse lente, situées dans la couche basale de l'épiderme. Elles sont sensibles à la douleur par pincement, brûlure, et température.

C'est également un organe immunitaire, grâce aux cellules de Langerhans qui sont des macrophages mais qui ont également un rôle de cellule présentatrice d'antigène. Elles se trouvent dans l'épiderme, mais une fois qu'elles ont « capturé » un antigène, elles ont la capacité de migrer à travers le derme pour rejoindre le système lymphatique pour présenter cet antigène aux lymphocytes T et ainsi les activer. Cela fait partie de l'immunité adaptative ou acquise.

De plus, les kératinocytes synthétisent des cytokines pro-inflammatoires, qui interviennent dans la réaction inflammatoire cutanée. Cela fait partie de l'immunité innée, non spécifique.

La peau joue un rôle de barrière pour une protection du milieu extérieur. Elle fait office de barrière physique contre les agressions, notamment face aux micro-organismes, mais elle protège également l'organisme de traumatismes mécaniques, des toxines chimiques, des rayons ultraviolets (UV) et des agents infectieux tels que les bactéries et les champignons [5].

Elle permet un maintien de la température corporelle, notamment grâce à la sécrétion de sueur : lorsque la température augmente, la sécrétion de sueur est plus importante afin de faire évaporer la chaleur interne à la surface de la peau, pour provoquer une diminution de température, et inversement lorsque la température diminue, la sécrétion de sueur est moins importante.

Il s'agit aussi d'un réservoir de vascularisation, bien que l'épiderme ne soit pas vascularisé. La vascularisation importante du derme et de l'hypoderme joue un rôle primordial dans la thermorégulation et dans les apports sanguins aux tissus musculaires lors d'exercice physique.

Enfin, la peau est l'organe de la communication et de la relation sociale. En effet, chez certains individus, la peau peut présenter des variations de couleur, de texture ou encore d'odeur face à différentes situations, notamment le stress, l'embarras ou encore la colère.

1.2.3. Les annexes de la peau

1.2.3.1. Les glandes sudoripares ou sudorales

Ce sont des glandes exocrines d'origine ectoblastique qui produisent la sueur.

Il en existe 2 sortes :

- Les glandes mérocrines : les plus nombreuses, dont le canal excréteur aboutit à un pore au niveau de la surface de la peau et dont la partie sécrétrice se situe dans le derme profond. Elles fabriquent une sueur fluide, riche en eau et pauvre en protéines, qui sera sécrétée par exocytose. Elles permettent une régulation de la température corporelle par processus d'évaporation.
- Les glandes apocrines : dont le canal excréteur se termine à l'intérieur de la racine d'un poil et dont la partie sécrétrice se situe à la jonction derme-hypoderme. Elles produisent une sueur plus visqueuse, riche en protéine et odorante. On les retrouve essentiellement au niveau des creux inguinaux et axillaires et au niveau des organes génitaux. Elles sont essentiellement régulées par les hormones sexuelles.

1.2.3.2. L'appareil pilo-sébacée

Les glandes sébacées sont annexées aux poils, constituant ainsi le follicule pilosébacé [5].

Le poil participe à la sensibilité tactile, il est considéré comme un élément de l'épiderme, bien que sa racine soit située dans le derme, car il a une origine embryonnaire épidermique et qu'il s'invagine ensuite dans le derme. Comme le cheveu, il est riche en kératinocytes qui se divisent activement, et en se divisant, cela pousse le poil perpendiculairement au plan de la peau.

La racine du poil est entourée du muscle érecteur du poil, c'est un muscle lisse dont la contraction fait varier l'inflexion du poil, phénomène que l'on retrouve notamment lors de l'horripilation ou réflexe pilo-moteur, plus communément appelé « chair de poule ».

La glande sébacée est en lien avec la racine du poil, son canal excréteur est très court. Elle a un rôle trophique et lubrifiant pour les kératinocytes pileux. Elles sécrètent un contenu appelé « sébum », que l'on retrouve principalement au niveau du cuir chevelu.

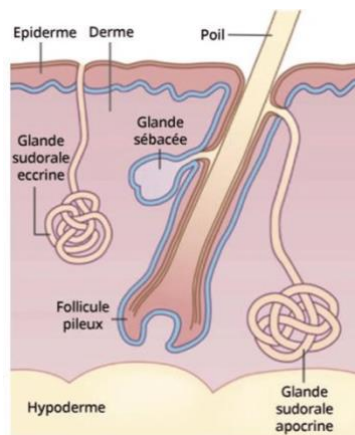


Figure 2 : annexes de la peau

1.2.3.3. Les ongles

Comme le poil, l'origine embryonnaire de l'ongle est épidermique, mais il s'agit d'une partie de l'épiderme qui s'invagine dans le derme. En revanche ici, l'invagination est dans un plan horizontal et les kératinocytes, en se divisant, repoussent donc l'ongle parallèlement au plan de la peau. Le temps de pousse est variable entre les individus, en moyenne de 3 à 4 mm par mois.

L'ongle est extrêmement riche en kératinocyte, ce qui lui confère cet aspect si dur. Il est par contre dépourvu de mélanocytes, d'où sa transparence.

1.3. La brûlure

1.3.1. Définition et type de brûlures

La brûlure correspond à une destruction totale ou partielle de la peau, avec ou sans lésion des tissus sous-jacents. Elle est liée à un transfert d'énergie entre la source de brûlure et la peau [6].

Elle survient majoritairement lors d'accidents domestiques ou professionnels, mais peut également faire suite à des incendies, tentatives de suicide, agressions ou encore accidents de la voie publique.

Il existe 4 mécanismes de brûlures :

- La **brûlure thermique** : la plus fréquente (90% des cas), elle peut avoir lieu par contact avec un liquide (eau, huile) ou un solide (fer à repasser, four, braise) bouillant ou par flamme (hydrocarbures enflammés, explosion, incendie). Les lésions par contact sont souvent plus superficielles que celles par flamme, sauf si le temps d'exposition est long.
- La **brûlure chimique** : elle est très grave, parfois associée à une agression. L'agent pathogène le plus fréquent est l'acide chlorhydrique (produit en vente libre).
- La **brûlure électrique** : elle est due au passage de courant électrique à travers l'organisme, et est toujours très profonde. La peau peut paraître saine alors que les structures sous-jacentes (muscles et viscères) peuvent être gravement atteints. Elle peut aboutir à une amputation par nécrose tissulaire profonde.
- La **brûlure par radiation** (rayons X ou nucléaires), très peu fréquente

Le contexte de la brûlure chez l'enfant est souvent domestique, avec une majorité de brûlures par contact avec des liquides chauds [7].

Dans les premiers temps suivant la blessure, la brûlure modérée va engendrer une réaction inflammatoire locale, qui va s'aggraver secondairement pour aboutir à une réaction générale. Alors que la brûlure sévère entraîne d'emblée une inflammation généralisée avec d'importantes conséquences cliniques et un pronostic vital parfois engagé [8].

1.3.2. Épidémiologie

La brûlure légère est un traumatisme fréquent, accident banal de la vie courante. La brûlure grave est moins fréquente, mais avec une mortalité élevée.

L'institut de veille sanitaire a publié un rapport concernant l'épidémiologie des hospitalisations pour brûlures en France à partir du PMSI (Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information) pour l'année 2012 [9] :

8365 patients ont été hospitalisés en France pour brûlures cette année-là, avec une incidence de 12,7 pour 100 000 habitants.

Les enfants de 0 à 4 ans représentaient plus du quart des hospitalisations. Les hommes sont plus de 2 fois plus touchés (63%) que les femmes.

En 2012, 214 personnes sont décédées à l'hôpital des suites d'une brûlure, dont la moitié avait plus de 65 ans. Le risque de décès est augmenté avec l'âge et avec la gravité des brûlures. Les principales causes de mortalité du patient hospitalisé sont l'infection et l'hypothermie.

Les hospitalisations pour brûlures peuvent avoir lieu dans des centres spécialisés : les centres de traitement des brûlés (CTB) qui ont accueilli 43% des patients hospitalisés dont 11% avec brûlure grave (encore plus de la moitié des patients est hospitalisée dans des centres non spécialisés). Les premières causes de brûlures en CTB étaient les liquides chauds (40%) et les feux/flammes/fumées (31%), suivis de loin par les lésions auto-infligées (6%) et les solides chauds (6%).

Le taux de patient victime de brûlure varie selon les saisons, avec une augmentation entre le mois de mai et le mois d'août, et n'est pas égalitaire dans toutes les régions de France. On observe des différences d'incidence entre les régions, pouvant aller de 9,8 à 17,6 pour 100 000.

1.3.3. Classification des brûlures

Les brûlures sont classées selon leur degré de profondeur.

Le 1^{er} degré correspond à une atteinte superficielle de l'épiderme, il y a seulement un érythème douloureux qui disparaît spontanément en moins de 72 heures.

Le 2^{ème} degré est divisé en 2 :

- 2^{ème} degré superficiel : correspond à une atteinte de l'épiderme sans atteinte de la JDE. La peau présente des phlyctènes, ses couches supérieures se décollent, la lésion est douloureuse mais cicatrise en moins de 10 jours. Les 2 classifications citées ci-dessus évoluent sans laisser de séquelles.
- 2^{ème} degré profond : correspond à une atteinte partielle de la JDE, une partie du derme peut être atteinte. Le patient présentera des douleurs et la cicatrisation sera lente.

Le 3^{ème} degré correspond à une atteinte totale du derme, et donc des annexes de la peau. Il n'y a plus de vascularisation ni d'innervation cutanée, donc il n'y aura pas de douleurs mais la cicatrisation sera impossible.

On y ajoute parfois un 4^{ème} degré ou « carbonisation », lorsque les lésions dépassent le derme.

Ces 3 dernières classifications évolueront, elles, avec des séquelles plus ou moins importantes.

		Couleur	Phlyctènes	Douleurs	Évolution	Séquelles
1^{er} degré		Rouge ⁺⁺⁺	Absentes	Oui ⁺⁺	Cicatrisation vers 4 jours	Non
2^e degré	Superficiel	Rosée Recoloration ⁺⁺	+++	Oui ⁺⁺⁺	Cicatrisation < 15 jours	Non
	Profond	Pâle Recoloration	± exsudation	±	Cicatrisation lente possible	Oui
3^e degré		Blanc ou noir (carbonisation)	Non, aspect cartonné	Insensible	Pas de cicatrisation	Oui ⁺⁺

Tableau 1 : caractéristiques des profondeurs de brûlures [6]

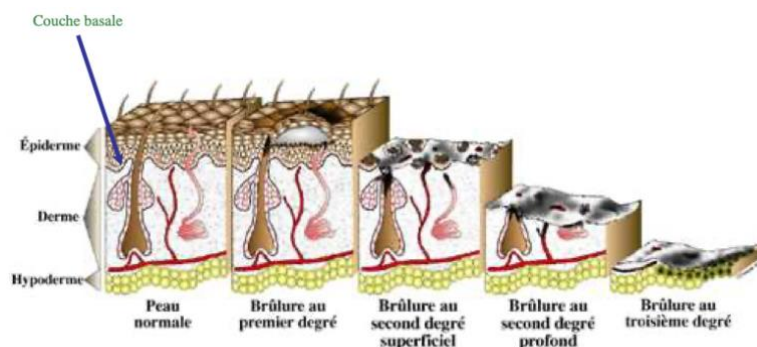


Figure 3 : schéma des différents degrés de brûlures (source : IFSI Dijon)

1.3.4. Gravité des brûlures

Elle est déterminée par 4 paramètres : l'étendue, le pourcentage de brûlure profonde, le siège de la lésion et l'âge du patient.

L'étendue de la brûlure est mesurée par la règle de Wallace chez l'adulte, ou « règle des 9 » qui évalue le pourcentage de surface cutanée brûlée (SCB), en estimant que chaque membre supérieur compte pour 9%, chaque membre inférieur pour 18%, le tronc pour 36%, la tête pour 9% et les organes génitaux externes pour 1%.

Chez l'enfant, cette règle n'est pas valable car la tête est plus volumineuse. Elle a donc été adaptée : les membres inférieurs ne comptent plus que pour 13,5% chacun, et la tête compte pour 18%. Le reste ne change pas. On peut également utiliser la table de Lund et Browder, plus précise, qui tient compte de l'âge et donc de la croissance de l'enfant.

Quoi qu'il en soit, la paume de la main correspond toujours à 1% de la surface corporelle totale.

Segment corporel	Surface atteinte	
	Adulte	Enfant
Tête et cou	9 %	18%
Face antérieure du tronc	18 %	18%
Face postérieure du tronc	18 %	18%
Chaque jambe	18 %	13,5%
Chaque bras	9 %	9%
Périnée	1 %	1%
Total	100 %	100%

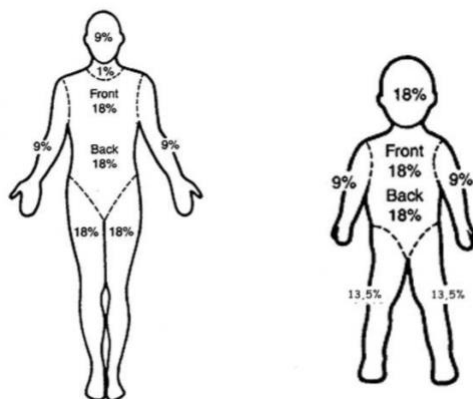


Figure 4 : règle de Wallace (adulte et enfant)

Surface en %	< 1 an	1 an	5 ans	10 ans	15 ans
Tête	19	17	13	11	9
Cou	1	1	1	1	1
Tronc	13	13	13	13	13
Membre supérieur	9	9	9	9	9
OGE	1	1	1	1	1
Fesse	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Cuisse	5,5	6,5	8	8,5	9
Jambe	5	5	5,5	6	6,5
Pied	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5

Tableau 2 : évaluation de la surface brûlée selon les tables de Lund et Browder (enfant)

Certaines localisations sont plus graves que d'autres car elles présenteront plus de séquelles, notamment la face (avec possibilités d'atteinte du système respiratoire) et les zones fonctionnelles telles que la main, le cou, le périnée ou encore les plis de flexion (coude, genou, creux axillaires et inguinaux...)

L'âge est également important, il peut changer le pronostic. D'après la règle de Baux, si la somme SCB + âge est supérieure à 100, alors le pronostic vital est engagé. Donc, pour une même étendue de brûlure, un patient plus âgé aura un plus grand risque de mortalité.

D'après la Société Française d'Anesthésie Réanimation (SFAR) et la Société Française de Brûlologie (SFB) [10], on considère un brûlé grave à risque vital et/ou fonctionnel :

- Un adulte avec une SCB supérieure à 20%, SCB du 3^{ème} degré supérieure à 5%, syndrome d'inhalation de fumées, localisation particulière profonde (face, pied, main, périnée), brûlure électrique haut voltage.
- Un adulte avec SCB inférieure à 20% ET un terrain particulier (âge de plus de 75 ans, comorbidités sévères, inhalation de fumées suspectée ou avérée, brûlure circulaire profonde, localisation particulière superficielle (face, pied, main, périnée, plis), SCB du 3^{ème} degré entre 3 et 5%, brûlure électrique bas voltage, brûlure chimique)
- Un enfant avec une SCB supérieure à 10%, SCB du 3^{ème} degré supérieure à 5%, nourrisson de moins d'1 an, comorbidités sévères, syndrome d'inhalation de fumées, localisation particulière profonde (face, pied, main, périnée, plis), brûlure circulaire, brûlure électrique ou chimique.

1.3.5. Séquelles cutanées [6]

Il est important de connaître et prendre en compte les différentes phases inflammatoires. L'inflammation est communément caractérisée par les signes suivants : rougeur, chaleur, douleur et œdème. Chez le grand brûlé, cette inflammation va évoluer au cours du temps. Le processus peut durer jusqu'à 18 mois post-brûlure. Le pic inflammatoire se trouve généralement entre 3 et 6 mois et est suivi d'une phase de plateau plus ou moins longue avant d'atteindre son déclin. La couleur est un indicage important car la brûlure rouge vif (inflammation importante) peut varier à des teintes rosées (fin d'inflammation).

L'hypertrophie cicatricielle : il s'agit d'un excès de prolifération cellulaire avec déficit d'apoptose. Les fibroblastes normalement présents dans le derme sont remplacés par des myofibroblastes aux capacités contractiles, qui engendre une désorganisation des fibres de collagène et donc une cicatrisation non harmonieuse. Elle se caractérise par une peau rouge, gonflée, œdémateuse et fibrosée. On la retrouve surtout au niveau des zones peu mobiles donc non articulaires.

La rétraction cicatricielle : il s'agit d'une multiplication pathologique des myofibroblastes dont les capacités contractiles engendrent un rapprochement des berges de la cicatrice. Les tissus sous-jacents ne seront plus vascularisés, cela peut conduire à une atrophie musculaire. Les facteurs aggravant sont l'inflammation générale, les attitudes antalgiques, l'ischémie, l'altération de l'état général et l'absence de réserve cutanée saine. On la retrouve surtout au niveau des zones mobiles, articulaires.

On peut également retrouver des adhérences aux tissus sous-jacents si l'hypoderme est atteint, ou encore un prurit qui correspond à des démangeaisons intenses causées notamment par l'inflammation et la repousse des terminaisons nerveuses.

1.3.6. Le traitement des brûlures

Une hospitalisation et une réhydratation sont fondamentales dès que la brûlure atteint 10% chez l'enfant [11].

Chez le nourrisson et le jeune enfant, la proportion d'eau extracellulaire est considérablement majorée (45% chez le nouveau-né, contre 20% chez l'adulte) [12]. La réhydratation est donc primordiale lorsqu'un enfant est brûlé, car il présentera une importante fuite plasmatique, qui sera plus rapide que celle de l'adulte. Il faudra également compenser les pertes caloriques cutanées par un apport de chaleur et en ne refroidissant pas les brûlures si celles-ci sont supérieures à 20% de la SCB [13].

L'enfant pourra être intubé s'il présente une détresse respiratoire, des troubles de la conscience, des brûlures profondes de la face, une SCB supérieure à 40% ou encore s'il a inhalé des fumées.

Le traitement de la douleur sera abordé dans la partie suivante (1.4).

Les greffes cutanées sont effectuées seulement pour du 3^{ème} degré, lorsque la peau ne peut pas cicatriser naturellement. Avant la greffe, il faut réaliser une excision de la peau jusqu'à arriver à des tissus vascularisés non infectés. On peut réaliser des autogreffes (peau prélevée sur la personne qui sera greffée) qui seront expansées pour gagner en surface, ou non pour un meilleur résultat esthétique (visage et mains en particulier) ou encore des allogreffes si les autogreffes sont impossibles mais celles-ci sont toujours temporaires et devront être remplacées à terme, soit par une autre allogreffe soit par une autogreffe, car il y aura un rejet immunitaire de la peau.

Pour réaliser la greffe, le patient doit être stable sur le plan hémodynamique. Il faut qu'elle soit réalisée le plus tôt possible. La greffe adhère en quelques heures et se revascularise en quelques jours, la rééducation doit avoir lieu dès que l'épidermisation est acquise et que les agrafes ont été retirées. Si la greffe a été réalisée sur une zone mobile (articulaire), le patient possèdera souvent une attelle plâtrée en position fonctionnelle afin que la greffe cicatrise dans la position cutanée maximale (CCM) pour éviter des futures rétractions.

1.4. La douleur

Selon l'Association internationale pour l'étude de la douleur (IASP), la douleur est « une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle, ou décrite dans ces termes » [14].

La prise en charge de l'enfant brûlé vise à modifier le stimulus douloureux à l'aide d'antalgiques et de pansements, à diminuer le stress, et à modifier le vécu de l'enfant [15].

Les antalgiques sont systématiquement utilisés car la brûlure provoque des douleurs intenses et anormalement durables dans le temps. C'est un élément essentiel du traitement initial. La douleur du brûlé est une douleur par excès de nociception par stimulation des récepteurs cutanés thermosensibles au moment de la brûlure, puis par celle des récepteurs non détruits. Elle est exacerbée par des phénomènes d'hyperalgésie et d'allodynie [16]. La morphine est l'analgésique de référence pour la prise en charge de la douleur. Il s'agit d'un antalgique puissant de palier 3 selon l'OMS. Cependant, d'autres antalgiques peuvent être utilisés, notamment des dérivés morphiniques comme l'oxycodone, la codéine, ou encore le fentanyl mais aussi des médicaments non morphiniques comme le tramadol, la kétamine ou encore le protoxyde d'azote (N₂O) qui est un gaz hilarant mais dont l'action n'est pas durable.

La douleur au repos est différente de la douleur lors des actes thérapeutiques qui est causée par les soins locaux de la brûlure. Ces soins sont quotidiens et souvent agressifs lors de la réfection des pansements, la kinésithérapie est elle aussi un soin douloureux pour le patient.

La douleur présente des variabilités intra et inter individuelles, elle dépend de chaque patient et peut varier à tout instant lors de la prise en charge. Généralement, une fois la cicatrisation complète acquise, la douleur diminue nettement.

En kinésithérapie, le thérapeute se doit de posturer régulièrement le patient par postures manuelles ou instrumentales, et d'apprendre au patient les auto-postures afin de ne pas perdre ce qui a été gagné lors des séances de kinésithérapie. Ces postures dites en CCM ou capacité cutanée maximale ont pour but d'éviter les rétractions cicatricielles décrites précédemment, et pour être efficaces, elles sont souvent douloureuses pour le patient.

La taille et l'intensité de la brûlure, associée à une tachycardie et à une anxiété des parents peut faire survenir chez l'enfant un état de stress aigu qui pourra être suivi d'un stress post-traumatique [15]. Ce stress pourra avoir des répercussions directes sur la douleur ressentie. Il est primordial de prendre en charge le vécu de l'enfant, cela peut passer par des techniques d'hypnose ou encore de distraction attentionnelle telle que la réalité virtuelle. Des troubles comportementaux, dépressifs ou encore phobiques peuvent être rencontrés chez l'enfant brûlé si celui-ci n'est pas pris en charge de façon globale et pluridisciplinaire.

Dans le domaine de la pédiatrie, la douleur peut être évaluée par l'échelle visuelle analogique (EVA), par l'échelle numérique (EN), par l'échelle des visages, par la FLACC (Face, Legs, Activity, Cry, Consolability) scale, ou encore par l'échelle APPT (Adolescent Pediatric Pain Tool).

L'échelle visuelle analogique (EVA)

C'est une échelle d'évaluation d'observation globale [17] qui mesure l'intensité de la douleur de 0 (pas de douleur) à 10 (douleur maximale imaginable), ou de 0 à 100mm [17].

Selon l'HAS [18], on considère :

- Pas de douleur si le score à l'EVA est de 0
- Douleur faible si le score à l'EVA est entre 1 et 3
- Douleur modérée si le score à l'EVA est de 4 ou 5
- Douleur intense si le score à l'EVA est de 6 ou 7
- Douleur insupportable si le score à l'EVA est entre 8 et 10

Le patient nécessite une prise en charge de la douleur si l'EVA est supérieure ou égale à 4 [18].

Pour être adaptées à l'enfant (à partir de 6 ans), l'EVA est souvent rendue plus concrète par une bande ou un triangle de couleur : la quantité de couleur aide les enfants à se représenter la quantité de douleur. On doit présenter l'échelle à l'enfant du côté qui ne possède pas de chiffre.

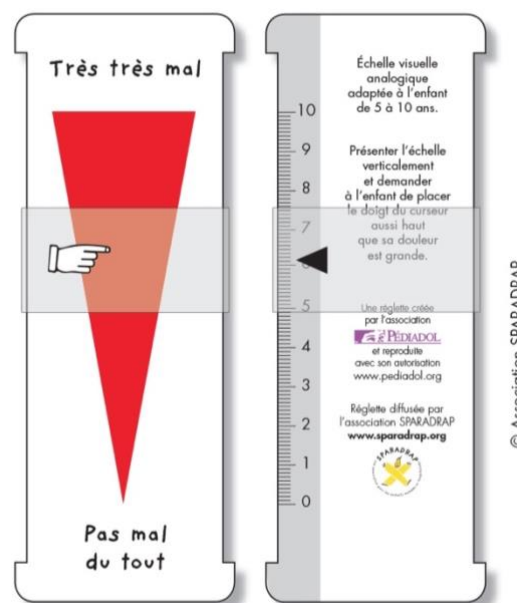


Figure 5 : EVA adaptée à l'enfant [19]

L'échelle numérique (EN)

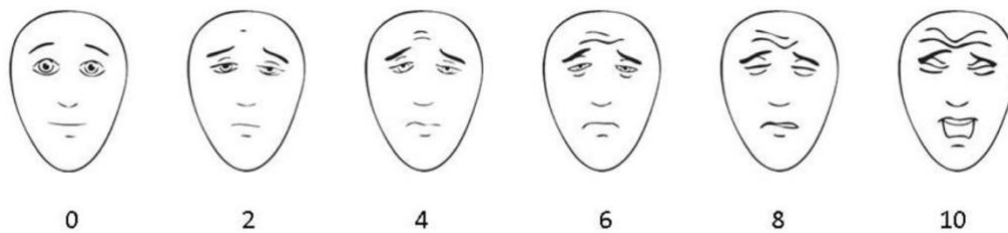
Il s'agit d'une échelle d'évaluation de l'intensité de la douleur variant de 0 à 10. La différence est qu'elle n'utilise pas de support, le thérapeute pose simplement la question au patient « sur une échelle de 0 à 10, à combien estimez-vous votre niveau de douleur ? ». Elle peut donc être plus compliquée à utiliser chez les jeunes enfants, mais reste applicable aux adolescents.

Les niveaux de douleurs sont les mêmes que ceux décrits pour l'EVA, et les patients nécessitent également une prise en charge à partir de 4 à l'EN [18].

L'échelle des visages ou Faces Pain Scale – Revised

Elle s'utilise à partir de 4 ans. Cette échelle contient des visages avec différentes expressions pour exprimer quelqu'un qui n'a pas mal du tout (visage de gauche, figure 6) jusqu'à quelqu'un qui a « très très mal » (visage de droite, figure 6). L'enfant doit montrer le visage qui représente son état. Il s'agit d'une échelle d'auto-évaluation. Les scores sont de gauche à droite : 0, 2, 4, 6, 8, 10. 0 correspond donc à « pas mal du tout » et 10 correspond à « très très mal ».

Il faut utiliser ces termes et non les mots « triste » et « heureux », et préciser à l'enfant qu'il s'agit d'une sensation intérieure et non de l'aspect affiché de leur visage. Parmi les différentes échelles de visage, celle-ci a l'avantage de ne pas avoir de visage souriant ni de larmes, évitant ainsi la confusion de l'affect et de l'intensité de la douleur [20].



©2001, International Association for the Study of Pain

Figure 6 : échelle des visages [20].

La FLACC Scale [21]

Il s'agit d'une échelle d'hétéro-évaluation qui évalue 5 items comportementaux : le visage, les jambes (leurs positions, leurs mouvements), l'activité, le cri (pleurs) et la consolabilité, avec 3 cotations possible pour chaque item. Elle donne également un score de 0 à 10.

Elle peut être utilisée à tout âge, mais est surtout recommandée tant que l'enfant n'est pas en âge de réaliser une auto-évaluation. En effet, les enfants manquent souvent de compétences verbales et cognitives pour signaler l'inconfort physique et l'intensité de la douleur [21]. La FLACC fournit un cadre simple pour quantifier l'observation comportementale [21].

	0	1	2
Visage (Face)	Pas d'expression particulière ou sourire	Grimace ou froncement occasionnel des sourcils, retrait, désintéressé	Froncements fréquents à permanents des sourcils, mâchoires serrées, tremblement du menton
Jambes (Leg)	Position habituelle ou détendue	Gêné, agité, tendu	Coups de pieds ou jambes recroquevillées
Activité (Activity)	Allongé calmement en position habituelle, bouge facilement	Se tortille, se balance d'avant en arrière, est tendu	Arc-bouté, figé ou sursaute
Cris, pleurs (Cry)	Pas de cris (éveillé ou endormi)	Gémissements ou pleurs, plainte occasionnelle	Pleurs ou cris constants, hurlements ou sanglots, plaintes fréquentes
Consolabilité (consolability)	Content, détendu	Rassuré occasionnellement par le toucher, l'étreinte ou la parole. Peut-être distrait	Difficile à consoler ou à reconforter

Tableau 3 : FLACC Scale [21].

L'échelle APPT (Adolescent Pediatric Pain Tool) :

Il s'agit d'une échelle d'auto-évaluation validée et multidimensionnelle qui prend en compte :

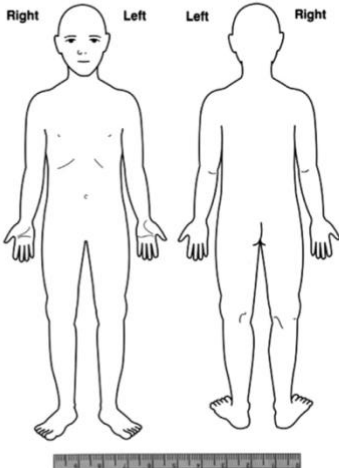
- La localisation de la douleur (que le patient doit représenter sur un schéma représentant une silhouette humaine)
- L'intensité de la douleur (grâce à une échelle graphique utilisant des mots, de « pas de douleur » à « pire douleur possible »)
- La qualité de la douleur (incluant ses dimensions affective, évaluative, sensorielle et temporelle) par la description par l'enfant ou l'adolescent de cette douleur, parmi une liste de 67 mots [22].

CODE _____
DATE _____

ADOLESCENT PEDIATRIC PAIN TOOL (APPT)

INSTRUCTIONS:

1. Color in the areas on these drawings to show where you have pain. Make the marks as big or small as the place where the pain is.



2. Place a straight, up and down mark on this line to show how much pain you have.

No Pain Little Pain Medium Pain Large Pain Worst Possible Pain

3. Point to or circle as many of these words that describe your pain.

1 annoying	5 blistering	9 awful	13 off and on
2 bad	6 burning	10 deadly	14 once in a while
3 horrible	7 hot	11 dying	15 sneaks up
4 miserable	8 cramping	12 killing	16 sometimes
5 terrible	9 crushing	13 crying	17 steady
6 uncomfortable	10 like a pinch	14 frightening	
7 aching	11 pinching	15 screaming	If you like,
8 hurting	12 pressure	16 terrifying	you may add
9 like an ache	13 itching	17 dizzy	other words:
10 like a hurt	14 like a scratch	18 sickening	_____
11 sore	15 like a sting	19 suffocating	_____
12 beating	16 scratching	20 never goes away	_____
13 hitting	17 stinging	21 uncontrollable	
14 pounding	18 shocking	22 always	
15 punching	19 shooting	23 comes and goes	
16 throbbing	20 splitting	24 comes on all of	
17 biting	21 numb	25 a sudden	
18 cutting	22 stiff	26 constant	
19 like a pin	23 swollen	27 continuous	
20 like a sharp knife	24 tight	28 forever	
21 pin like			
22 sharp			
23 stabbing			

For office use only.

BSA: _____
IS: _____
#S (2,9) _____ / 37 = _____ %
#A (10,12) _____ / 11 = _____ %
#E (1,13) _____ / 8 = _____ %
#T (14,15) _____ / 11 = _____ %
Total _____ / 67 = _____ %

Figure 7 : APPT Scale en anglais, avec (1) le schéma du corps pour représenter la localisation de la douleur, (2) l'échelle d'évaluation graphique en mots pour l'intensité de la douleur et (3) la liste de mots pour la mesure de la qualité de la douleur [22].

1.5. La réalité virtuelle

On définit la réalité virtuelle (RV) comme un « domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde virtuel, le comportement d'entités tridimensionnelles, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs ». Elle a pour objectif de « permettre à une personne (ou à plusieurs) une activité sensori-motrice et cognitive dans un monde artificiel, créé numériquement, qui peut être imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel » [23].

Elle intègre des composantes auditives et visuelles, parfois même tactiles, étant à l'origine d'une sensation d'immersion, car toutes ces composantes agissent simultanément, provoquant ainsi les mêmes « scénarios » que dans la vie réelle.

Associer les mots « réalité » et « virtuel » peut sembler contradictoire car ils constituent un oxymore. Cela représente bien le défi de la réalité virtuelle, qui est de produire une réalité alternative tout en immergeant le sujet afin qu'il pense que ce monde virtuel est réel [24].

Dans le domaine de la gestion de la douleur, la recherche a montré qu'elle était prometteuse dans de multiples modalités de traitement comme le traitement des plaies, la thérapie physique, les douleurs dentaires, les brûlures et les douleurs ischémiques [25].

La réalité virtuelle paraît souvent comme une nouvelle technologie, étant très récente, mais elle puise son origine dans les années 1960 grâce à l'avancée de la micro-informatique avec par exemple la création des souris d'ordinateur. Initialement, elle a été introduite comme simulateur de vol au sein de l'Armée de l'Air. A cette époque-là, il n'existait cependant pas de casque de réalité virtuelle totalement immersif comme on peut en trouver à ce jour, ni de moyen d'intégrer les membres inférieurs et supérieurs à l'environnement virtuel et de pouvoir se déplacer au sein de ce dernier.

Le premier casque a été créé en Utah dans les années 1970, il permet, en tournant la tête, d'observer un environnement virtuel présent au sein du casque. La réalité virtuelle se popularise dans les années 1980 grâce à des films et livres en expliquant l'intérêt au grand public. Depuis, il s'agit d'une technologie qui ne cesse d'évoluer. Aujourd'hui il existe des casques de réalité virtuelle permettant une projection à 360° dans un environnement fictif, avec diverses interfaces permettant les interactions entre le patient et le programme informatique, ces interfaces peuvent être à tenir par le patient (dans ses mains, ou autour d'une cheville par exemple) mais il peut aussi s'agir de capteurs externes par caméras permettant de visualiser le patient et de le placer au centre de l'environnement créé par l'appareil.

L'« immersion » est un terme objectif qui décrit la quantité d'entrée sensorielle que le système de RV crée, la « présence » est une valeur subjective de l'illusion que l'on ressent en utilisant ce système ». Une augmentation de l'immersion conduit souvent à une augmentation de la présence ressentie par l'utilisateur, mais il s'agit tout de même de valeurs distinctes [25]. Lorsque le sujet est en immersion, il ne se rend plus compte de son état physique ni de son environnement réel, il peut même perdre les notions de temps et d'espace. Pour créer l'immersion la plus complète, il faut « duper » les cinq sens principaux en percevant l'environnement numérique comme réel [24] : la vue, l'audition, le toucher, l'olfaction et le goût, mais aussi la proprioception.

Bien qu'initialement conçue à des fins de divertissement, l'utilisation potentielle de la réalité virtuelle dans le domaine médical a récemment été explorée [26], notamment pour la diminution de la douleur à travers la distraction que cette technologie peut apporter. De plus, certaines situations douloureuses peuvent conduire à de l'anxiété, surtout dans les populations pédiatriques, laquelle peut à son tour influencer la qualité ainsi que la durée du soin si celui-ci n'est pas ou mal supporté par le patient.

La distraction est une technique non pharmacologique courante utilisée par les professionnels de la santé pour gérer et atténuer l'anxiété, et éventuellement la douleur, pendant les procédures douloureuses chez les patients (notamment) pédiatriques [26]. La théorie selon laquelle la RV affecte la douleur et pas seulement l'anxiété est liée à la capacité d'attention limitée dont disposent les humains [26], en effet, lorsque l'attention est détournée l'humain a tendance à diminuer sa concentration, et cela est valable pour les phénomènes douloureux. La réalité virtuelle et les analgésiques opioïdes ont donné des résultats très comparables en termes de réduction de la douleur, et il a été constaté que la combinaison d'opioïdes avec la RV entraînait une réduction supplémentaire significative des signaux de douleur [27].

Cependant, la réalité virtuelle peut posséder des effets indésirables, tels que la fatigue visuelle, le « mal de la réalité virtuelle » s'apparentant à un mal des transports dû comme ce dernier à un conflit entre les 3 composantes de l'équilibre, à savoir la vue, l'oreille interne (système vestibulaire) et la proprioception : le sujet voit des mouvements dans l'environnement virtuel, la scène visuelle est en mouvement, pourtant lui-même ne l'est pas ou s'il l'est, il y a forcément un décalage (même minime) avec le flux visuel. Ce « mal » peut être responsable de nausées. Si elle est utilisée de façon exagérée, la RV peut également provoquer un isolement social.

1.6. Description de la population concernée

La population choisie pour l'écriture de cette revue de littérature concerne les enfants.

Étymologiquement, le terme « enfant » vient du latin *infans* qui signifie « celui qui ne parle pas ». Chez les Romains, ce terme désignait l'enfant dès sa naissance, jusqu'à l'âge de 7 ans. Aujourd'hui, l'enfant est un être humain, sans différenciation de sexe, dans les premières années de sa vie, jusqu'à l'âge adulte.

La Convention internationale relative aux droits de l'enfant (CIDE) (traité adopté par l'Organisation des Nations Unies (ONU)) de 1989 définit de manière précise le terme « enfant » : « tout être humain âgé de moins dix-huit ans, sauf si la majorité est atteinte plus tôt en vertu de la législation qui lui est applicable » [28].

L'adolescence, du latin *adolescere* qui signifie « grandir » est définie par la CIDE comme étant les jeunes de 10 à 19 ans. Selon ces définitions, l'adolescence fait donc partie de l'enfance.

Dans ce travail, pour une question de simplification, aucune différence d'âge pour délimiter l'enfance et l'adolescence ne sera appliquée, certaines études n'incluront que des enfants, d'autres que des adolescents, et certaines incluront ces deux populations.

1.7. Intérêt et objectif de cette revue de littérature

La brûlure de l'enfant est un traumatisme qui n'est pas rare ni dans le monde ni en France, et qui laisse de lourdes séquelles, qu'elles soient physiques ou psychologiques.

La douleur est un facteur déterminant dans l'évolution de l'enfant vis-à-vis de ce traumatisme, elle joue un rôle très important dans son futur développement et si elle n'est ni prise en compte ni traitée, elle peut devenir un frein à la rééducation.

Malgré la prise d'antalgique, certains n'arriveront pas à passer outre leur douleur au moment des soins et de la rééducation, la réalité virtuelle apparaît comme une technique innovante et pouvant modifier le vécu et le versant psycho-comportemental de l'enfant face à ses douleurs.

L'objectif de cette revue de littérature est de faire un compte rendu des connaissances actuelles de la science sur l'utilisation de la réalité virtuelle pour cette population, et d'en dégager son efficacité.

C'est pourquoi la problématique de ce travail sera :

La réalité virtuelle est-elle efficace pour diminuer significativement la douleur chez les enfants et adolescents brûlés ?

2. METHODE

2.1. Critères d'éligibilité des études pour cette revue

2.1.1. Types d'études

Le but de mon étude est de prouver l'efficacité ou non de la réalité virtuelle pour la prise en charge de la douleur d'un patient brûlé. Il s'agit donc d'une revue de littérature systématique qui répond à une question thérapeutique.

Les revues de littérature systématiques sont des études qui donnent des informations dans leur intégralité, de façon synthétique, après avoir mis en commun les données de plusieurs études concernant un même sujet. Les objectifs de ces revues doivent être précis et les résultats doivent être basés sur des preuves.

Le schéma d'étude le plus adapté pour répondre aux questions thérapeutiques est l'essai clinique randomisé (ou essai contrôlé randomisé) ou « randomized clinical (or controlled) trial » (RCT) en anglais.

Les essais cliniques sont des études expérimentales de haut niveau de fiabilité, réalisées entre deux échantillons de population (on parlera de groupe A et de groupe B) sélectionnés selon des critères prédéfinis, dont le but est de comparer ces deux populations pour juger de l'efficacité d'un traitement A par rapport à un traitement B ou à un placebo ou encore à l'absence de traitement.

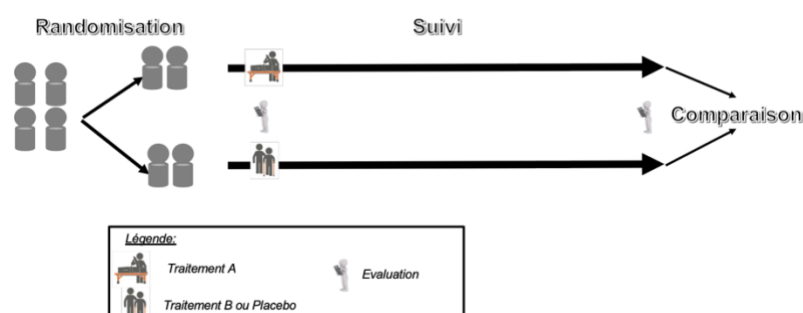
Pour être le plus fiable possible, ces essais sont généralement réalisés en double aveugle, c'est-à-dire que ni le thérapeute, ni l'examineur ne sait quel traitement est administré à quel groupe. Quand cela est possible, elles sont même réalisées en triple aveugle, l'examineur n'a pas non plus connaissance des traitements. Parfois, cela est impossible et l'étude est uniquement réalisée en simple aveugle, c'est-à-dire que seul le patient ignore quel traitement lui est administré. Enfin, si tous les participants connaissent le traitement, on parle d'étude ouverte.

Les essais cliniques randomisés sont de deux types :

L'essai clinique randomisé en groupes parallèles :

La population de base sélectionnée selon des critères d'inclusion et des critères d'exclusion est randomisée en deux groupes A et B de façon aléatoire. Le groupe A recevra le traitement A tandis que le groupe B recevra le traitement B (ou un placebo ou pas de traitement).

Du début à la fin du protocole expérimental, chaque patient reste dans son groupe initial, les deux groupes sont donc suivis « en parallèle ». En fin de protocole, les résultats entre les 2 groupes sont évalués et comparés.



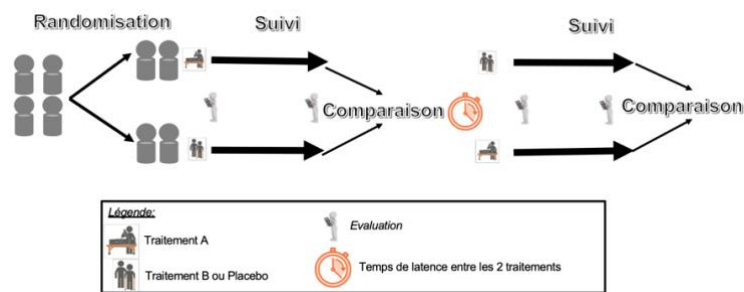
L'essai clinique randomisé en groupes croisés (ou « cross-over ») :

De la même façon que précédemment, la population est randomisée en deux groupes A et B, mais ici, le traitement va se dérouler en deux phases.

Dans la première phase, le groupe A reçoit le traitement A et le groupe B reçoit le traitement B (ou un placebo ou pas de traitement). Ces deux groupes sont suivis de la même façon que pour les essais en parallèle durant cette phase, puis sont comparés en fin de phase.

Il s'en suit une période de latence, durant laquelle aucun des deux groupes ne reçoit de traitement. On parle de période de « sevrage » ou « wash-out » en anglais. Cette période doit être suffisamment longue pour évaluer l'efficacité de chaque traitement isolément.

La deuxième phase commence après ce temps de latence, mais les deux groupes échangent leur traitement. Le groupe A reçoit le traitement B et le groupe B reçoit le traitement A. En fin de phase, l'examineur compare les résultats entre les deux groupes, mais également les résultats au sein du groupe : on parle de résultats inter et intra-groupes. Les sujets sont leur propres « témoins », leurs symptômes ne doivent pas avoir disparu entre le traitement A et le B.



2.1.2. Population concernée

La population étudiée dans cette revue sera donc les enfants et adolescents ayant subi des brûlures, quel que soit leur étendue au niveau de la surface corporelle, mais ayant nécessité une hospitalisation.

L'âge des patients peut donc varier de 0 à 18 ans.

2.1.3. Intervention

L'intervention thérapeutique utilisée dans cette revue sera la réalité virtuelle immersive.

Celle-ci sera utilisée lors des soins habituellement douloureux pour les patients. Parmi les études retenues, il s'agit majoritairement de la réfection des pansements, puis lors de séances de kinésithérapie (pendant des étirements ou de la mobilisation passive) et enfin durant l'hydrothérapie.

2.1.4. Comparateur

Dans la plupart des études sélectionnées, la réalité virtuelle est associée à un traitement antalgique, et elle est comparée à l'unique présence du traitement antalgique sans réalité virtuelle. Elle peut également être comparée à l'utilisation d'une distraction standard, notamment par le visionnage d'un film ou d'une vidéo, la lecture d'une histoire, l'écoute de musique ou encore le simple fait de jouer avec un jouet.

2.1.5. Critère de jugement

Le critère de jugement principal étudié sera la **douleur**. Comme expliqué dans la partie 1.4 sur la douleur, chez l'enfant, elle peut être évaluée par l'échelle visuelle analogique (EVA), par l'échelle des visages, par la FLACC (Face, Legs, Activity, Cry, Consolability) scale, ou encore par l'échelle APPT (Adolescent Pediatric Pain Tool).

Certaines études tiennent compte également des paramètres physiologiques, comme la fréquence cardiaque, et la saturation en oxygène.

Dans les études incluses, des critères de jugement secondaires sont parfois relevés, leurs résultats seront détaillés et analysés plus succinctement que la douleur. Il s'agit entre autres :

- Du gain d'amplitude, étudié dans un article
- De la présence d'effets secondaires, majoritairement la nausée, étudiée dans 4 articles
- Du sentiment de présence et/ou d'engagement dans l'environnement virtuel, étudié dans 3 articles
- Enfin, le temps de traitement et la satisfaction du personnel soignant sont étudiés chacun dans un article différent.

2.2. Méthodologie de recherche des études

Les recherches documentaires ont été réalisées depuis septembre 2020 afin d'affiner au mieux l'écriture de ma question de recherche et d'être sûre de trouver suffisamment d'articles pour y répondre.

2.2.1. Sources documentaires investiguées

La recherche de mes articles a été réalisée grâce à des sources documentaires scientifiques comme Pubmed, PEDro (Physiotherapy Evidence Database), la Cochrane Library, et Science Direct. J'ai également utilisé le moteur de recherche non scientifique Google Scholar.

2.2.2. Équations de recherche utilisées

J'ai tout d'abord établi une liste des mots clés pour ma revue de littérature. Ces derniers sont : brûlure, enfant, adolescent, pédiatrie, douleur, réalité virtuelle et distraction.

Grâce au site internet HeTOP, j'ai ensuite recherché la traduction de ces mots en anglais et vérifié que ces mots clés correspondaient bien à des « MeSH terms » (qui est une liste de termes utilisés pour l'analyse documentaire dans le domaine biomédical). Les mots clés alors retenus en anglais sont : burn, child, children, adolescent, pediatrics, pain, Virtual Reality et distraction.

	Revue de littérature	Mots clés en anglais
Population	Enfants et adolescents de 0 à 18 ans	Child OR children OR adolescent OR pediatric
Intervention	Réalité virtuelle	Virtual Reality
Comparateur	Absence de réalité virtuelle	
Outcome (Critère de jugement)	Douleur	Pain

Tableau 4 : mots clés selon l'acronyme PICO

Pubmed

L'équation de recherche la plus adaptée sur Pubmed est :

(((((child[Title/Abstract]) OR (children[Title/Abstract])) OR (adolescent[Title/Abstract])) OR (pediatric[Title/Abstract])) AND (burn[Title/Abstract])) AND (pain[Title/Abstract])) AND (virtual reality[Title/Abstract])

En utilisant cette question, la base de données donne un résultat de 31 articles.

Cochrane Library

L'équation de recherche la plus adaptée sur la Cochrane Library est :

(pediatric OR child OR children OR adolescent):ti,ab,kw AND (burn):ti,ab,kw AND (virtual reality):ti,ab,kw AND (pain):ti,ab,kw (Word variations have been searched)

Cette équation donne un total de 56 résultats dans la section « Trials ».

PEDro

Dans les recherches avancées, dans la section « Abstract & Title » j'entre les mots clés : « burn », « virtual reality » et « pain ». Je sélectionne la sous-discipline « pédiatrie » et le filtre « match all search terms (AND) ». Il en découle 7 articles.

Science Direct

Dans les recherches avancées, dans la section « Title, abstract or author-specified keywords » j'entre les mots clés : « pediatric », « burn », « virtual reality » et « pain ». J'obtiens 9 résultats.

Google Scholar

Dans les recherches avancées, je recherche les articles contenant tous les mots suivants : « burn, virtual reality, pain », et contenant au moins un des mots suivants : « child, children, adolescent, pediatric » dans le titre de l'article. Cette recherche fait apparaître 14 résultats entre 2005 et 2020.

J'obtiens au total 117 résultats.

2.3. Méthode d'extraction et d'analyse des données

2.3.1. Sélection des études

Afin de trier les 117 résultats de recherche obtenus, je vais effectuer une sélection de mes articles selon plusieurs étapes :

Afin d'avoir le plus haut niveau de preuve, je ne sélectionnerai que les essais cliniques randomisés (RCT) car ils sont les plus adaptés pour répondre aux schémas d'études thérapeutiques. Il ne reste donc plus que 10 articles sur Pubmed, 17 sur la Cochrane Library, 5 sur PEDro, 7 sur Science Direct et 3 sur Google Scholar, soit un total de 42 RCT. Parmi ces 42 essais cliniques, il n'y en a en réalité que 16 car les autres sont des doublons qui ont été trouvés sur différentes bases de données.

Après avoir obtenu ces 16 RCT, suite à la lecture du titre et / ou de l'abstract, 7 sont éliminés.

Je choisis également de ne sélectionner que des articles datant de 15 ans ou moins, donc j'élimine les articles écrits avant 2005, soit 1 article. Il n'en reste donc plus que 8.

Suite à la lecture complète de ces 8 articles, 3 RCT sont également retirés de ma revue. Il ne reste donc, à l'issue de cette dernière sélection, que **5 articles** à étudier.

Je définis ensuite les critères d'inclusion et de non-inclusion suivant :

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
<ul style="list-style-type: none"> - Essais cliniques randomisés - Langue : français et anglais - Date : de 2005 à 2020 - Taille d'échantillon $n < 20$ - Population : enfants de 0 à 18 ans, hospitalisés - Brûlures (sans limite de SCB) 	<ul style="list-style-type: none"> - Autres formes d'articles - Adultes au-delà de 18 ans - Brûlures au visage gênant le port d'un casque de réalité virtuelle - Enfants avec déficit visuel ou auditif - Enfants avec déficit cognitif, ou avec une pathologie sous-jacente.

Tableau 5 : critères d'inclusion et d'exclusion des articles inclus dans la revue de littérature

2.3.2. Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

Le schéma d'étude étant l'essai clinique randomisé, et la problématique de cette revue de littérature étant une question thérapeutique, l'évaluation la plus fiable quant à la qualité méthodologique des études sélectionnées est l'échelle PEDro [29].

Cette échelle repose sur 11 critères, qui sont les suivants :

- **1** : les critères d'éligibilité ont été précisés
- **2** : les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)
- **3** : la répartition a respecté une assignation secrète
- **4** : les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants
- **5** : tous les sujets étaient « en aveugle »
- **6** : tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient « en aveugle »
- **7** : tous les examinateurs étaient « en aveugle » pour au moins un des critères de jugement essentiels
- **8** : les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiel, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes
- **9** : tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées « en intention de traiter »
- **10** : les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels
- **11** : pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité

Les détails de validation de ces critères sont disponibles en annexe (annexe 1)

2.3.3. Extraction des données

L'extraction des données se fera à travers un tableau afin de synthétiser au mieux les informations clés de chaque étude, et de les faire ressortir de façon explicite et claire.

Le modèle de tableau est le suivant :

Étude	Type d'étude	
Population	Soin prodigué	
	Durée	
	Age	
	Taille des échantillons (n)	
	Sex ratio	
	Critères d'inclusion	
	Critères d'exclusion	
Intervention	Type de traitement (durée, nombre...)	
Comparateur	Type de traitement (durée, nombre...)	
Résultats et outils de mesure des critères de jugement	Critère de jugement principal	
	Critère de jugement secondaire	
	Outil de mesure du critère principal	

Tableau 6 : récapitulatif de chaque étude incluse dans la revue de littérature

2.3.4. Méthode de synthèse des résultats

Afin que cela soit plus clair et plus visible, dans la partie résultat, la sélection des études sera détaillée dans un diagramme de flux, en expliquant chaque étape.

Le score PEDro des différents articles sera noté en réalisant un tableau comprenant les 11 critères de cette échelle qui seront cochés ou non à l'aide du symbole « √ ». Les croix « X » signifieront que l'item n'est pas complété par l'étude.

Pour chacun des 5 articles sélectionnés, le tableau détaillé ci-dessus sera complété comprenant le détail des caractéristiques de cet article.

Cela rendra la comparaison de chaque article entre eux plus lisible et plus intuitive. Chaque tableau sera disponible dans le corps du texte et un tableau récapitulatif des 5 études sera disponible en annexe (annexe 2).

Enfin, une analyse narrative de tous les résultats obtenus dans les tableaux sera réalisée pour évaluer au mieux le ou les critères de jugement.

3. RESULTATS

3.1. Description des études

3.1.1. Diagramme de flux

Ce diagramme de flux résume la méthode de sélection des études abordée dans la partie 2.3.1.

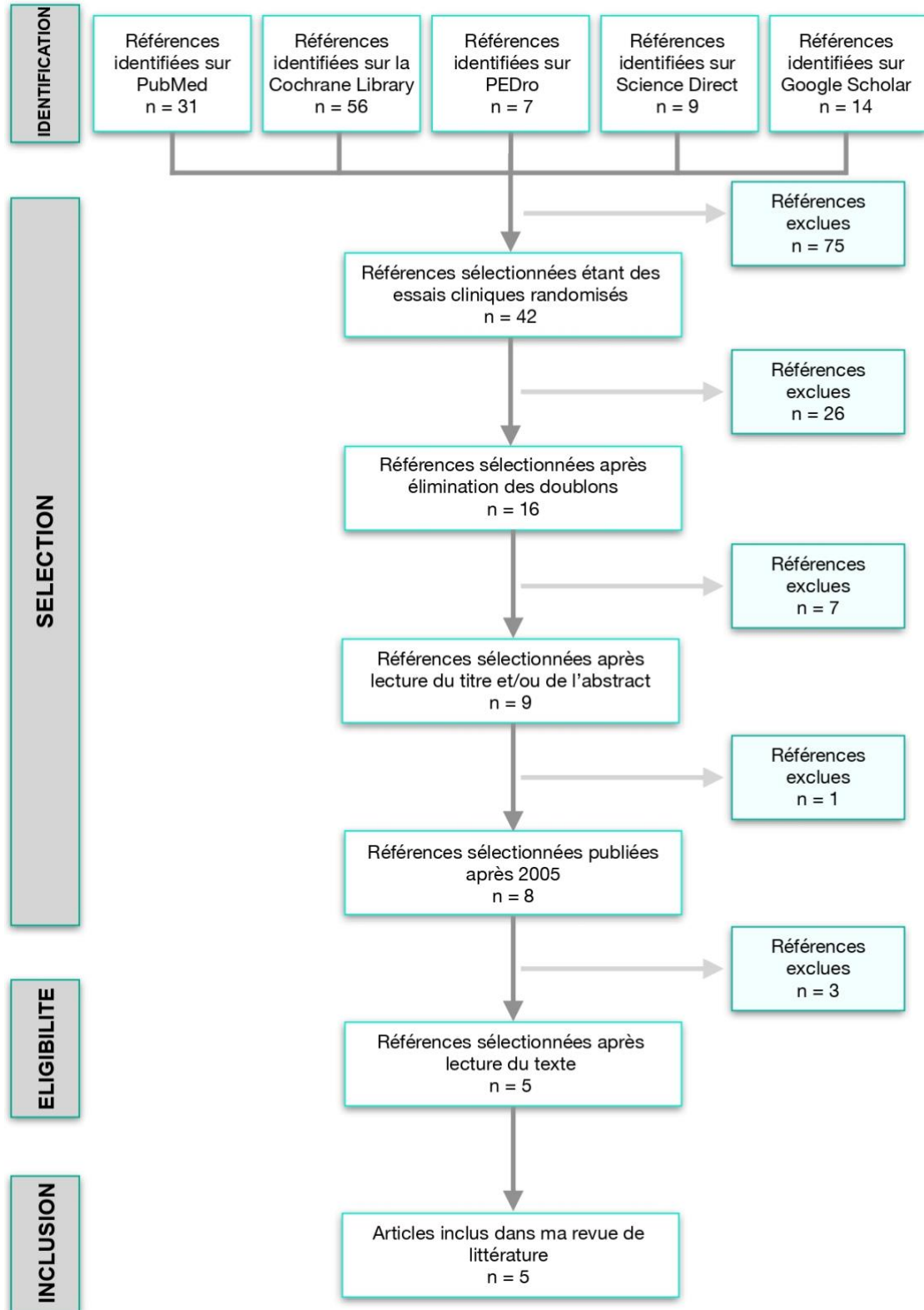


Figure 9 : diagramme de flux

3.1.2. Études exclues

Les 3 études ci-dessous ont été exclues à l'issue du dernier tri (c'est-à-dire à la lecture intégrale du texte), la raison de l'exclusion est mentionnée dans le tableau ci-dessous :

ETUDE	RAISON DE L'EXCLUSION
Das et al, 2005 [30]	L'étude comprend un trop petit échantillon (n=7). Elle date de 2005 donc est relativement ancienne. Elle possède un score PEDro faible de 3/10.
Sharar et al, 2007 [31]	Il s'agit des résultats de 3 études, une ne comprenant que des mineurs, une que des personnes âgées de 19 ans et moins et une ne comprenant que des majeurs de plus de 21 ans. Les résultats sont donnés en ayant brassé les groupes pour n'avoir que d'un côté les résultats des mineurs et de l'autre ceux des majeurs (une partie du groupe 2 ayant été mélangé au groupe 3) donc il manque certaines données. De plus, le score PEDro est également faible (4/10). L'étude date de 2007.
Soltani et al, 2019 [32]	Le critère de jugement principal de cette étude est le gain d'amplitude, mais elle étudie également les dimensions subjectives de la douleur. Sa population est âgée de 15 ans ou plus mais les données des 15-18 ans ne sont pas données séparément de celle des adultes.

Tableau 7 : études exclues

3.1.3. Études incluses

Les 5 articles issus du dernier tri seront donc inclus dans ma revue de littérature, ils remplissent tous les critères d'inclusion détaillés dans la partie 2.3.1.

Pour ces 5 articles, le critère de jugement principal est la douleur, et des critères de jugement secondaires variables y sont abordés, certains relatifs à l'enfant lui-même tels que l'anxiété, le confort durant le soin ou encore le niveau d'amusement, d'autres relatifs à la perception de la réalité virtuelle par l'enfant et à ses potentiels effets secondaires comme le risque de nausée.

Les 5 études sélectionnées sont :

- **Schmitt et al, 2010** [33]: A randomized, controlled trial of immersive virtual reality analgesia, during physical therapy for pediatric burns
- **Kipping et al, 2011** [34]: Virtual reality for acute pain reduction in adolescents undergoing burn wound care: A prospective randomized controlled trial
- **Jeffs et al, 2014** [35]: Effect of virtual reality on adolescent pain during burn wound care
- **Khadra et al, 2020** [36]: Effects of a projector-based hybrid virtual reality on pain in young children with burn injuries during hydrotherapy sessions: A within-subject randomized crossover trial
- **Hoffman et al, 2020** [37]: Virtual Reality Analgesia for Children With Large Severe Burn Wounds During Burn Wound Debridement

Finalement, par rapport aux critères d'inclusion définis précédemment, la taille d'échantillon minimale est de 28 participants et la date de l'article le plus ancien utilisé pour cette revue de littérature est 2010.

Chaque étude sera détaillée sous la forme du tableau exposé en partie 2.3.3. et un tableau récapitulatif de toutes les études sera disponible en annexe (annexe 2).

3.1.3.1. Étude numéro 1 : Schmitt et al, 2010 [33]

Étude	Type d'étude	Groupes croisés (cross over)
Population	Soin prodigué	Séance de kinésithérapie en gain d'amplitude
	Durée	6 à 20 min de séance : 3 à 10 min sans réalité virtuelle (RV) + 3 à 10 min avec RV (ordre aléatoire), durant 5 jours maximum
	Age	Inférieur à 19 ans
	Taille d'échantillon	n = 54
	Sex ratio	81% d'hommes
	Critères d'inclusion	<ul style="list-style-type: none"> - < 19 ans - Besoin d'au moins 1 séance de gain d'amplitude
	Critères d'exclusion	<ul style="list-style-type: none"> - Antécédent de mal des transports sévère, - Brûlure d'une zone gênant la RV, - Antécédent de crise convulsive (épilepsie...)
Intervention	Type de traitement	Traitement antalgique standard + RV
Comparateur	Type de traitement	Traitement antalgique standard seul
Outcome	Critère de jugement principal	Douleur subjective : <ul style="list-style-type: none"> - Dimension cognitive (temps à penser à la douleur) - Dimension affective (aspect désagréable de la douleur) - Dimension sensorielle (pire intensité de douleur)
	Critère de jugement secondaire	<ul style="list-style-type: none"> - Amplitude maximale de l'articulation touchée - Niveau d'amusement (« fun ») de l'enfant - Nausée, - Réalité et présence dans l'environnement virtuel
	Outil de mesure du critère principal	Échelle GRS (Graphic Rating Scale)

3.1.3.2. Étude numéro 2 Kipping et al, 2011 [34]

Étude	Type d'étude	Groupes parallèles
Population	Soin prodigué	Changement de pansement (retrait et pose)
	Durée	Environ 1h pour le retrait et environ 1h pour la pose
	Age	11 à 17 ans
	Taille d'échantillon	n = 41 (groupe A : n=20 / groupe B : n=21)
	Sex ratio	68,3% d'hommes
	Critères d'inclusion	<ul style="list-style-type: none"> - Adolescents de 11 à moins de 18 - Présence dans un des hôpitaux au moment de l'étude - 1er changement de pansement en état de conscience - SCB > 1%
	Critères d'exclusion	<ul style="list-style-type: none"> - Déficience cognitive, visuelle ou auditive - Brûlure d'une zone gênant la RV - Non anglophone - Problème de sécurité ou de protection enfant
Intervention	Type de traitement	Réalité virtuelle (groupe A)
Comparateur	Type de traitement	Distraction standard (groupe B) : télé, histoire, musique, soignant ou rien
Outcome	Critère de jugement principal	Intensité de la douleur
	Critère de jugement secondaire	<ul style="list-style-type: none"> - Réactions du sujet et événements indésirables (nausées), - Temps de traitement
	Outil de mesure du critère principal	EVA et FLACC scale (+ fréquence cardiaque et saturation)

3.1.3.3. Étude numéro 3, *Jeffer et al*, 2014 [35]

Étude	Type d'étude	Groupes parallèles
Population	Soin prodigué	Changement de pansement
	Durée	En moyenne 38min
	Age	10 à 17 ans
	Taille d'échantillon	n = 28 (groupe A : n=8 / groupe B : n=10 / groupe C : n= 10)
	Sex ratio	68% d'hommes
	Critères d'inclusion	<ul style="list-style-type: none"> - 10 à 17ans, - Soins pour brûlure sans sédation, - Anglophone
	Critères d'exclusion	<ul style="list-style-type: none"> - Brûlure d'une zone gênant la RV, - Antécédent de mal des transports sévères ou d'épilepsie, - Mineurs incarcérés ou en famille d'accueil, - Trouble cognitif
Intervention	Type de traitement	Réalité virtuelle (groupe A)
Comparateur	Type de traitement	Soins standard (groupe B) / distraction passive : film (groupe C)
Outcome	Critère de jugement principal	Perception de la douleur
	Critère de jugement secondaire	<ul style="list-style-type: none"> - Anxiété - Désir et croyance en l'efficacité de la distraction - Niveau d'engagement dans la distraction
	Outil de mesure du critère principal	Échelle APPT

3.1.3.4. Étude numéro 4, *Khadra et al*, 2020 [36]

Étude	Type d'étude	Groupes croisés (cross over)
Population	Soin prodigué	Hydrothérapie
	Durée	20min de séance, 10min sans RV et 10min avec (ordre aléatoire)
	Age	6 mois à 7 ans
	Taille d'échantillon	n = 37
	Sex ratio	71% d'hommes
	Critères d'inclusion	<ul style="list-style-type: none"> - 6 mois à 7 ans, - Brûlure nécessitant une séance d'hydrothérapie, - Accompagné d'un parent francophone ou anglophone
	Critères d'exclusion	<ul style="list-style-type: none"> - Soins intensifs, intubation ou sédation profonde, - Troubles cognitifs, - Épilepsie, - Allergie aux opioïdes ou antalgiques,
Intervention	Type de traitement	Traitement antalgique standard + RV
Comparateur	Type de traitement	Traitement antalgique standard seul
Outcome	Critère de jugement principal	Douleur durant le soin
	Critère de jugement secondaire	<ul style="list-style-type: none"> - Douleur (hétéro évaluation sur l'EN par un soignant), - Niveau de confort, - Niveau de sédation, - Besoin de médication d'urgence ou d'autre intervention non pharmacologique, - Effets secondaires, - Satisfaction du personnel soignant
	Outil de mesure du critère principal	FLACC Scale

3.1.3.5. Étude numéro 5, *Hoffman et al, 2020*[37]

Étude	Type d'étude	Groupes parallèles
Population	Soin prodigué	Changement de pansement
	Durée	1 à 10 jours d'étude, en moyenne 6 jours pour chaque groupe, moyenne 23/24min de traitement
	Age	6 à 17 ans
	Taille d'échantillon	n = 50
	Sex ratio	84% hommes
	Critères d'inclusion	<ul style="list-style-type: none"> - Enfant coopératif, capable de répondre au questionnaire, - Pas d'antécédent de trouble psychiatrique, - Pas de délire, psychose, ou trouble cérébral organique, - Parle et comprend l'anglais ou l'espagnol, - Intensité de douleur modérée à forte pendant une séance de soin sans RV (> 5 à l'EN), - Admis au centre des brûlés et ayant bénéficié d'au moins 1 séance de soin sans RV et 1 avec le jour de l'étude.
Critères d'exclusion	<ul style="list-style-type: none"> - SCB < 10%, - Incapable de compléter les mesures de l'étude, - Pas besoin de séance le jour de l'étude, - Antécédent de trouble psychiatrique, - Signes de délire, psychose, ou trouble cérébral organique, - Ne parle ou ne comprend pas l'anglais ou l'espagnol, - Antécédent de trouble endocrinien, cardiaque, neurologique, respiratoire, métabolique, génito-urinaire ou gastro-intestinal important, - Traité pour sevrage alcoolique ou médicamenteux, - Déficience intellectuelle, - Moins de 6 ans ou plus de 17 ans, - Brûlure d'une zone gênant la RV, - Antécédent de mal des transports sévère 	
Intervention	Type de traitement	Antalgiques standard + RV
Comparateur	Type de traitement	Antalgiques standard seuls
Outcome / résultats	Critère de jugement principal	Pire intensité de douleur (dimension sensorielle de la douleur)
	Critère de jugement secondaire	<ul style="list-style-type: none"> - Dimension cognitive de la douleur (temps à y penser) - Dimension affective de la douleur (aspect désagréable) - Douleur la plus faible, - Niveau d'amusement (« fun »), - Nausée, - Réalité et présence dans l'environnement virtuel
	Relevé des mesures	Graphic Rating Scale (GRS)

3.2. Risque de biais des études incluses

La grille d'analyse utilisée pour évaluer le risque de biais et la qualité méthodologique des essais cliniques randomisés pour une question thérapeutique la plus adaptée est l'échelle PEDro. Elle est divisée en 11 items (cf partie 2.3.2.) :

- L'item 1 correspond à la **validité externe** de l'étude, il renseigne sur sa population mais n'est pas pris en compte dans le score total.
- Les items 2 à 9 correspondent à la **validité interne** de l'étude, ils renseignent sur les risques de biais et la qualité méthodologique lors de la rédaction de l'article.

- Les items 10 et 11 correspondent à la **pertinence clinique** de l'étude, ils renseignent sur les résultats de l'article et sur leur pertinence quant à la question thérapeutique de la revue de littérature pour au moins un des critères de jugement.

Items	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Score
Schmitt et al, 2010	√	√	X	X	X	X	X	√	X	√	√	4/10
Kipping et al, 2011	√	√	√	√	X	X	X	√	√	√	√	7/10
Jeffs et al, 2014	√	√	X	√	X	X	X	√	X	√	√	5/10
Khadra et al, 2020	√	√	√	√	X	X	X	√	√	√	√	7/10
Hoffman et al, 2020	√	√	√	√	X	X	X	X	X	√	√	5/10

Tableau 8 : score PEDro pour chaque article, détails item par item

(L'item √ signifie que le critère est validé, l'item X signifie qu'il ne l'est pas ou qu'il n'est pas précisé)

Ainsi, grâce à l'échelle PEDro et aux scores obtenus, nous pouvons analyser les biais possibles pour chaque étude, les biais pouvant être rencontrés selon les items de cette échelle sont :

- Le biais de sélection, qui correspond aux **items 2 à 4**. Ils nous permettent de savoir si les sujets ont été aléatoirement répartis dans les groupes, si cette répartition est restée secrète et si les groupes constitués avant l'intervention thérapeutique étaient similaires pour être comparables.
 - Les études de **Schmitt et al** [33] et de **Jeffs et al** [35] ne respectent pas l'item 3 (assignation secrète), celle de **Schmitt et al** [33] ne donne pas les principales caractéristiques de chaque groupe avant l'intervention donc l'item 4 ne peut être validé. Il y a donc un biais de sélection pour ces 2 études, plus important pour celle de Schmitt et al.
- Le biais de confusion correspond à l'absence de groupe contrôle
 - Les études de **Schmitt et al** [33] et de **Khadra et al** [36] étant des essais contrôlés randomisés en groupes croisés, ils ne peuvent pas posséder de groupe contrôle ou témoin car chaque sujet est son propre témoin.
- Le biais de performance, attribué aux **items 5 et 6** nous renseigne sur l'aveuglement des sujets et des thérapeutes.
 - Aucune des études n'a pu aveugler ni les sujets ni ses soignants, étant donnée la nature de l'intervention qui est la réalité virtuelle, et qu'il n'est donc pas à l'heure actuelle possible de cacher si l'intervention est utilisée ou non.
- Le biais de détection renseigne sur l'aveuglement de l'examineur (**item 7**) :
 - Aucune des études n'a également aveuglé l'examineur, bien que certaines aient utilisé un examinateur extérieur au soin pour noter l'enfant par vidéo, il restait au courant de l'utilisation ou non de la réalité virtuelle.
- Le biais de suivi correspond à l'**item 8** qui indique si les mesures ont été obtenues pour au moins 85% des sujets initialement présents dans l'étude.
 - L'étude d'**Hoffman et al** [37] ne mentionne nulle part cette information, on ne peut donc pas valider l'item 8 et cela correspond potentiellement à un biais de suivi.

- Le **biais d'attrition** caractéristique de *l'item 9* renseigne sur les sujets perdus de vue et sur leurs potentielles données qui ont été analysées, ou non, en intention de traiter.
 - Seules les études de **Kipping et al** [34] et de **Khadra et al** [36] stipulent soit que tous les sujets ont été traités, soit que les sujets ayant été retirés de l'étude ont été analysés comme en intention de traiter.
- Le **biais de mesure**, qui s'intéresse aux *items 10 et 11* nous informe sur les statistiques des résultats obtenus, sur leur comparaison entre groupe et sur l'estimation de la taille d'effet et de la variabilité potentielle de ces résultats.
 - Aucune étude ne présente ce biais car ces 2 critères sont remplis pour chacune.

Biais de :	Sélection	Confusion	Performance	Détection	Suivi	Attrition	Mesure
Schmitt et al, 2010	X	X	X	X		X	
Kipping et al, 2011			X	X			
Jefferis et al, 2014	X		X	X		X	
Khadra et al, 2020		X	X	X			
Hoffman et al, 2020			X	X	X	X	

Tableau 9 : tableau récapitulatif des biais présents dans chaque article

3.3. Effets de l'intervention sur le(s) critère(s) de jugement

3.3.1. Le critère de jugement principal : la douleur

Cette revue de littérature s'intéresse à l'efficacité de la réalité virtuelle dans la réduction de la douleur chez l'enfant et l'adolescent brûlé. La douleur est donc le critère de jugement principal.

Les 5 articles sélectionnés pour ma revue n'utilisent pas le même outil de mesure pour l'évaluation de cette douleur :

- Les études de **Schmitt et al** [33] et de **Hoffman et al** [37] utilisent une Graphic Rating Scale (GRS) qui est une échelle horizontale graduée de 0 à 10, associée à des mots décrivant ces graduations (0 : absence, 1 à 4 : légère, 5 et 6 : modéré, 7 à 9 : sévère, 10 : atroce)
- Les études de **Kipping et al** [34] et de **Khadra et al** [36] utilisent la FLACC Scale
- L'étude de **Jefferis et al** [35] utilise l'échelle APPT.

Pour chaque article, j'indiquerai les intervalles de confiance à 95% (IC95), les tailles d'effets inter ou intra groupe et la valeur *p* lorsque cela sera possible. Si les résultats fournis ne sont pas suffisants, je présenterai les résultats tels qu'ils le sont dans l'étude et ils seront analysés de cette façon-là.

La valeur *p* désigne le caractère statistiquement significatif des résultats, lorsqu'il est inférieur à 0,05 cela signifie qu'il y a moins de 5% de chance que le résultat observé soit dû uniquement au hasard et 95% de chance qu'il soit dû à l'intervention. Si *p* est supérieur à 0,05 alors les résultats ne seront pas significatifs car il y aura trop de chance qu'ils soient liés au hasard.

Lorsque les IC95 ou les tailles d'effets seront calculés grâce aux données de l'étude, cela sera fait à l'aide d'un tableur Excel et les résultats seront mentionnés d'un astérisque *.

3.3.1.1. Étude numéro 1 : Schmitt et al [33]

Cette étude utilise l'échelle GRS graduée de 0 à 100 et certains de ses résultats sont présentés sous forme de graphique. Elle évalue la dimension subjective de la douleur ainsi que ses 3 composantes : cognitive (temps à penser à la douleur), affective (caractère désagréable de la douleur) et sensorielle (pire intensité de la douleur).

Au 1^{er} jour, par rapport à la condition contrôle (pas de réalité virtuelle), durant la condition intervention (avec réalité virtuelle), on constate une diminution :

- De 44% de la douleur cognitive.
- De 32% de la douleur affective.
- De 27% de la douleur sensorielle.

Ces résultats sont statistiquement **significatifs** avec un $p < 0,05$.

Certains enfants ont participé à cette étude durant 5 jours, et les résultats obtenus au 1^{er} jour n'ont pas diminué avec l'utilisation répétée de la réalité virtuelle. Le niveau de douleur était toujours **significativement** inférieur durant la condition intervention ($p < 0,05$) mais seuls 5 enfants initialement présents ont bénéficié de 5 jours d'étude (sur 54 au départ).

Aucune valeur numérique n'est donnée dans cette étude, il est donc impossible de calculer les intervalles de confiance ou les tailles d'effet.

Les graphiques associés à cette étude seront disponibles en annexe (annexe 4).

3.3.1.2. Étude numéro 2 : Kipping et al [34]

Cette étude utilise la FLACC scale en hétéro-évaluation par l'équipe infirmière et l'EVA en auto-évaluation par l'adolescent puis en hétéro-évaluation par un soignant.

Auto-évaluation par l'adolescent à l'EVA :

Au retrait du pansement :

Pour le groupe intervention, le score à l'EVA moyen est de 2,9 avec une déviation standard (ou écart-type = ET) de 2,3 alors qu'il est de 4,2 pour le groupe contrôle, avec un ET de 3,2. Il y a donc une diminution de la douleur mais celle-ci n'est pas significative car $p = 0,16$.

Nous avons les données suffisantes pour calculer les IC95 pour le groupe intervention, l'IC95 est [1,82 – 3,98], pour le groupe contrôle, l'IC95 est [2,74 – 5,66].

La taille d'effet intergroupe est de 1,3 avec un intervalle de confiance de [-0,47 – 3,07]. Cet intervalle comprend la valeur 0, l'effet peut être négatif et le résultat n'est **pas significatif**.

A la pose du nouveau pansement :

Pour le groupe intervention, le score à l'EVA moyen est de 2,33 avec un ET de 3,4 alors qu'il est de 3,8 pour le groupe contrôle, avec un ET de 3,6. Il y a donc une diminution de la douleur mais celle-ci n'est **pas significative** car $p = 0,40$.

L'IC95 du groupe intervention est [0,74 – 3,92] et celui du groupe contrôle est [2,16 – 5,44]. La taille d'effet intergroupe est de 1,47 avec un intervalle de confiance de [-0,74 – 3,68].

Hétéro-évaluation par l'équipe infirmière à la FLACC Scale :

Au retrait du pansement :

Pour le groupe intervention, le score à la FLACC scale moyen est de 2,9 avec un ET de 2,4 alors qu'il est de 4,7 pour le groupe contrôle, avec un ET de 2,5. Il y a donc une diminution de la douleur et celle-ci est significative car $p=0,02$ (donc $<0,05$)

L'IC95 du groupe intervention est [1,78 – 4,02] et celui du groupe contrôle est [3,56 – 5,84]. La taille d'effet intergroupe est de 1,8 avec un intervalle de confiance de [0,25 – 3,35]. Cet intervalle de confiance ne croisant pas le 0, cela est en adéquation avec le résultat **statistiquement significatif** de cette mesure.

A la pose du nouveau pansement :

Pour le groupe intervention, le score à la FLACC scale moyen est de 1,9 avec un ET de 2,8 alors qu'il est de 3,0 pour le groupe contrôle, avec un ET de 2,8. Il y a donc une diminution de la douleur mais celle-ci n'est pas significative car $p=0,23$.

L'IC95 du groupe intervention est [0,59 – 3,21] et celui du groupe contrôle est [1,73 – 4,27]. La taille d'effet intergroupe est de 1,1 avec un intervalle de confiance de [-0,67 – 2,87].

Hétéro-évaluation par un soignant à l'EVA :

Au retrait du pansement :

Pour le groupe intervention, le score à l'EVA moyen est de 3,5 avec un ET de 2,5 alors qu'il est de 3,8 pour le groupe contrôle, avec un ET de 3,2. Il y a donc une diminution de la douleur mais celle-ci n'est pas significative car $p=0,71$.

L'IC95 du groupe intervention est [2,33 – 4,67] et celui du groupe contrôle est [2,34 – 5,26]. La taille d'effet intergroupe est de 0,3 avec un intervalle de confiance de [-1,52 – 2,12].

A la pose du nouveau pansement :

Pour le groupe intervention, le score à l'EVA moyen est de 2,6 avec un ET de 3,5 alors qu'il est de 2,2 pour le groupe contrôle, avec un ET de 4,0. Il y a ici une augmentation de la douleur dans le groupe avec réalité virtuelle mais celle-ci n'est pas significative car $p=0,75$.

L'IC95 du groupe intervention est [0,96 – 4,24] et celui du groupe contrôle est [0,38 – 4,02]. La taille d'effet intergroupe est de -0,4 avec un intervalle de confiance de [-2,78 – 1,98].

Ce tableau récapitule les données décrites précédemment pour les 3 outils de mesure :

		EVA (auto-évaluation par adolescent)		FLACC Scale (hétéro-évaluation par soignant)		EVA (hétéro-évaluation par soignant)	
		Retrait	Pose	Retrait	Pose	Retrait	Pose
Groupe intervention	Moyenne (ET)	2,9 (2,3)	2,33 (3,4)	2,9 (2,4)	1,9 (2,8)	3,5 (2,5)	2,6 (3,5)
	IC95*	[1,82 – 3,98]	[0,74 – 3,92]	[1,78 – 4,02]	[0,59 – 3,21]	[2,33 – 4,67]	[0,96 – 4,24]
Groupe contrôle	Moyenne (ET)	4,2 (3,2)	3,8 (3,6)	4,7 (2,5)	3,0 (2,8)	3,8 (3,2)	2,2 (4,0)
	IC95*	[2,74 – 5,66]	[2,16 – 5,44]	[3,56 – 5,84]	[1,73 – 4,27]	[2,34 – 5,26]	[0,38 – 4,02]
Différence intergroupe	Taille d'effet*	1,3	1,47	1,8	1,1	0,3	-0,4
	IC95*	[-0,47 – 3,07]	[-0,74 – 3,68]	[0,25 – 3,35]	[-0,67 – 2,87]	[-1,52 – 2,12]	[-2,78 – 1,98]
	p	0,16	0,40	0,02	0,23	0,71	0,75

La fréquence cardiaque et la saturation en oxygène ont également été étudiées dans cet article, afin de garantir une approche globale de la douleur, mais aucune différence n'était significative entre les 2 groupes (absence de valeurs numériques).

3.3.1.3. Étude numéro 3 : Jeffs et al [35]

Cet article a utilisé l'échelle APPT et a été divisée en 3 groupes : le groupe réalité virtuelle (GRV), le groupe distraction passive (GDP) et le groupe de soins standard (GSS).

Le score à l'APPT varie sur une échelle de 0 à 100mm mais un des adolescents de cette étude a décrit un score à 115mm qui a été conservé afin de montrer la variation interindividuelle dans l'évaluation et la perception de la douleur.

Les patients du GRV ont signalé moins de douleur que dans le GDP, avec une différence de 23,7mm ; $p=0,029$ et IC95 = [2,4 – 45,0]. Il s'agit d'une diminution **significative**. La taille d'effet a été calculée à 1,25.

Ils ont également signalé moins de douleurs que dans le GSS avec une différence de 9,7mm ; $p=0,32$ et IC95 = [-9,5 – 28,9] mais cette différence n'est **pas significative**. La taille d'effet a été calculée à 0,535.

La taille d'effet entre le GDP et le GSS a été calculée à 0,79.

Ce tableau récapitule les données décrites ci-dessus :

	GRV vs GDP	GRV vs GSS	GDP vs GSS
Différence moyenne à l'APPT	23,7 mm	9,7 mm	
<i>p</i>	0,029	0,32	
IC95	[2,4 – 45,0]	[-9,5 – 28,9]	
Taille d'effet	1,25	0,535	0,79

Le GRV est, de plus, le seul groupe à avoir rapporté une diminution de la douleur entre avant et pendant la procédure.

Cette étude a également relevé des différences :

- Inter sexe : les hommes rapportent moins de douleurs que les femmes ($p<0,001$)
- Inter âge : augmentation de la douleur de 2,8mm en moyenne avec l'augmentation d'âge d'1 an ($p=0,07$)
- Une augmentation des douleurs d'1mm avant la procédure amène en moyenne une augmentation de 0,9mm pendant la procédure ($p<0,001$)

3.3.1.4. Étude numéro 4 : Khadra et al [36]

Cette étude a utilisé la FLACC scale et l'échelle numérique (EN) pour évaluer la douleur. Le score FLACC a été relevé par un examinateur extérieur au soin grâce à une vidéo, et le score à l'EN a été relevé par l'infirmière qui prodiguait le soin.

Il s'agit d'une étude en groupes croisés avec soit :

- Réalité virtuelle en 1^{er} temps et pas de réalité virtuelle en 2nd temps (groupe 1RV), n=18
- Pas de réalité virtuelle en 1^{er} temps et réalité virtuelle en 2nd temps (groupe 2RV), n=17

FLACC scale :

Dans le groupe avec réalité virtuelle en 1^{er} temps (1RV) :

Lors de la séquence avec RV, le score moyen à la FLACC était de 2,37 avec un ET = 2,65. Lors de la séquence sans RV, le score moyen était de 4,00 avec un ET = 2,74.

On obtient un IC95 en séquence RV de [1,05 – 3,69] et en séquence sans RV de [2,64 – 5,36]. La taille d'effet est de 1,63 avec un intervalle de confiance de [-0,20 – 3,46]. Il s'agit d'une différence non significative car l'IC chevauche le 0 mais le p est donné par les auteurs comme valant 0,002 donc d'après eux la diminution de douleur est **significative**.

Dans le groupe avec réalité virtuelle en 2nd temps (2RV) :

Lors de la séquence sans RV, le score moyen à la FLACC était de 2,50 avec un ET = 2,62. Lors de la séquence avec RV, le score moyen était de 2,61 avec un ET = 2,62.

On obtient un IC95 en séquence sans RV de [1,15 – 3,85] et en séquence RV de [1,26 – 3,96]. La taille d'effet est de -0,11 avec un intervalle de confiance de [-1,94 – 1,72]. La taille d'effet est négative car la douleur augmente avec la RV en 2nd temps, mais il s'agit d'une différence **non significative** car l'IC chevauche le 0 et $p=0,905$.

Au total (n=35) :

Avec RV, le score moyen à la FLACC est de 2,49 avec un ET = 2,60. Sans RV, le score moyen est de 3,25 avec un ET = 2,75.

Ce qui correspond à un IC95 avec RV de [1,60 – 3,38] et sans RV de [2,31 – 4,19].

La taille d'effet est de 0,76 avec un intervalle de confiance de [-0,52 – 2,04]. Il s'agit d'une différence non significative car l'IC chevauche le 0 mais le p est donné par les auteurs comme valant 0,026 donc d'après eux la diminution de douleur est **significative**.

Échelle numérique :

Dans le groupe avec réalité virtuelle en 1^{er} temps (1RV) :

Lors de la séquence avec RV, le score moyen à l'EN était de 1,79 avec un ET = 2,16. Lors de la séquence sans RV, le score moyen était de 2,79 avec un ET = 1,96.

On obtient un IC95 en séquence RV de [0,72 – 2,86] et en séquence sans RV de [1,82 – 3,76]. La taille d'effet est de 1 avec un intervalle de confiance de [-0,40 – 2,40]. La différence n'est pas significative car l'IC chevauche le 0 mais les auteurs donnent une valeur de $p=0,031$ et considèrent donc cette différence comme **significative**.

Dans le groupe avec réalité virtuelle en 2nd temps (2RV) :

Lors de la séquence sans RV, le score moyen à l'EN était de 0,74 avec un ET = 1,24. Lors de la séquence avec RV, le score moyen était de 1,00 avec un ET = 1,57.

On obtient un IC95 en séquence sans RV de [0,10 – 1,38] et en séquence RV de [0,19 – 1,81]. La taille d'effet est de -0,26 avec un intervalle de confiance de [-1,25 – 0,73]. Elle est négative car la douleur augmente en 2nde partie de traitement (avec RV) mais cette différence n'est pas significative car l'IC chevauche le 0 et $p=0,595$

Au total (n=35) :

Avec RV, le score moyen à l'EN est de 1,39 avec un ET = 1,90. Sans RV, le score moyen est de 1,71 avec un ET = 1,91.

Ce qui correspond à un IC95 avec RV de [0,74– 2,04] et sans RV de [1,05 – 2,37]. La taille d’effet est de 0,32 avec un intervalle de confiance de [-0,59 – 1,23]. La différence n’est **pas significative** car l’IC chevauche le 0 et $p=0,135$.

Ce tableau récapitule tous les résultats énoncés ci-dessus :

			FLACC Scale	Échelle numérique
Groupe avec réalité virtuelle en 1 ^{er} temps	Séquence 1 = avec RV	Moyenne (ET)	2,37 (2,65)	1,79 (2,16)
		IC95*	[1,05 – 3,69]	[0,72 – 2,86]
	Séquence 2 = sans RV	Moyenne (ET)	4,00 (2,74)	2,79 (1,96)
		IC95	[2,64 – 5,36]	[1,82 – 3,76]
	Différence entre les 2 séquences	Taille d’effet*	1,63	1
		IC95*	[-0,20 – 3,46]	[-0,40 – 2,40]
<i>p</i>		0,002	0,031	
Groupe avec réalité virtuelle en 2 nd temps	Séquence 1 = sans RV	Moyenne (ET)	2,50 (2,62)	0,74 (1,24)
		IC95*	[1,15 – 3,85]	[0,10 – 1,38]
	Séquence 2 = avec RV	Moyenne (ET)	2,61 (2,62)	1,00 (1,57)
		IC95*	[1,26 – 3,96]	[0,19 – 1,81]
	Différence entre les 2 séquences	Taille d’effet*	-0,11	-0,26
		IC95*	[-1,94 – 1,72]	[-1,25 – 0,73]
<i>p</i>		0,905	0,595	
Au total	Avec RV	Moyenne (ET)	2,49 (2,60)	1,39 (1,90)
		IC95*	[1,60 – 3,38]	[0,74– 2,04]
	Sans RV	Moyenne (ET)	3,25 (2,75)	1,71 (1,91)
		IC95*	[2,31 – 4,19]	[1,05 – 2,37]
	Différence inter-groupe	Taille d’effet*	0,76	0,32
		IC95*	[-0,52 – 2,04]	[-0,59 – 1,23]
<i>p</i>		0,026	0,135	

3.3.1.5. Étude numéro 5 : *Hoffman et al* [37]

Cette étude utilise l’échelle GRS pour évaluer en critère principal la pire intensité (dimension sensorielle) de la douleur, que les auteurs définissent comme la mesure la plus corrélée à l’interférence fonctionnelle, comptant le plus pour le patient, et mesurant le mieux l’effet thérapeutique.

Les dimensions cognitives et affectives sont également évaluées en critère secondaire mais je les détaillerai dans cette revue comme critère primaire pour rester dans la continuité de l’étude de *Schmitt et al* [33] qui utilise également l’échelle GRS pour décrire ces 3 dimensions.

Pire intensité de la douleur (dimension sensorielle) :

Au 1^{er} jour de l’étude, le score du groupe intervention est de 5,54 avec un ET = 3,56 alors que celui du groupe témoin est de 7,46 avec un ET = 2,93. Le *p* est donné comme < 0,05.

L’IC95 est de [4,07 – 7,01] pour le groupe intervention et il est de [6,25 – 8,67] pour le témoin. La taille d’effet est de 1,92 avec un IC de [0,07 – 3,77]. Il s’agit donc bien d’une différence **significative** car l’IC ne chevauche pas le 0.

Des scores de différence absolue ont été calculés dans cette étude, qui correspondent à la douleur de base à laquelle est soustraite la moyenne des pires scores de douleurs obtenus entre J1 et J10. Les scores moyens obtenus sont de 3,85 (ET = 2,20) pour le groupe intervention et de 2,20 (ET = 3,06) pour le groupe témoin. Le p est $< 0,05$.

Les IC95 sont [2,94 – 4,76] pour le groupe intervention et [0,94 – 3,46] pour le groupe témoin. La taille d'effet est de -1,65 avec un IC de [-3,17 – -0,13]. Il s'agit donc bien d'une différence **significative** car l'IC ne chevauche pas le 0. Il est normal que les données soient négatives car un score de différence absolue élevé indique une meilleure réduction de la douleur.

La mesure des scores de différence absolue signifie que le groupe intervention a continué de montrer des diminutions de douleurs significatives, bien qu'elles soient faibles, au-delà du 1^{er} jour d'étude.

Dimension cognitive de la douleur (temps à y penser) :

Le temps à penser à la douleur était 24% inférieur dans le groupe intervention, avec en moyenne un score de 4,88 (ET = 3,54) que dans le groupe contrôle qui avait un score moyen de 6,33 (ET = 4,26) mais cette différence n'est pas significative ($p=0,20$).

L'IC95 est de [3,42 – 6,34] pour le groupe intervention et [4,57 – 8,09] pour le groupe témoin. La taille d'effet vaut 1,45 avec IC = [-0,78 – 3,68] confirmant la différence **non significative**.

Dimension affective de la douleur (caractère désagréable) :

L'aspect désagréable de la douleur était 8% moindre dans le groupe intervention, avec un score moyen de 4,96 (ET = 3,97) que dans le groupe témoin qui avait un score moyen de 5,29 (ET = 3,59) mais cette différence n'est pas significative (pas de valeur de p).

L'IC95 est de [3,32 – 6,60] pour le groupe intervention et [3,81 – 6,77] pour le groupe témoin. La taille d'effet vaut 0,33 avec IC = [-1,83 – 2,48] confirmant la différence **non significative**.

Ce tableau récapitule les résultats cités précédemment :

		Dimension sensorielle de la douleur		Dimension cognitive de la douleur	Dimension affective de la douleur
		J1	Différence absolue (J1-J10)		
Groupe intervention	Moyenne (ET)	5,54 (3,56)	3,85 (2,20)	4,88 (3,54)	4,96 (3,97)
	IC95*	[4,07 – 7,01]	[2,94 – 4,76]	[3,42 – 6,34]	[3,32 – 6,60]
Groupe contrôle	Moyenne (ET)	7,46 (2,94)	2,20 (3,06)	6,33 (4,26)	5,29 (3,59)
	IC95*	[6,25 – 8,67]	[0,94 – 3,46]	[4,57 – 8,09]	[3,81 – 6,77]
Différence intergroupe	Taille d'effet*	1,92	-1,65	1,45	0,33
	IC95*	[0,07 – 3,77]	[-3,17 – -0,13]	[-0,78 – 3,68]	[-1,83 – 2,48]
	p	$< 0,05$	$< 0,05$	0,20	

Un tableau récapitulatif des résultats et des biais pour toutes les études est disponible en annexe (annexe 3).

3.3.2. Critères de jugement secondaire

3.3.2.1. Le gain d'amplitude :

Il n'est étudié que dans l'étude de *Schmitt et al* [33]. **Aucune** augmentation **significative** n'a été constaté ($p=0,21$) entre la condition intervention et la condition témoin, mais les auteurs ont observé une différence **significative** ($p=0,03$) entre les deux séquences de traitement, avec une augmentation de l'amplitude d'en moyenne $6,88^\circ$ lors de la deuxième séquence de traitement, peu importe l'ordre de traitement (que ce soit intervention en premier ou contrôle en premier).

3.3.2.2. La nausée :

Dans l'étude de *Schmitt et al* [33], elle n'est étudiée que dans la condition intervention. Au premier jour, 75% des participants rapportent une absence de nausée, et 84% rapportent la même chose pour les 4 jours suivants de l'étude. Les 16% restant ont signalés une nausée légère (9,3/100 en moyenne le 1^{er} jour, et moins de 4/100 les jours suivants).

Kipping et al [34] ne constatent aucune différence dans l'apparition de nausée entre le groupe intervention et le groupe contrôle, que ce soit au retrait ou à l'application du pansement. Mais ces résultats ne sont **pas statistiquement significatifs** ($p=0,27$ au retrait et $p=0,65$ à la pose).

Aucun effet secondaire n'a été reporté dans aucun des groupes de l'étude de *Khadra et al* [36].

Enfin, les auteurs *Hoffman et al* [37] ont mesuré des nausées liées à la réalité virtuelle très faible ($<1/10$).

3.3.2.3. La présence et/ou l'engagement dans l'environnement virtuel

Dans l'étude de *Schmitt et al* [33], le sentiment de présence était évalué en moyenne à 47,7/100 au premier jour d'étude et il a augmenté à chaque jour d'étude pour atteindre les 76/100 au dernier jour.

Jeffs et al [35] évaluent la corrélation entre l'engagement dans l'environnement virtuel, l'anxiété et la perception de la douleur. Les auteurs relèvent une association **significative** de l'engagement avec l'anxiété ($p=0,007$) et la douleur durant le soin ($p=0,045$), avec une corrélation négative, c'est-à-dire que lorsque le niveau d'anxiété ou de douleur augmentait, le sentiment d'engagement diminuait. L'anxiété représentait 39% de la variation de l'engagement en la réalité virtuelle alors que la douleur n'était responsable que de 6% de cette variation.

Les auteurs *Hoffman et al* [37] quant à eux notent que les sujets du groupe RV ont signalé une illusion « modérée » de présence dans l'environnement virtuel, et les objets virtuels semblaient également « modérément réels ».

3.3.2.4. Le temps de traitement et la satisfaction du personnel soignant

Kipping et al [34] observent un temps de traitement de 2 à 62 min pour le retrait avec une médiane de 8min pour les 2 groupes, et 2 à 58 min pour la pose du pansement avec une médiane de 10min dans le groupe intervention contre 12min dans le groupe contrôle, mais **aucune** différence n'était **significative** pour les 2 groupes ($p=0,51$ au retrait et $p=0,33$ à la pose).

L'étude de *Khadra et al* [36] étudie la satisfaction du personnel soignant et relate que 70% des soignants ont déclaré que la réalité virtuelle aidait à contrôler la douleur et 57,1% d'entre eux ont considéré qu'elle améliorerait la collaboration de l'enfant au soin. Selon 91,4% du personnel, la RV n'a pas interféré avec les soins et 94,3% d'entre eux l'utiliseraient à nouveau. 88,6% de l'équipe soignante a trouvé l'équipement de RV bien adapté à la salle d'hydrothérapie.

4. DISCUSSION

4.1. Analyse des principaux résultats

Pour rappel, 5 études ont été incluses dans cette revue afin d'évaluer l'efficacité de la réalité virtuelle dans la diminution de la douleur de l'enfant ou l'adolescent brûlé.

Toutes ces études ont comparé l'utilisation de la réalité virtuelle couplée à un traitement antalgique standard à l'utilisation d'un traitement antalgique standard seul. En raison des petites tailles d'échantillon, 2 études ont été menées en groupes croisés, c'est-à-dire que les sujets étaient leurs propres témoins.

Le critère de jugement principal était toujours la douleur, mais l'outil de mesure diffère selon les études, donc la réalisation d'un Forrest Plot est impossible.

3 études s'intéressent à la réalité virtuelle lors du changement de pansement :

- **Kipping et al** [34]
- **Jeffs et al** [35]
- **Hoffman et al** [37]

1 étude s'intéresse à la réalité virtuelle pendant une séance d'hydrothérapie, comprenant une séquence de mobilisation par un kinésithérapeute : **Khadra et al** [36]

1 étude s'intéresse à la séance de kinésithérapie en elle-même, visant à un gain d'amplitude : **Schmitt et al** [33]

2 études ne concernent que les adolescents : **Kipping et al** [34] et **Jeffs et al** [35], 1 ne s'intéresse qu'aux jeunes enfants (< 7 ans) : **Khadra et al** [36] et les 2 dernières s'intéressent aux 2 populations à la fois : **Schmitt et al** [33] et **Hoffman et al** [37].

3 études se sont intéressées à un seul jour d'intervention (**Kipping et al** [34], **Jeffs et al** [35] et **Khadra et al** [36]) alors que 2 ont essayé de réaliser plusieurs jours d'intervention : 5 jours pour **Schmitt et al** [33] et 10 jours pour **Hoffman et al** [37], mais aucun sujet n'a participé à tous les jours d'intervention dans aucune de ces 2 études.

Malgré ces différences, la mise en commun de ces 5 études est totalement justifiée par l'homogénéité de l'intervention étudiée et par celle de leur population, uniquement pédiatrique quoi qu'il en soit.

L'analyse des résultats, pour chacune des études, nous permet de savoir sur les différences observées après l'intervention de réalité virtuelle ont de fortes chances d'être dues au hasard ou non, grâce au p qui doit être inférieur à 0,05 pour que l'on puisse parler de résultat statistiquement significatif et que ce dernier n'ait que 5% de chance d'être dû au hasard et 95% de chance d'être dû à l'intervention elle-même.

L'intervalle de confiance (IC) est un indicateur qui permet de chiffrer la zone d'incertitude avec laquelle un résultat peut être extrapolé à une population.

La moyenne reflète l'effet moyen du traitement alors que l'écart type reflète la distribution de cet effet sur une population plus importante, c'est un indice de dispersion.

Un écart type faible donne un IC réduit, un échantillon de grande taille diminue également la taille de l'IC.

4.1.1. Résultats et critère de jugement principal : la douleur

L'analyse des articles va être réalisé comparativement selon l'outil de mesure de la douleur utilisé pour chacun d'entre eux.

Les articles de **Schmitt et al** [33] et de **Hoffman et al** [37] seront comparés car ils utilisent tous les 2 une échelle GRS et évaluent les 3 dimensions de la douleur (cognitive, affective et sensorielle). Les articles de **Kipping et al** [34] et de **Khadra et al** [36] seront comparés car ils emploient tous les 2 la FLACC Scale. L'article de **Jefferis et al** [35] qui est le seul à employer l'échelle APPT ne sera d'abord comparé à aucun autre article, il sera simplement analysé.

Enfin, une comparaison générale sera réalisée avec des conclusions globales pour les 5 études.

4.1.1.1. Selon une échelle GRS

Ces 2 études s'intéressent à plusieurs jours d'intervention, en plus d'avoir en commun le même outil de mesure.

D'abord, l'étude de **Schmitt et al** [33] donne des résultats **significatifs** ($p < 0,05$) pour la diminution de la douleur dans ses 3 composantes, avec une diminution majoritaire de la composante cognitive (44%), c'est-à-dire du temps passé à penser à la douleur, suivie d'une diminution de la douleur affective (32%) c'est-à-dire de son caractère désagréable et enfin d'une diminution de la douleur sensorielle (27%) soit de sa pire intensité.

La diminution reste **significative** sur les 4 jours suivants de l'étude ($p < 0,05$) mais avec un échantillon passé de $n=54$ au 1^{er} jour d'étude à $n=5$ au 5^{ème} jour d'étude.

Le critère de jugement principal étant la douleur au 1^{er} jour, les résultats de tous les participants ont été obtenus donc cela ne constitue pas un biais de suivi. Mais pour les jours suivants, on pourrait parler de biais de suivi étant donné que 49 sujets n'ont pas participé au jour 5, soit parce qu'ils ont dû changer de thérapie, soit parce qu'ils sont sortis de l'hôpital ou encore car ils ont dû subir une intervention chirurgicale.

Cette étude ne donne aucune donnée chiffrée mise à part les pourcentages de réduction des 3 dimensions de la douleur, nous n'avons pas les scores moyens détaillés de l'échelle GRS pour chaque dimension.

Cette étude est biaisée par l'absence d'aveuglement des sujets, des thérapeutes et de l'examineur mais aussi par le fait qu'il s'agit d'une étude en groupe croisé et par la diminution de l'échantillon à chaque jour d'étude.

De plus, il est mentionné que plusieurs modèles de casque de réalité virtuelle ont été utilisés, ce qui augmente la potentielle variance des résultats.

L'étude de **Hoffman et al** [37] obtient des différences **significatives** dans la diminution de la dimension sensorielle de la douleur, soit de sa pire intensité, avec $p < 0,05$ au 1^{er} jour de l'étude. La taille d'effet entre les groupes est de 1,92 et son intervalle de confiance ne chevauche pas la valeur 0. Lorsqu'un IC croise la variable 0, cela veut dire que la taille d'effet peut être aussi bien bénéfique que délétère. Ici, l'IC étant strictement au-delà du 0, cela signe une amélioration du critère de jugement étudié donc une diminution de la douleur, d'en moyenne 1,92 points à l'échelle GRS. Cependant, l'IC varie entre 0,07 et 3,77, il n'est pas extrêmement large mais pour certains patients, la douleur peut ne diminuer que de 0,07 point, il s'agit donc d'une faible amélioration, mais cette dernière peut aller jusqu'à 3,77 points.

La moyenne de douleur du groupe intervention est de 5,54/10 contre 7,46/10 dans le groupe témoin. Les écarts types sont de 3,56 dans le groupe intervention contre 2,93 dans le groupe témoin. Ainsi, on constate une meilleure diminution de la douleur chez le groupe intervention, mais avec une plus grande dispersion que dans le groupe contrôle.

D'après la mesure des scores de différence absolue, la réalité virtuelle a continué de montrer des effets positifs dans la diminution de la douleur après le 1^{er} jour de l'étude, malgré des différences plus faibles qu'au premier jour, et ces différences étaient statistiquement **significatives** avec un $p < 0,05$, une taille d'effet de -1,65 et un IC de [-3,17 – -0,13]. La taille d'effet négative témoigne ici d'une amélioration car plus le score de différence absolue est faible, plus la diminution de la douleur est importante.

En revanche, concernant les dimensions cognitives et affectives de la douleur, cette étude a observé une diminution de 24% de la dimension cognitive et de 8% de la dimension affective, mais ces différences n'étaient **pas statistiquement significatives** ($p > 0,05$).

Cette étude est également biaisée par l'absence d'aveuglement des sujets, thérapeutes et examinateurs, mais aussi par son petit échantillon. De plus, cet échantillon est difficilement généralisable à la population entière car la plupart des enfants venaient d'Amérique latine et parlaient espagnol, et il s'agissait exclusivement de grands brûlés avec des surfaces corporelles totales (SCT) brûlées très étendues, ce qui n'est pas représentatif des données épidémiologiques générales.

Aussi, l'environnement virtuel n'était pas accessible par un casque directement posé sur la tête des sujets mais par un trépied qui empêchait le contact physique entre le casque de réalité virtuelle et le patient afin de protéger d'éventuelles zones brûlées du visage et de ne pas exclure les enfants avec des brûlures au visage. Mais cela constitue un biais dans la présence de l'enfant dans l'environnement virtuel qui a été relevée comme « modérée » car il ne s'agissait pas d'un environnement totalement immersif.

Ainsi, lorsqu'on compare les 2 études, on obtient pour chacune d'elle une meilleure diminution de la douleur cognitive que de la douleur affective. Mais on obtient une meilleure diminution de la douleur sensorielle par rapport à la douleur cognitive dans l'étude **d'Hoffman et al** [37] alors qu'on observe l'inverse dans celle de **Schmitt et al** [33]. Pour ces 2 études, la douleur sensorielle diminue de façon **significative**.

4.1.1.2. Selon la FLACC Scale

Kipping et al [34] s'intéresse à la douleur lors du changement de pansement, au moment du retrait de l'ancien pansement et de la pose du nouveau. La FLACC Scale est remplie par l'infirmière qui réalise le soin.

Lors du retrait du pansement, on constate une amélioration du score moyen de 2,9/10 dans le groupe intervention contre 4,7/10 dans le groupe contrôle. La taille d'effet intergroupe est de 1,8 et son IC ne croise pas la variable 0. De plus, le p est égal à 0,02. Il y a donc seulement 2% de chance que la différence soit due au hasard, ce qui en fait un résultat statistiquement **significatif**, en accord avec l'IC de la taille d'effet qui ne croise pas le 0.

Cependant, lors de la pose du nouveau pansement, bien que l'équipe constate une diminution de la douleur, la différence n'est **pas significative** car $p = 0,23$ et l'IC de la taille d'effet croise la variable 0. Ainsi, toutes les valeurs en dessous de 0 dans cet IC signifie que l'intervention, la réalité virtuelle, peut avoir un effet délétère sur la douleur et augmenter celle-ci, avec potentiellement un moins bon score que dans le groupe contrôle.

Cette étude évalue également la douleur à l'EVA, une remplie par l'adolescent et une par un soignant extérieur au soin. Dans les 2 cas, pour le retrait comme pour la pose du nouveau pansement, **aucun résultat n'a été significatif** avec $p > 0,05$ et des IC croisant la variable 0. Pour le retrait du pansement, les 2 EVA montrent une diminution de la douleur, bien qu'elle ne soit pas significative. Pour la pose du pansement, l'EVA remplie par l'adolescent montre une diminution alors que celle remplie par le soignant montre une augmentation de la douleur dans le groupe intervention, ce qui donne donc une taille d'effet négative avec un IC variant de -2,78 à 1,98. Ainsi, la réalité virtuelle pouvait, selon l'évaluation subjective du soignant, faire augmenter la douleur de 2,78 points à l'EVA chez les patients équipés de réalité virtuelle.

Cette étude présente pour limite le non-aveuglement des patients et des thérapeutes, elle n'évalue que l'intensité de la douleur et ne la prend donc pas en compte dans sa nature multidimensionnelle et elle ne s'intéresse qu'à un seul changement de pansement, donc l'intervention n'est pas évaluée sur le long terme. Le fait que les scores diffèrent à l'hétéro-évaluation entre l'infirmière présente pendant le soin et le soignant absent lors du soin peut s'expliquer par la différence de l'outil de mesure mais aussi par le fait que l'infirmière peut connaître le patient et interpréter certaines de ses réactions par rapport à ses habitudes lors des soins précédents. De plus, l'anxiété n'est pas prise en compte ici et peut être interprétée comme des signes de douleur sur la FLACC scale.

Dans l'étude de **Khadra et al** [36], la FLACC scale est remplie par un examinateur extérieur au soin qui est l'hydrothérapie et qui comprend une partie mobilisation par un kinésithérapeute. Il s'agit d'une étude en groupes croisés où les sujets sont leurs propres témoins.

Lorsque la réalité virtuelle (RV) était appliquée en premier temps de traitement, le score moyen à la FLACC était de 2,37/10 lors de la séquence avec RV (séquence intervention) contre 4,00/10 lors de la séquence sans RV (séquence contrôle). La taille d'effet était de 1,63 avec un IC croisant la variable 0 donc considéré comme **non significatif** car pouvant amener un effet délétère, mais le p valant 0,002 les auteurs décrivent cette diminution comme **significative** dans leur article. Cette différence peut être due à une erreur de calcul de la part des auteurs, ou encore une erreur d'interprétation. Elle peut également être volontaire et constituer un « spin » c'est-à-dire une forme d'embellissement des résultats par les auteurs afin de prouver une amélioration car ils en constatent une lors du soin, bien qu'elle ne soit réellement pas significative.

Lorsque la RV était appliquée en second temps, le score moyen était de 2,50/10 lors de la séquence intervention contre 2,61/10 lors de la séquence contrôle, avec un $p=0,905$, une taille d'effet négative de -0,11 signifiant en moyenne un effet délétère de la RV et son IC croisait la variable 0. Il s'agit donc d'un résultat **non significatif** mais qui montre pour autant une absence de diminution de douleur lors de l'emploi de la RV.

Une synthèse de ces résultats a été réalisée en regroupant les 2 séquences RV et les 2 séquences sans RV de chacun des 2 temps du traitement et ont constaté une diminution de douleur dans le groupe avec RV dont le p valait 0,026 donc **significative** mais dont l'IC de la taille d'effet croisait la variable 0 signifiant donc une nouvelle fois un effet **non significatif**, pour les mêmes raisons qu'énoncé précédemment.

Les auteurs ont également relevé la douleur sur une échelle numérique par l'infirmière et les résultats étaient globalement identiques, avec une diminution de la douleur lorsque la RV était administrée en premier temps (significative selon le p des auteurs mais non significative selon l'IC de la taille d'effet calculé pour cette revue) mais une augmentation de celle-ci lorsqu'elle était administrée en second temps (non significative) et globalement lors de la synthèse, une diminution de la douleur avec RV mais non significative tant par le p que par l'IC.

Les différences entre les 2 ordres de séquences peuvent s'expliquer par le fait qu'une fois que l'enfant a eu mal lors de la première séquence de traitement sans RV, il peut être difficile de le distraire lors de la seconde séquence et cela peut biaiser le résultat.

Cette étude était limitée toujours par l'absence d'aveuglement, par le jeune âge des enfants qui ne permettait aucune auto-évaluation et l'utilisation d'échelle d'hétéro-évaluation suggère un biais de subjectivité de la part de l'équipe infirmière pour les mêmes raisons que l'étude de **Kipping et al** [34], l'âge des enfants et la francophonie rend également difficile la généralisation des résultats.

Ainsi, pour ces 2 études, **peu de résultats sont significatifs**. Cependant, une amélioration de la douleur paraît commune à ces 2 dernières, notamment lors des débuts de traitement qui semblent mieux tolérées par l'enfant, tant pour l'étude de **Kipping et al** [34] avec une amélioration significative lors du retrait du pansement, que pour l'étude de **Khadra et al** [36] avec des diminutions de douleur uniquement lorsque la RV était administrée en premier temps. Ces 2 études suggèrent cependant une difficulté dans l'hétéro-évaluation de la douleur qui est soumise à la subjectivité des évaluateurs.

4.1.1.3. Selon l'échelle APPT

Cette échelle est utilisée uniquement pour l'étude de **Jeffs et al** [35] qui est la seule à avoir comparé l'utilisation de la réalité virtuelle à la fois à l'absence de toute autre distraction mais aussi à la présence d'une autre distraction dite « passive » par film adapté aux adolescents.

Une diminution de la douleur a été constaté comparativement à la distraction passive comme à l'absence de distraction, mais celle-ci n'était **significative** que dans la différence avec la distraction passive, avec une diminution moyenne de 23,7mm sur l'échelle APPT, une taille d'effet de 1,25 et un $p=0,029$.

La douleur a été évaluée avant et pendant le traitement, et le groupe réalité virtuelle a été le seul groupe a rapporté une diminution de douleur entre avant et pendant la procédure.

Les limites de cette étude sont constituées par l'absence d'aveuglement mais aussi l'absence d'environnement totalement immersif, comme pour l'étude de **Hoffman et al** [37]. Les échantillons des 5 articles étaient déjà réduits, mais ici, le faible échantillon a en plus été divisé en 3 groupes constituant des groupes de 10 personnes maximum, avec 2 perdus de vue dans le groupe réalité virtuelle. De plus, l'effet a été relevé uniquement sur un jour de traitement et ne peut donc pas objectiver la durabilité de l'intervention sur ces soins.

4.1.1.4. Synthèse des 5 études

Ainsi, chaque étude rapporte au moins une diminution significative de la douleur à un moment donné du traitement, pour un outil de mesure donné.

Globalement, la réalité virtuelle semble être efficace dans la diminution de la douleur de l'enfant et de l'adolescent brûlé, mais l'hétérogénéité des différents résultats obtenus mène à plusieurs interrogations sur l'effet de ce traitement, ses limites et ses biais ainsi que les limites dans les études disponibles à ce jour, qui seront détaillées et analysées dans le reste de la discussion.

4.1.2. Résultats et critères de jugement secondaires

4.1.2.1. Le gain d'amplitude :

Schmitt et al [33] ne relèvent pas d'amélioration mais ce critère reste important à évaluer à long terme car il est possible que la diminution continue de la douleur, avec le maintien de la réalité virtuelle sur la durée, puisse engendrer de meilleurs résultats. Ces résultats pourraient également être améliorés par une augmentation de la volonté de participation de l'enfant au soin.

Cette hypothèse se confirme partiellement par le fait que l'amplitude de mouvement augmente de façon significative dans la deuxième séquence de traitement, possiblement en raison d'une meilleure tolérance à la douleur une fois que celle-ci s'est installée.

4.1.2.2. La nausée :

Globalement, toutes les études ayant exploré cet évènement indésirable ne rapportent que très peu, voire pas du tout de survenue de nausée.

Dans l'étude de *Schmitt et al* [33], le faible pourcentage de nausée observé ne peut pas être attribué spécifiquement à la réalité virtuelle, car ce critère n'a été évalué que dans la condition intervention et pas dans la condition contrôle. Ainsi, la nausée peut être due aux effets secondaires du traitement antalgique opiacé, aussi bien qu'à la réalité virtuelle.

Concernant *Hoffman et al* [37], la quasi-absence de nausée peut être due à l'absence de mouvement de la tête. En effet, il s'agissait de lunettes de réalité virtuelle maintenues par un bras robotisé car il fallait un système résistant à l'eau et les auteurs ont voulu éviter le contact physique entre les lunettes et le patient, afin de ne pas exclure les patients brûlés au visage.

4.1.2.3. La présence et/ou l'engagement dans l'environnement virtuel

Le sentiment de présence dans l'environnement induit par la réalité virtuelle était en moyenne modéré pour les 3 études ayant évalué ce critère.

L'étude de *Jeffs et al* [35] suggère que les patients ayant une tendance à l'anxiété peuvent être moins engagés dans la distraction en tant que méthode pour diminuer l'anxiété et la douleur durant un soin.

Celle d'*Hoffman et al* [37] quant à elle a permis aux patients d'interagir avec des objets du monde virtuel, grâce à une souris d'ordinateur, afin d'augmenter l'illusion de présence. Selon Slater et Wilbur [38], deux facteurs principaux contribuent à l'immersion au sein d'un système de réalité virtuelle : le champ de vision des lunettes de réalité virtuelle et l'interactivité avec ce système. Pour cette étude, le système de lunettes sur bras robotisé empêchait les mouvements de la tête et il n'offrait qu'un champ de vision diagonal de 90°, donc l'immersion était moindre.

4.1.2.4. Le temps de traitement et la satisfaction du personnel soignant

La réalité virtuelle n'a pas réduit le temps de traitement dans l'étude de *Kipping et al* [34].

En revanche, l'équipe de soin intervenant auprès des patients pour l'article de *Khadra et al* [36] était globalement très satisfaite de la technologie de distraction que représente la réalité virtuelle.

4.2. Applicabilité des résultats en pratique clinique

Cette section a pour but de contrebalancer les effets observés du traitement avec ses potentiels effets secondaires mais aussi son coût et autres contraintes diverses qu'il peut représenter, notamment pour les thérapeutes. Elle vise également à évaluer la pertinence clinique des résultats obtenus.

4.2.1. Applicabilité des résultats

La question est donc de se demander si les soins réalisés avec réalité virtuelle se sont pas trop contraignants par rapport aux bénéfices rapportés.

Tout d'abord, en termes de coût, il s'agit en effet d'un dispositif extrêmement onéreux. Aucune étude renseignant le prix exact n'a été trouvée mais il s'agit d'un dispositif de haute technologie connu sur le marché pour son prix élevé, en raison des importants dispositifs dont il a besoin pour fonctionner. Cet équipement doit donc être acquis par la clinique dispensant les soins pour que les enfants puissent en bénéficier. En France, le système de sécurité sociale et de mutuelles permet aux patients d'être remboursés au moins partiellement lors de leur hospitalisation, et aucun acte supplémentaire au sein d'une clinique ne peut être facturé à ce dernier. Cependant, cette situation ne se rencontre absolument pas dans tous les pays, et certaines études spécifient que les patients « n'avaient pas été remboursés » pour participer à ces essais cliniques, c'est notamment le cas pour l'étude de *Schmitt et al* [33].

Ensuite, il s'agit également d'un dispositif contraignant en termes d'encombrement et de disposition. En effet, les casques de réalité virtuelle, pour être totalement immersifs, doivent être placés directement sur la peau du visage du patient, et cela excluait donc les patients atteints de brûlures de la face, ou pour qu'ils soient inclus, il fallait un dispositif « à distance » qui rendait donc l'environnement non totalement immersifs. Cependant, l'étude de *Khadra et al* [36] a évalué la satisfaction du personnel soignant, et selon 91,4% d'entre eux, l'intervention n'a pas été interférée avec le soin et 85,7% ont déclaré que le dispositif était bien adapté au cadre de la salle d'hydrothérapie.

Pour finir, un des effets secondaires possible et le plus connu à la réalité virtuelle est la survenue de nausée, particulièrement pour les patients atteints de mal des transports (qui ont donc été exclus de l'étude lorsque celui-ci était trop sévère). Toutes les études incluses, à l'exception de celle de *Jeffs et al* [35], ont évalué la survenue de nausée ou plus globalement d'effet secondaire. Aucune n'a noté de différence entre les groupes intervention et témoin, ce qui pouvait laisser penser que si des nausées avaient lieu, elle pouvait être dues aux effets secondaires du traitement pharmacologique administré avant le soin, plutôt qu'à la réalité virtuelle.

Ainsi, en dehors de son coût important qui pourrait représenter un frein majeur à la mise en place de cette thérapeutique, en particulier dans les pays moins développés en termes de technologies mais aussi en termes de système de santé, la réalité virtuelle semble être applicable en pratique clinique lorsque les locaux le permettent.

4.2.2. Pertinence clinique des résultats

La MCID est la différence minimale cliniquement pertinente (ou Minimal Clinically Important Difference) décrite en 1989 par Jaeschke comme « la plus petite différence dans le score du domaine d'intérêt que les participants perçoivent comme bénéfique, et qui nécessiterait, en l'absence d'effet secondaire et coût, un changement dans leur prise en charge » [39].

Il s'agit d'une notion complexe car elle n'a pas de méthode de calcul précise et est donc soumise à la subjectivité de ses évaluateurs. Elle peut être donnée par les auteurs d'un article eux-mêmes ou il peut exister une « norme » pour un critère de jugement donné. Concernant cette revue, aucune MCID n'est énoncée dans aucun des articles, je ferai donc le choix de m'appuyer sur l'étude de Welsh et al [40] dans laquelle il est indiqué que les scores EVA attribués par les patients désignent une différence de 13mm (ou 1,3 cm) comme cliniquement pertinente, contre 18mm (ou 1,8cm) lorsqu'ils sont indiqués par les soignants. Ces scores sont également applicables à l'échelle numérique (EN).

Les études utilisant l'EVA ou l'EN sont celles de Kipping et al et de Khadra et al.

Pour celle de *Kipping et al* [34] qui utilise l'EVA, les tailles d'effet sont respectivement de 1,3 et de 1,47 pour le retrait et pour la pose du pansement lors de l'auto-évaluation par l'adolescent, et de 0,3 puis -0,4 lors de l'hétéro-évaluation pour le soignant.

Pour celle de *Khadra et al* [36] qui utilise l'EN en hétéro-évaluation uniquement, les tailles d'effet sont de 1 lorsque la RV est appliquée en 1^{er} temps, de -0,26 lorsqu'elle est appliquée en second temps et de 0,32 lors de la synthèse des 2 parties de traitement, évaluant séparément le soin avec réalité virtuelle et sans réalité virtuelle.

Ainsi, la différence dans l'auto-évaluation à l'EVA est considérée comme **cliniquement pertinente** (car supérieure à la MCID définie ci-dessus) bien que non significative, mais celle dans l'hétéro-évaluation, que ce soit à l'EVA ou à l'EN ne l'est pas. Cela permet de conclure sur la différence entre les *p* significatifs et les IC intergroupes non significatifs dans l'étude de *Khadra et al* [36], en effet, bien que certains résultats aient été désignés comme significatifs par les auteurs, les calculs d'IC montraient le contraire. Le fait que les résultats ne soient de plus pas cliniquement pertinent nous oriente sur une erreur des auteurs, volontaire ou non, dans l'interprétation de leurs résultats.

Plus d'essais cliniques, avec des plus grands échantillons et une plus longue durée de traitement, avec de nombreuses répétitions soit dans le nombre de changement de pansement, soit dans le nombre de séances de kinésithérapie, sont nécessaires pour apporter plus de preuves quant à l'efficacité de cette thérapeutique et à sa pertinence clinique. Des preuves supplémentaires pourraient également permettre à terme une diminution de la charge financière que ce dispositif représente aujourd'hui pour les établissements de santé.

4.3. Qualité des preuves

Toute revue de littérature doit s'intéresser à la qualité des preuves des études incluses dans celle-ci, dans le but d'évaluer de manière organisée la qualité des différents résultats obtenus. Nous utiliserons d'abord le système de recommandations de la HAS puis le système GRADE (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*).

Selon l'HAS [41], il existe 4 niveaux de preuves scientifiques, le niveau 1 étant le plus haut et le niveau 4 le plus bas. Ces niveaux dépendent du type d'étude réalisée, et sont ensuite classés dans des grades de recommandations A, B ou C.

Les 5 études incluses comportant chacune au moins le biais de performance et le biais de détection, et la taille d'échantillon la plus élevée étant de 54 individus (des échantillons de petite taille), elles correspondent donc toutes à des « **essais comparatifs randomisés de faible puissance** », ce qui correspond à un **niveau de preuve scientifique égal à 2** et donc au **grade B** de « **présomption scientifique** » selon l'HAS (Haute Autorité de Santé) [41] (*tableau 10*).

De plus, 2 études sont des essais randomisés en groupes croisés, les sujets étant leurs propres témoins, il est souvent impossible de calculer les intervalles de confiance, et quand cela est possible (*Khadra et al* [36]), les IC obtenus ne correspondent pas toujours avec les valeurs de p trouvées par les auteurs.

Grade de recommandation	Type	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
A : preuve scientifique établie	<ul style="list-style-type: none"> - Essais comparatifs randomisés de forte puissance - Méta analyse d'essais comparatifs randomisés - Analyse de décision fondée sur des études bien menées 	1
B : présomption scientifique	<ul style="list-style-type: none"> - Essais comparatifs randomisés de faible puissance - Études comparatives non randomisées bien menées - Études de cohortes 	2
C : faible niveau de preuve scientifique	Études cas témoins	3
	<ul style="list-style-type: none"> - Études comparatives comportant des biais importants - Études rétrospectives - Séries de cas - Études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale) 	4

Tableau 10 : grades de recommandation des revues de littérature (HAS), [41]

Selon l'HAS, pour une recommandation de grade B, « il existe des preuves de qualité correcte (essais randomisés (B1) ou études prospectives ou rétrospectives (B2)) avec des résultats dans l'ensemble cohérents. Des nouvelles données peuvent avoir un impact sur la confiance dans l'estimation de l'effet, et peuvent changer l'estimation »[41].

Ensuite, le **système GRADE** qui comporte 4 niveaux de preuves pour les revues de littérature [41] va également être utilisé :

Niveau de qualité	Définition du niveau de preuve
Élevé	Grande confiance en la proximité entre l'effet réel et l'effet estimé
Modéré	Confiance modérée dans l'estimation de l'effet : l'effet réel est susceptible d'être proche de l'estimation de l'effet, mais il est possible qu'il soit sensiblement différent
Faible	Confiance limitée dans l'estimation de l'effet : l'effet réel peut être substantiellement différent de l'estimation de l'effet
Très faible	Très faible confiance dans l'estimation de l'effet : l'effet réel est probablement substantiellement différent de l'estimation de l'effet

Tableau 11 : niveaux de preuves selon le système GRADE [42].

Selon le type d'étude, le score de départ est différent. Pour un essai contrôlé randomisé, le score de départ est de 4/4 car il s'agit d'un haut niveau de preuve. Puis, selon la méthodologie des études incluses, le score peut diminuer s'il existe des biais, une imprécision, une hétérogénéité des résultats, des mesures indirectes et un biais de publication probable.

Lorsqu'il s'agit d'une étude observationnelle, le score de départ est de 2/4, il peut diminuer selon les mêmes critères que pour les RCT mais il peut également augmenter selon d'autres critères. Ces critères sont détaillés dans le tableau 12.

FACTEURS		DESCRIPTION DU FACTEUR	NIVEAU DE QUALITE
Type d'études		Essais contrôlés randomisés	Élevé
		Études observationnelles	Faible
Facteurs qui peuvent diminuer le niveau de qualité des données scientifiques provenant d'études observationnelles et d'essais contrôlés randomisés	Risque de biais	Sérieux	-1
		Très sérieux	-2
	Hétérogénéité des résultats	Importante	-1
		Très importante	-2
	Caractère direct des données	Incertitude	-1
		Incertitude majeure	-2
	Imprécision	Sérieuse	-1
		Très sérieuse	-2
	Biais de publication	Probable	-1
		Très probable	-2
Facteurs qui peuvent augmenter le niveau de qualité des données scientifiques provenant des études observationnelles	Force de l'association	Données scientifiques solides d'une association	+1
		Données scientifiques très solides d'une association	+2
	Données d'un gradient dose-réponse		+1
	Présence de facteurs de confusion plausible	Qui auraient réduit l'effet observé	+1
		Qui auraient fait s'attendre à un effet alors que les résultats ne montrent aucun effet	+1

Tableau 12 : modèle de cotation pour le système GRADE [41]

Dans cette revue, il s'agit d'essais contrôlés randomisés donc le score initial est de 4. Cependant, elle comprend un sérieux risque de biais (-1), ses résultats sont plutôt homogènes, les données sont notées sans incertitude, mais il y a quelques imprécisions (-1), sans biais de publication.

Cela ramène donc à un score final de 2/4 correspondant à un niveau de preuve estimé comme « faible » selon le système GRADE.

4.4. Biais potentiels de la revue

L'évaluation des biais potentiels d'une revue de littérature peut s'estimer avec la grille AMSTAR 2 (*A Measurement Tool to Assess the Methodological quality of systematic reviews*) [43]. Il s'agit d'un outil de mesure créé en 2007 pour l'évaluation des revues systématiques qui consiste en 16 questions, dont 10 sont tirées de la version originale d'AMSTAR. Chaque question offre les options de réponses suivantes : Oui, Oui partiel ou Non [44].

Les 16 questions seront détaillées en annexe (annexe 5), elles permettent de mettre en évidence d'éventuels biais et limites en posant des critères fondamentaux dans la réalisation de la revue de littérature, tant au niveau de la méthodologie de celle-ci que de l'analyse de ses résultats.

La réalisation de cette revue présente plusieurs limites potentielles.

Tout d'abord, la recherche d'études n'a été réalisée que sur 4 bases de données et sur le moteur de recherche Google Scholar, ce qui constitue un faible nombre de ressources en rapport avec toutes les bases de données disponibles dans le monde, mais celles utilisées étaient les plus accessibles et simple d'accès. Seuls 5 essais cliniques randomisés ont été retenus, avec des petits échantillons, ramenant la population entière de cette revue à 210 participants ce qui rend difficile la généralisation des résultats à l'ensemble de la population pédiatrique brûlée dans le monde.

Les populations étaient de plus similaires au début de l'étude au niveau des données ethniques et du critère de jugement principal au sein de chaque étude, mais entre les études, les populations étaient parfois différentes notamment avec certaines études n'incluant que des adolescents et d'autres que des enfants, et avec des surfaces corporelles totales brûlées extrêmement variables, pouvant aller de moins d'1% à 86%, ce qui rend l'analyse et l'interprétation des résultats plus délicate.

Les durées de traitement étaient également différentes entre les études.

Il serait donc intéressant d'inclure de nouveaux essais contrôlés randomisés dans ce type de revue de littérature, lorsque ceux-ci seront réalisés bien-sûr, avec des populations plus étendues et des durées de traitement plus étendues, permettant d'évaluer à long terme l'efficacité de l'intervention thérapeutique. Il faudrait, de plus, mettre en œuvre des protocoles plus rigoureux avec l'utilisation d'un même équipement de réalité virtuelle totalement immersif pour chaque enfant, la présence de personnel soignant totalement inconnu aux patients ainsi que des examinateurs extérieurs au soin.

Cette revue a été construite par un seul auteur, or la présence d'au moins un auteur supplémentaire suggère une meilleure qualité de recherche et de rédaction, avec une méthodologie plus rigoureuse et une interprétation des résultats moins subjective, diminuant ainsi le risque de biais.

Cette revue n'a nécessité aucune source de financement et l'auteur ne déclare aucun conflit d'intérêt.

5. CONCLUSION

5.1. Implication pour la pratique clinique

L'objectif de cette revue de littérature était de faire un compte rendu des données scientifiques à disposition à l'heure actuelle, en ce qui concerne l'efficacité de la réalité virtuelle pour diminuer la douleur chez les enfants et adolescents brûlés.

Ainsi, dans les 5 études incluses, la réalité virtuelle est responsable d'une diminution de la douleur dans au moins un de ses paramètres, le plus souvent étudié étant son intensité. A l'exception d'une étude, chacune a prouvé qu'au moins une de ces diminutions était statistiquement significative et qu'elle avait peu de chance d'être liée au hasard.

La réalité virtuelle est une invention récente et dont tous les mécanismes et effets sur le cerveau ne sont pas encore connus, mais elle semble avoir un fort pouvoir de distraction pouvant permettre de réduire la perception de la douleur chez les patients qui en sont équipés, notamment dans la population pédiatrique pour qui la distraction est essentielle lors de soins douloureux, comme le changement de pansement sur peau brûlée ou encore le gain d'amplitude des brûlures au niveau de zones articulaires.

Dans cette revue, seuls 2 articles s'intéressent à la kinésithérapie et au gain d'amplitude, alors que les 3 autres ne s'intéressent qu'au changement de pansement. Ces articles ont tout de même été inclus à la revue afin de permettre une estimation de ce que pourrait représenter l'application d'une telle thérapie lors de séance de kinésithérapie. De plus, le kinésithérapeute est souvent présent au premier changement de pansement même s'il n'y participe pas, car cela lui permet d'avoir un regard sur l'étendue, la zone et la profondeur des brûlures, ainsi que d'appréhender les futures réactions de l'enfant lors des séances de mobilisation.

Ainsi, la réalité virtuelle peut représenter un atout pour la diminution de la douleur dans cette population. Elle apparaît comme une ressource supplémentaire dans la gestion de cette dernière et semble intéressante à développer sur le long terme pour une meilleure adaptation de l'enfant.

5.2. Implication pour la recherche

Les résultats observés dans ce travail semblent donc en faveur de l'utilisation de la réalité virtuelle pour les enfants brûlés.

Cependant, la présence de certains biais met en évidence un manque d'information à ce sujet mais surtout un manque de preuves scientifiques.

C'est pourquoi, par la présente revue, l'auteur espère voir se développer de nouvelles études sur ce sujet, afin de pouvoir conclure sur la réelle efficacité ou non de cette intervention. Il serait également intéressant que de nouveaux articles étudient spécifiquement la douleur lors de la séance de kinésithérapie, et non uniquement lors du changement de pansement.

La réalisation de nouvelles études permettrait également d'agrandir les échantillons de population et donc la généralisation des résultats serait plus évidente.

La kinésithérapie est une science en perpétuelle évolution, c'est pourquoi les praticiens se doivent d'avoir recours à toutes les ressources à leur disposition, si celles-ci ont prouvé leur efficacité bien sûr. Ainsi, afin de généraliser l'utilisation de la réalité virtuelle, des preuves supplémentaires apparaissent comme nécessaires, au vu de la complexité et du prix de ce dispositif.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Instruction relative au service d'aide à l'orientation pour la prise en charge des patients brûlés, Ministère des affaires sociales et de la santé, Direction générale de l'offre de soin (DGOS). Bulletin Officiel, Santé Protection Sociale et Solidarité, N° 2016/7 2016:1 à 3. https://solidarites-sante.gouv.fr/fichiers/bo/2016/16-07/ste_20160007_0000_0088.pdf.
- [2] Paget L-M, Thélot B. Les victimes de brûlures hospitalisées en France métropolitaine en 2014 et évolution depuis 2009. Santé Publique France 2018:1 à 12. <https://www.santepubliquefrance.fr>.
- [3] Laverdet B, Desmoulière A, Girard D. Physiologie de la peau, réparation cutanée et réaction stromale. Actualités Pharmaceutiques, Elsevier Masson 2018;57:20–3.
- [4] Wong R, Geyer S, Weninger W, Guimberteau JC, Wong JK. The dynamic anatomy and patterning of skin. Experimental Dermatology 2016;25:92–8. <https://doi.org/10.1111/exd.12832>.
- [5] Dréno B. Anatomie et physiologie de la peau et de ses annexes. Annales de Dermatologie et de Vénérologie 2009;136:S247–51. [https://doi.org/10.1016/s0151-9638\(09\)72527-x](https://doi.org/10.1016/s0151-9638(09)72527-x).
- [6] Cretin M. La prise en charge kinésithérapique de l'enfant grand brûlé : du bilan au traitement. Kinésithérapie Scientifique 2015;562:13–20.
- [7] Alran S, Celie F, Chapron O, Miquel O, Tournemine M, Weiss G, et al. Prise en charge de l'enfant brûlé. Kinésithérapie Scientifique 2014;558:37–43.
- [8] Bourgeois E, Losser M-R. Chapitre 72 : Brûlures graves. Conférences Urgences 2012 2012;72:557–64. https://sofia.medicalistes.fr/spip/IMG/pdf/Brulures_graves.pdf.
- [9] Pasquereau A, Thélot B. Épidémiologie des hospitalisations pour brûlures à partir du PMSI : résultats 2012 et perspectives. Département Des Maladies Chroniques et Traumatismes, Institut de Veille Sanitaire, Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique 2015:S28.
- [10] Legrand M, Barraud D, Constant I, Devauchelle P, Donat N, Fontaine M, et al. Recommandations de Pratique Professionnelles, Prise en charge du brûlé grave à la phase aiguë chez l'adulte et l'enfant. Société Française d'Anesthésie et Réanimation (SFAR) 2019:1 à 39.
- [11] Plancq MC, Goffinet L, Duquennoy-Martinot V. Spécificités de la brûlure chez l'enfant. Annales de Chirurgie Plastique Esthétique, Elsevier Masson 2016;61:18–9.
- [12] Barrow RE, Jeschke MG, Herndon DN. Early fluid resuscitation improves outcomes in severely burned children. Resuscitation 2000;45:91–6. [https://doi.org/10.1016/S0300-9572\(00\)00175-1](https://doi.org/10.1016/S0300-9572(00)00175-1).
- [13] Bertin Maghit M, Castède J, Chiotassio D, Galinier P, Conti E, Cassier S, et al. Revue Française de Brûlologie - Brûlures Vol. XIV, n°3 - Septembre 2013. Société Française d'Etude et de Traitement Des Brulures (SFETB) n.d.:101–15.
- [14] Schwerin DL, Mohny S. EMS Pain Assessment and Management. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL); 2020.
- [15] Richard P, Bach C, Constant I. Prise en charge de la douleur chez les enfants brûlés. Archives de Pédiatrie, Elsevier Masson 2010;17:879–80. [https://doi.org/10.1016/S0929-693X\(10\)70158-5](https://doi.org/10.1016/S0929-693X(10)70158-5).
- [16] Baux S, Chaouat M, Donat N, Bargues L, Monello F, Ravat F, et al. Revue Française de Brûlologie - Brûlures Vol. XII, n°3 - Septembre 2011. Société Française d'Etude et de Traitement Des Brulures (SFETB) n.d.:96.
- [17] Taddio A, O'Brien L, Ipp M, Stephens D, Goldbach M, Koren G. Reliability and validity of observer ratings of pain using the visual analog scale (VAS) in infants undergoing immunization injections. Pain 2009;147:141–6. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2009.08.027>.

- [18] HAS. Listes des échelles acceptées pour mesurer la douleur 2019;3. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2019-02/liste_echelles_douleur_2019.pdf.
- [19] Pediadol. Pediadol EVA n.d. <https://pediadol.org/eva-echelle-visuelle-analogique/>.
- [20] Hicks CL, von Baeyer CL, Spafford PA, van Korlaar I, Goodenough B. The Faces Pain Scale - Revised: Toward a common metric in pediatric pain measurement. *Pain* 2001;93:173–83. [https://doi.org/10.1016/S0304-3959\(01\)00314-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3959(01)00314-1).
- [21] Merkel SI, Voepel-Lewis T, Shayevitz JR, Malviya S. The FLACC: a behavioral scale for scoring postoperative pain in young children. *Pediatric Nursing* 1997;23:293–7.
- [22] Jacob E, Mack AK, Savedra M, van Cleve L, Wilkie DJ. Adolescent pediatric pain tool for multidimensional measurement of pain in children and adolescents. *Pain Management Nursing* 2014;15:694–706. <https://doi.org/10.1016/j.pmn.2013.03.002>.
- [23] Sagnier C, Loup-Escande E, Valléry G. Technology Acceptance of Virtual Reality : a review. Presses Universitaires de France, “Le Travail Humain” 2019;82:183 à 212.
- [24] Fazilleau S. Développement d’un outil de quantification et de rééducation de la négligence spatiale unilatérale par adaptation prismatique en réalité virtuelle immersive. 2019.
- [25] Gupta A, Scott K, Dukewich M. Innovative technology using virtual reality in the treatment of pain: Does it reduce pain via distraction, or is there more to it? *Pain Medicine (United States)* 2018;19:151–9. <https://doi.org/10.1093/pm/pnx109>.
- [26] Arane K, Behboudi A, Goldman R. Virtual reality for pain and anxiety management in children. *Canadian Family Physician* 2017;63:932–4.
- [27] Hoffman HG, Richards TL, van Oostrom T, Coda BA, Jensen MP, Blough DK, et al. The analgesic effects of opioids and immersive virtual reality distraction: Evidence from subjective and functional brain imaging assessments. *Anesthesia and Analgesia* 2007;105:1776–83. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000270205.45146.db>.
- [28] Humamium. Convention internationale relative aux droits de l’enfant. 1989.
- [29] Verhagen AP et al. Echelle PEDro, VF 2010. <https://pedro.org.au/french/resources/pedro-scale/>.
- [30] Das DA, Grimmer KA, Sparnon AL, McRae SE, Thomas BH. The efficacy of playing a virtual reality game in modulating pain for children with acute burn injuries: A randomized controlled trial. *BMC Pediatrics* 2005;5:1–10. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-5-1>.
- [31] Sharar SR, Carrougher GJ, Nakamura D, Hoffman HG, Blough DK, Patterson DR. Factors Influencing the Efficacy of Virtual Reality Distraction Analgesia During Postburn Physical Therapy: Preliminary Results from 3 Ongoing Studies. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2007;88:2007. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.09.004>.
- [32] Soltani M, Drever SA, Hoffman HG, Sharar SR, Wiechman SA, Jensen MP, et al. Virtual Reality Analgesia for Burn Joint Flexibility: A Randomized Controlled Trial. *Physiology & Behavior* 2018;176:139–48. <https://doi.org/10.1117/12.2549369.Hyperspectral>.
- [33] Schmitt YS, Hoffman HG, Blough DK, Patterson DR, Jensen MP, Soltani M, et al. A randomized, controlled trial of immersive virtual reality analgesia, during physical therapy for pediatric burns. *Burns* 2011;37:61–8. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2010.07.007>.
- [34] Kipping B, Rodger S, Miller K, Kimble RM. Virtual reality for acute pain reduction in adolescents undergoing burn wound care: A prospective randomized controlled trial. *Burns* 2012;38:650–7. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2011.11.010>.
- [35] Jeffs D, Dorman D, Brown S, Files A, Graves T, Kirk E, et al. Effect of virtual reality on adolescent pain during burn wound care. *Journal of Burn Care and Research* 2014;35:395–408. <https://doi.org/10.1097/BCR.0000000000000019>.

- [36] Khadra C, Ballard A, Paquin D, Cotes-Turpin C, Hoffman HG, Perreault I, et al. Effects of a projector-based hybrid virtual reality on pain in young children with burn injuries during hydrotherapy sessions: A within-subject randomized crossover trial. *Burns* 2020. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2020.04.006>.
- [37] Hoffman HG, Patterson DR, Rodriguez RA, Peña R, Beck W, Meyer WJ. Virtual Reality Analgesia for Children With Large Severe Burn Wounds During Burn Wound Debridement. *Frontiers in Virtual Reality* 2020;1:1–11. <https://doi.org/10.3389/frvir.2020.602299>.
- [38] Slater M, Wilbur S. A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 1997;6:603–16. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>.
- [39] Crosby RD, Kolotkin RL, Williams GR. Defining clinically meaningful change in health-related quality of life. *Journal of Clinical Epidemiology* 2003;56:395–407. [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(03\)00044-1](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(03)00044-1).
- [40] Welsh JT. Assessing Pain in the ED Including the Use of Pain Scales (Such as OSBD, FLACC, VRS, NRS, CRS, and Oucher). *Current Emergency and Hospital Medicine Reports* 2016;4:19–25. <https://doi.org/10.1007/s40138-016-0091-4>.
- [41] HAS. Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique 2013. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf.
- [42] Balshem H, Helfand M, Schünemann HJ, Oxman AD, Kunz R, Brozek J, et al. GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *Journal of Clinical Epidemiology* 2011;64:401–6. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.07.015>.
- [43] Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: A critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ (Online)* 2017;358:1–9. <https://doi.org/10.1136/bmj.j4008>.
- [44] Tao H, Yang L, Ping A, Quan L, Yang X, Zhang Y, et al. Interpretation of AMSTAR 2: A critical appraisal tool for systematic reviews that include randomized or non-randomized studies of healthcare interventions. *Chinese Journal of Evidence-Based Medicine* 2018;18:101–8. <https://doi.org/10.7507/1672-2531.201711005>.

ANNEXES

ANNEXE 1 : ECHELLE PEDro VERSION FRANCAISE

ANNEXE 2 : CARACTERISTIQUES DES ETUDES INCLUSES

ANNEXE 3 : RESULTATS DU CRITERE DE JUGEMENT PRINCIPAL ET BIAIS DES ETUDES INCLUSES

ANNEXE 4 : GRAPHIQUES DES RESULTATS DE L'ETUDE DE SCHMITT ET AL [33]

ANNEXE 5 : GRILLE AMSTAR 2

ANNEXE 1 : ECHELLE PEDro VERSION FRANCAISE

1. les critères d'éligibilité ont été précisés non oui où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement) non oui où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète non oui où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants non oui où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle" non oui où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle" non oui où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels non oui où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes non oui où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter" non oui où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels non oui où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité non oui où:

L'échelle PEDro est basée sur la liste Delphi développée par Verhagen et ses collègues au département d'épidémiologie de l'Université de Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). Cette liste est basée sur un "consensus d'experts" et non, pour la majeure partie, sur des données empiriques. Deux items supplémentaires à la liste Delphi (critères 8 et 10 de l'échelle PEDro) ont été inclus dans l'échelle PEDro. Si plus de données empiriques apparaissent, il deviendra éventuellement possible de pondérer certains critères de manière à ce que le score de PEDro reflète l'importance de chacun des items.

L'objectif de l'échelle PEDro est d'aider l'utilisateur de la base de données PEDro à rapidement identifier quels sont les essais cliniques réellement ou potentiellement randomisés indexés dans PEDro (c'est-à-dire les essais contrôlés randomisés et les essais cliniques contrôlés, sans précision) qui sont susceptibles d'avoir une bonne validité interne (critères 2 à 9), et peuvent avoir suffisamment d'informations statistiques pour rendre leurs résultats interprétables (critères 10 à 11). Un critère supplémentaire (critère 1) qui est relatif à la validité "externe" (c'est "la généralisabilité" de l'essai ou son "applicabilité") a été retenu dans l'échelle PEDro pour prendre en compte toute la liste Delphi, mais ce critère n'est pas comptabilisé pour calculer le score PEDro cité sur le site Internet de PEDro.

L'échelle PEDro ne doit pas être utilisée pour mesurer la "validité" des conclusions d'une étude. En particulier, nous mettons en garde les utilisateurs de l'échelle PEDro sur le fait que les études qui montrent des effets significatifs du traitement et qui ont un score élevé sur l'échelle PEDro, ne signifie pas nécessairement que le traitement est cliniquement utile. Il faut considérer aussi si la taille de l'effet du traitement est suffisamment grande pour que cela vaille la peine cliniquement d'appliquer le traitement. De même, il faut évaluer si le rapport entre les effets positifs du traitement et ses effets négatifs est favorable. Enfin, la dimension coût/efficacité du traitement est à prendre compte pour effectuer un choix. L'échelle ne devrait pas être utilisée pour comparer la "qualité" des essais réalisés dans différents domaines de la physiothérapie, essentiellement parce qu'il n'est pas possible de satisfaire à tous les items de cette échelle dans certains domaines de la pratique kinésithérapique.

Dernière modification le 21 juin 1999. Traduction française le 1 juillet 2010

Précisions pour l'utilisation de l'échelle PEDro:

- Tous les critères **Les points sont attribués uniquement si le critère est clairement respecté.** Si, lors de la lecture de l'étude, on ne retrouve pas le critère explicitement rédigé, le point ne doit pas être attribué à ce critère.
- Critère 1 Ce critère est respecté si l'article décrit la source de recrutement des sujets et une liste de critères utilisée pour déterminer qui était éligible pour participer à l'étude.
- Critère 2 Une étude est considérée avoir utilisé une *répartition aléatoire* si l'article mentionne que la répartition entre les groupes a été faite au hasard. La méthode précise de répartition aléatoire n'a pas lieu d'être détaillée. Des procédures comme pile ou face ou le lancé de dés sont considérées comme des méthodes de répartition aléatoire. Les procédures quasi-aléatoires, telles que la répartition selon le numéro de dossier hospitalier ou la date de naissance, ou le fait de répartir alternativement les sujets dans les groupes, ne remplissent pas le critère.
- Critère 3 Une *assignation secrète* signifie que la personne qui a déterminé si un sujet répondait aux critères d'inclusion de l'étude ne devait pas, lorsque cette décision a été prise, savoir dans quel groupe le sujet serait admis. Un point est attribué pour ce critère, même s'il n'est pas précisé que l'assignation est secrète, lorsque l'article mentionne que la répartition a été réalisée par enveloppes opaques cachetées ou que la répartition a été réalisée par table de tirage au sort en contactant une personne à distance.
- Critère 4 Au minimum, lors d'études concernant des interventions thérapeutiques, l'article doit décrire au moins une mesure de la gravité de l'affection traitée et au moins une mesure (différente) sur l'un des critères de jugement essentiels en début d'étude. L'évaluateur de l'article doit s'assurer que les résultats des groupes n'ont pas de raison de différer de manière cliniquement significative du seul fait des différences observées au début de l'étude sur les variables pronostiques. Ce critère est respecté, même si les données au début de l'étude ne sont présentées que pour les sujets qui ont terminé l'étude.
- Critères 4, 7-11 Les *critères de jugement* essentiels sont ceux dont les résultats fournissent la principale mesure de l'efficacité (ou du manque d'efficacité) du traitement. Dans la plupart des études, plus d'une variable est utilisée pour mesurer les résultats.
- Critères 5-7 Être "*en aveugle*" signifie que la personne en question (sujet, thérapeute ou évaluateur) ne savait pas dans quel groupe le sujet avait été réparti. De plus, les sujets et les thérapeutes sont considérés être "en aveugle" uniquement s'il peut être attendu qu'ils ne sont pas à même de faire la distinction entre les traitements appliqués aux différents groupes. Dans les essais dans lesquels les critères de jugement essentiels sont autoévalués par le sujet (ex. échelle visuelle analogique, recueil journalier de la douleur), l'évaluateur est considéré être "en aveugle" si le sujet l'est aussi.
- Critère 8 Ce critère est respecté uniquement si l'article mentionne explicitement *à la fois* le nombre de sujets initialement répartis dans les groupes *et* le nombre de sujets auprès de qui les mesures ont été obtenues pour les critères de jugement essentiels. Pour les essais dans lesquels les résultats sont mesurés à plusieurs reprises dans le temps, un critère de jugement essentiel doit avoir été mesuré pour plus de 85% des sujets à l'une de ces reprises.
- Critère 9 Une *analyse en intention* de traiter signifie que, lorsque les sujets n'ont pas reçu le traitement (ou n'ont pas suivi l'intervention contrôle) qui leur avait été attribué, et lorsque leurs résultats sont disponibles, l'analyse est effectuée comme si les sujets avaient reçu le traitement (ou avaient suivi l'intervention contrôle) comme attribué. Ce critère est respecté, même sans mention d'une analyse en intention de traiter si l'article mentionne explicitement que tous les sujets ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle comme attribué.
- Critère 10 Une comparaison statistique *intergroupe* implique une comparaison statistique d'un groupe par rapport à un autre. Selon le plan expérimental de l'étude, cela peut impliquer la comparaison de deux traitements ou plus, ou la comparaison d'un traitement avec une intervention contrôle. L'analyse peut être une simple comparaison des résultats mesurés après administration des traitements, ou une comparaison du changement dans un groupe au changement dans un autre (quand une analyse factorielle de variance a été utilisée pour analyser les données, ceci est souvent indiqué sous la forme d'une interaction groupe x temps). La comparaison peut prendre la forme d'un test sous hypothèses (qui produit une valeur "p", décrivant la probabilité que les groupes diffèrent uniquement du fait du hasard) ou prendre la forme d'une estimation (par exemple: différence de moyennes ou de médianes, différence entre proportions, nombre nécessaire de sujets à traiter, risque relatif ou rapport de risque instantané dit "hazard ratio") et de son intervalle de confiance.
- Critère 11 Une *estimation de l'effet* est une mesure de la taille de l'effet du traitement. L'effet du traitement peut être décrit soit par une différence entre les groupes, soit par le résultat au sein (de chacun) de tous les groupes. Les *estimations de la variabilité* incluent les écarts-types, les erreurs standards, les intervalles de confiance, les intervalles interquartiles (ou autres quantiles) et les étendues. Les estimations de l'effet et/ou de la variabilité peuvent être fournies sous forme graphique (par exemple, les écarts-types peuvent être représentés sous forme de barres d'erreurs dans une figure) à la condition expresse que le graphique soit clairement légendé (par exemple, qu'il soit explicite que ces barres d'erreurs représentent des écarts-type ou des erreurs-standard). S'il s'agit de résultats classés par catégories, ce critère est considéré respecté si le nombre de sujets de chaque catégorie est précisé pour chacun des groupes.

ANNEXE 2 : CARACTERISTIQUES DES ETUDES INCLUSES

	Année	Type d'étude	Taille échantillon	Age (moyenne)	Sex ratio (% hommes)	Population	SCT*	Soin	Durée
Schmitt et al [33]	2010	RCT, groupes croisés	n = 54	0-19 ans (12 +/- 3,9)	81%	- Hospitalisation au centre médical Harborview de niveau 1 pour les brûlés et les traumatisés à Seattle (Washington), - Besoin d'au moins 1 séance de gain d'amplitude	> 1,5%	Séance de kinésithérapie (gain d'amplitude)	6 à 20 min, 1 à 5 séances
Kipping et al [34]	2011	RCT, groupes parallèles	n = 41	11-17 ans (13,08 +/- 1,3)	68,3%	- Hospitalisation au Stuart Pegg Pediatric Burn Center (10-14ans) ou au Stuart Pegg Adult Burn Unit (15-17ans), à Brisbane (Australie), - 1er changement de pansement conscient	> 1% Moyenne 4,9% (ET=5,4)	Changement de pansement	Environ 2h, 1 séance
Jeffs et al [35]	2014	RCT, groupes parallèles	n = 28	10-17 ans (13,5)	68%	- Hospitalisation dans une clinique pour brûlés d'un grand hôpital universitaire pédiatrique du centre sud des États-Unis, - Soin pour brûlure sans sédation, - Anglophone	Moyenne 5% (ET=6,2)	Changement de pansement	Moyenne = 38min, 1 séance
Khadra et al [36]	2020	RCT, groupes croisés	n = 37	6 mois - 7 ans (21,9 +/- 15,9 mois)	71%	- Hospitalisation dans l'unité de chirurgie traumatologie des grands brûlés du CHU** pédiatrique Sainte Justine à Montréal (Canada), - Besoin d'une séance d'hydrothérapie, - Parent francophone ou anglophone accompagnant	Moyenne 6% (ET=5,3)	Hydrothérapie	20min, 1 séance
Hoffman et al [37]	2020	RCT, groupes parallèles	n = 50	6-17 ans	84%	- Hospitalisation au centre des grands brûlés de Galveston (Texas), avec au moins 1 séance de soin sans réalité virtuelle (RV) et 1 avec, - Parle et comprend l'anglais ou l'espagnol - Douleur > 5 à l'EN lors d'une séance sans RV, - Pas d'ATCD*** de trouble psychiatrique, délire, psychose, trouble cérébral organique, - Coopératif, capable de répondre au questionnaire	>10% Moyenne 44%	Changement de pansement	Moyenne = 23min, 1 à 10 séances (6 en moyenne)

* SCT = Surface Corporelle Totale

** CHU = Centre Hospitalier Universitaire

*** ATCD = Antécédents

ANNEXE 3 : RESULTATS DU CRITERE DE JUGEMENT PRINCIPAL ET BIAIS DES ETUDES INCLUSES

	Groupe intervention	Groupe contrôle	Critère de jugement principal	Outil de mesure	Résultats	Score PEDRO	Biais
Schmitt et al [33]	TAS* + RV**	TAS seul	Douleur subjective (3 dimensions : cognitive, affective, sensorielle)	Échelle GRS	- \ \ significative ($p < 0,05$) de 44% de la douleur cognitive, 32% affective et 27% sensorielle. - Persistance de la diminution les 5 jours suivants ($p < 0,05$) mais avec seulement 5 participants au dernier jour d'étude.	4/10	Sélection Confusion Performance Détection Attrition
Kipping et al [34]	RV	Distraction standard	Intensité de la douleur	- EVA - FLACC Scale - FC + SaO2***	- \ \ significative ($p = 0,02$) de la douleur à la FLACC lors du retrait du pansement - \ \ non significative ($p > 0,05$) de la douleur à la FLACC et à l'EVA à presque toutes les autres étapes du pansement - / de la douleur à l'EVA en hétéro-évaluation à la pose du pansement ($p = 0,75$) - Taille d'effet moyenne au retrait = 1,13 - Taille d'effet moyenne à la pose = 0,72 - Pas de différence significative de la FC ni de la SaO2.	7/10	Performance Détection
Jeffs et al [35]	RV	1 = TAS 2 = distraction passive (DP)	Perception de la douleur	APPT	- \ \ significative ($p = 0,029$) de la douleur entre les groupes RV et DP, Taille d'effet = 1,25 - \ \ non significative ($p = 0,32$) de la douleur entre les groupes RV et TAS, Taille d'effet = 0,535	5/10	Sélection Performance Détection Attrition
Khadra et al [36]	TAS + RV	TAS seul	Douleur	- FLACC Scale - Échelle numérique (EN)	- FLACC : \ \ « significative » ($p = 0,026$) de la douleur avec RV, mais IC intergroupe croisant 0 donc non significatif , Taille d'effet = 0,76 - EN : \ \ non significative ($p = 0,135$) de la douleur avec RV Taille d'effet = 0,32	7/10	Confusion Performance Détection
Hoffman et al [37]	TAS + RV	TAS seul	Pire intensité de la douleur	Échelle GRS	- \ \ significative ($p > 0,05$) de l'intensité de la douleur à J1 Taille d'effet = 1,92 - Persistance de la diminution les jours suivants ($p < 0,05$) Taille d'effet = -1,65 (négatif = amélioration ici)	5/10	Performance Détection Suivi Attrition

* TAS = Traitement antalgique standard / ** RV = Réalité virtuelle / *** FC + SAO2 = Fréquence Cardiaque + Saturation en Oxygène / \ \ = diminution

ANNEXE 4 : GRAPHIQUES DES RESULTATS DE L'ETUDE DE SCHMITT ET AL [33]

Figure 2 : douleur subjective et niveau de fun (échelle GRS de 0 à 100) dans la condition contrôle (thérapie pharmacologique standard sans réalité virtuelle – barres blanches) et la condition réalité virtuelle (thérapie pharmacologique standard plus réalité virtuelle – barres noires) au premier jour d'étude (* $p < 0,05$)



Fig. 2 – Subjective pain and fun ratings (0–100 GRS assessment) during the control condition (standard pharmacologic therapy without virtual reality – white bars) and the virtual reality condition (standard pharmacologic therapy plus immersive virtual reality – black bars) on the first study day (* $p < 0.05$).

Figure 3 : douleur subjective et niveau de fun (0-100 échelle GRS) durant la condition contrôle (thérapie pharmacologique standard sans réalité virtuelle – barres blanches) et la condition réalité virtuelle (thérapie pharmacologique standard avec réalité virtuelle – barres noires) durant plusieurs jours d'étude. La réalité virtuelle entraîne une diminution persistante de la « pire douleur » (graphique 1), du « temps passé à penser à la douleur » (graphique B) et du « caractère désagréable de la douleur » (graphique C) sur plusieurs jours de thérapie (* $p < 0,05$). La réalité virtuelle entraîne également une augmentation persistante du « plaisir » (graphique D) sur plusieurs jours de thérapie (* $p < 0,05$).

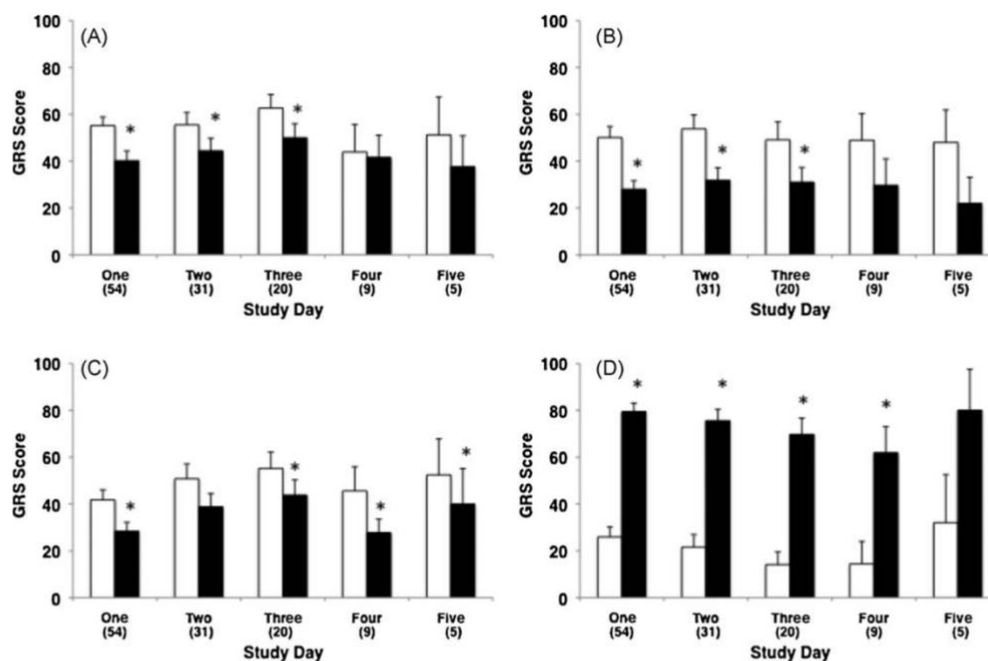


Fig. 3 – Subjective pain and fun ratings (0–100 GRS assessment) during the control condition (standard pharmacologic therapy without virtual reality – white bars) and the virtual reality condition (standard pharmacologic therapy plus immersive virtual reality – black bars) on multiple study days. Virtual reality results in a persistent decrease in “worst pain” (panel A), “time spent thinking about pain” (panel B), and “pain unpleasantness” (panel C) over several days of therapy (* $p < 0.05$). Virtual reality also results in a persistent increase in “fun” (panel D) over several days of therapy (* $p < 0.05$).

ANNEXE 5 : GRILLE AMSTAR 2

- 1 : les questions de recherche et les critères d'inclusion de la revue comprenaient-ils les éléments de PICR ?

OUI

- 2 : le rapport de la revue contenait-il un énoncé explicite selon lequel les méthodes de la revue ont été établies avant sa réalisation, et le rapport justifiait-il tout écart important par rapport au protocole ?

OUI, PARTIEL

- 3 : les auteurs de la revue ont-ils expliqué leur choix des modèles d'étude inclus dans la revue ?

OUI

- 4 : les auteurs de la revue ont-ils eu recours à une stratégie exhaustive pour leur recherche de littérature ?

OUI, PARTIEL

- 5 : les auteurs de la revue ont-ils réalisé la sélection des études en double ?

NON

- 6 : les auteurs de la revue ont-ils effectué la récupération des données en double ?

NON

- 7 : les auteurs de la revue ont-ils fourni une liste des études exclues et une justification de leur exclusion ?

OUI

- 8 : les auteurs de la revue ont-ils décrit suffisamment en détail les études incluses ?

OUI

- 9 : les auteurs de la revue ont-ils employé une technique satisfaisante pour évaluer le risque de biais des études individuelles incluses dans la revue ?

OUI

- 10 : les auteurs de la revue ont-ils mentionné les sources de financement des études incluses ?

NON

- 11 : si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs de la revue ont-ils utilisé des méthodes appropriées pour réaliser une combinaison statistique des résultats ?

NON

- 12 : si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs de la revue ont-ils évalué les effets potentiels du risque de biais des études individuelles sur les résultats de la méta-analyse ou d'autres synthèses des données probantes ?

NON

- 13 : les auteurs de la revue ont-ils tenu compte du risque de biais dans les études primaires au moment d'interpréter ou de discuter des résultats de la revue ?

OUI

- 14 : les auteurs de la revue ont-ils expliqué et analysé de façon satisfaisante toute hétérogénéité observée dans les résultats de la revue ?

OUI, PARTIEL

- 15 : s'ils ont réalisé une synthèse quantitative, les auteurs de la revue ont-ils effectué un examen adéquat du biais de publication (biais résultat de la petite taille des études) et abordé ses effets probables sur les résultats de la revue ?

NON

- 16 : les auteurs de la revue ont-ils déclaré toutes les sources potentielles de conflits d'intérêts, y compris le financement reçu pour réaliser la revue ?

OUI

RÉSUMÉ

Introduction : La brûlure est un traumatisme fréquent de la vie quotidienne mais la brûlure grave est rare et peut engager le pronostic vital, un quart des hospitalisations en France est représenté par les enfants de moins de 4 ans. La douleur engendrée peut freiner l'évolution de l'enfant et impacter ses soins. La réalité virtuelle apparaît comme une thérapie non pharmacologique visant à réduire cette douleur par le biais de la distraction.

Objectif : Le but de cette revue est d'évaluer l'efficacité de la réalité virtuelle dans la prise en charge de la réduction de la douleur chez l'enfant et l'adolescent brûlé.

Méthode : Quatre bases de données (PubMed, PEDro, Cochrane Library, Science Direct) et un moteur de recherche (Google Scholar) ont été investigués afin d'élargir au maximum le nombre d'articles à inclure dans cette revue. Cinq études ont été retenues, il s'agissait pour chacune d'essais contrôlés randomisés qui correspondaient aux critères d'inclusion définis au préalable. Les patients inclus sont des mineurs ayant été victimes de brûlures, tout degré et toute surface corporelle confondus. Le critère de jugement principal est la douleur.

Résultats : Parmi les cinq études incluses, quatre montrent que la réalité virtuelle possède une efficacité significative dans la réduction de la douleur des enfants et adolescents brûlés pour au moins une composante de la douleur et/ou à au moins un moment du traitement.

Discussion : l'hétérogénéité des résultats obtenus et les faibles tailles d'échantillon des études retenues limite l'interprétation de ces résultats et leur généralisation.

Conclusion : La réalité virtuelle semble être efficace dans la prise en charge de la douleur des brûlures pédiatriques, cependant d'autres études sont nécessaires pour confirmer cette hypothèse.

Mots clefs : *douleur, pédiatrie, enfant, adolescent, brûlure, réalité virtuelle, distraction.*

ABSTRACT

Background : Burns are a frequent trauma of daily life but severe burns are uncommon and can be life threatening. A quarter of hospitalizations in France concerns children under 4 years old. The pain produced can slow down the child's evolution and impact his health care. Virtual reality appears as a non-pharmacological therapy aimed at reducing this pain through distraction.

Objective : The aim of this review is to evaluate the effectiveness of virtual reality in the management of pain decrease in burned children and adolescents.

Method : Four databases (PubMed, PEDro, Cochrane Library, Science Direct) and one search engine (Google Scholar) were investigated to maximize the number of articles to be included in this review. Five studies were selected, each of which was randomized controlled trial matching with the previously defined inclusion criteria. The patients included were minors who had suffered burns no matter the degree and the body surface. The primary outcome was pain.

Results : Among the five included studies, four show that virtual reality has a significant efficacy in decreasing pain in burned children and adolescents for at least one pain component and/or at least one time of the treatment.

Discussion : The heterogeneity of the results obtained and the small sample sizes of the included studies limit the interpretation of these results and their generalization.

Conclusion : Virtual reality seems to be effective in the management of pain in pediatric burns, however further studies are needed to confirm this hypothesis.

Keywords : *pain, pediatrics, children, adolescent, burn, virtual reality, distraction.*