

Influence de la réalité virtuelle ajoutée à une réhabilitation pulmonaire sur la qualité de vie et l'état psychologique des patients atteints de bronchopneumopathie chronique obstructive

Une revue systématique et méta-analyse

Solène Veuthey (solene.veuthey@gmail.com) ; Maeva Schouwey (maeva.schouwey@gmail.com)
Dirigé par Michela Bassolino

Introduction

La bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) est une inflammation chronique des poumons (toux, dyspnée, expectorations)¹ affectant la qualité de vie et l'état psychologique (anxiété et dépression)². La meilleure option de traitement est la réhabilitation pulmonaire, qui peut être complétée par l'utilisation de la réalité virtuelle³.

Objectif : Comparer l'effet sur la qualité de vie et l'état psychologique d'une réhabilitation pulmonaire standard à celle incluant la réalité virtuelle.

Méthode

Revue systématique et méta-analyse selon les normes PRISMA⁴.

Bases de données utilisées : PubMed, Cochrane, Embase.

P : patients atteints de BPCO

I : réhabilitation pulmonaire complétée par réalité virtuelle

C : réhabilitation pulmonaire standard

O : effet sur l'état psychologique et la qualité de vie

Résultats

5 RCT ; 226 patients ; 7 tests.

Trois axes d'analyse ont été traités :

- effet sur la qualité de vie
- effet sur l'état psychologique
- effet selon le type de réalité virtuelle

Une méta-analyse est réalisée à partir de deux études sur le questionnaire respiratoire de Saint-Georges.

Une amélioration de l'effet de la réhabilitation pulmonaire standard a été observée uniquement lors de l'utilisation de la réalité virtuelle immersive, indifféremment de l'*outcome* analysé.

Discussion

Les effets varient selon le type de réalité virtuelle et son utilisation, en soulignant l'impact significatif des modalités plus immersives. Ce travail complète les études récentes⁵⁻⁶ mais d'autres recherches sont nécessaires concernant par exemple les modalités d'utilisation les plus efficaces ou l'effet sur l'adhésion à la thérapie.

Take Home Message

La réalité virtuelle est un outil prometteur et complémentaire mais qui ne remplace pas un programme de réhabilitation standard.

Références complètes:



**Influence de la réalité virtuelle ajoutée à une réhabilitation pulmonaire
sur la qualité de vie et l'état psychologique de personnes atteintes de
bronchopneumopathie chronique obstructive : une revue systématique
avec méta-analyse.**

MAEVA SCHOUWEY

Etudiant-e HES – Filière Physiothérapie

SOLÈNE VEUTHEY

Etudiant-e HES – Filière Physiothérapie

Directeur/Directrice de travail de Bachelor : MICHELA BASSOLINO

TRAVAIL DE BACHELOR

Déposé à Loèche-les-Bains (VS-CH) le 07 juin 2024

En vue de l'obtention d'un

Bachelor of sciences HES-SO in Physiotherapy

Résumé

Introduction :

La bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) est une inflammation chronique des poumons (toux, dyspnée, expectorations) affectant la qualité de vie et l'état psychologique. La meilleure option de traitement est la réhabilitation pulmonaire (RP), qui peut être complétée par l'utilisation de la réalité virtuelle (VR).

Objectif :

Comparer l'effet d'une RP standard à celle incluant la VR sur la qualité de vie et l'état psychologique.

Méthode :

Une revue systématique avec méta-analyse a été effectuée en sélectionnant les études répondant aux critères d'éligibilité, en double aveugle, sur Pubmed, Embase et Cochrane. Le risque de biais est évalué avec l'échelle PEDro. Les données ont été extraites et analysées selon la qualité de vie, l'état psychologique et le type de VR.

Résultats :

Cinq RCT sont incluses, pour un total de 226 patients. Une méta-analyse est réalisée avec deux études. Dans la plupart des études, l'amélioration des scores est similaire entre les groupes. Une différence statistiquement significative en faveur de la VR a été observée à la fin de l'intervention uniquement lors de l'utilisation de VR immersive, tant pour la qualité de vie que pour l'état psychologique.

Discussion – Conclusion :

Ce travail complète les études récentes basées principalement sur la condition physique. Les résultats obtenus varient selon le type de VR, en soulignant l'impact positif des modalités plus immersives. La VR peut donc être considérée comme un outil complémentaire prometteur, mais il est nécessaire d'effectuer de nouvelles études sur les modalités d'utilisation et d'entraînement les plus efficaces.

Mot clés :

Réalité virtuelle ; BPCO ; réhabilitation pulmonaire ; qualité de vie ; état psychologique

Zusammenfassung

Einleitung:

Die chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) ist eine chronische Entzündung der Lunge (Husten, Atemnot, Auswurf), welche die Lebensqualität und den psychologischen Zustand beeinträchtigt. Die beste Behandlungsoption ist die pulmonale Rehabilitation (PR), die durch den Einsatz von Virtual Reality (VR) erweitert werden kann.

Ziel:

Vergleich der Wirkung einer Standard-PR mit einer PR, die durch VR ergänzt wird, auf die Lebensqualität und den psychologischen Zustand.

Methode:

Es wurde ein systematisches Review mit Metaanalyse durchgeführt, wobei Doppelblindstudien von Pubmed, Embase und Cochrane ausgewählt wurden, welche die Zulassungskriterien erfüllten. Das Risiko für eine Verzerrung wurde durch Anwendung der PEDro-Skala bewertet. Die Daten wurden extrahiert und nach Lebensqualität, psychologischer Verfassung und Art der VR analysiert.

Resultate:

Es wurden fünf RCTs mit insgesamt 226 Patienten eingeschlossen. Eine Metaanalyse wurde mit zwei Studien durchgeführt. In den meisten Studien wurde eine vergleichbare Verbesserung der Werte in beiden Gruppen festgestellt. Ein statistisch signifikanter Unterschied zugunsten von VR bezüglich der Lebensqualität und dem psychologischen Zustand wurde nur am Ende der Intervention bei der Verwendung von immersiver VR festgestellt.

Diskussion - Schlussfolgerung :

Diese Arbeit ergänzt die neueren Studien, die sich hauptsächlich auf die körperliche Fitness fokussieren. Die Ergebnisse variieren je nach Art der VR, wobei die positiven Auswirkungen der immersiveren Modalitäten hervorgehoben werden. VR kann daher als ein vielversprechendes ergänzendes Instrument betrachtet werden. Es sind jedoch weitere Studien erforderlich, um die optimalen Nutzungs- und Trainingsmodalitäten zu bestimmen.

Schlüsselwörter:

Virtuelle Realität; COPD; pulmonale Rehabilitation; Lebensqualität; psychologischer Zustand.

Abstract

Introduction :

Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is a chronic inflammation of the lungs (cough, dyspnoea, sputum) affecting quality of life and psychological state. The best treatment option is pulmonary rehabilitation (PR), which can be complemented by the use of virtual reality (VR).

Objective :

Compare the effect of a standard PR with a PR including VR on quality of life and psychological state.

Method :

A systematic review with meta-analysis was performed by selecting blinded experiments studies on PubMed, Embase and Cochrane that meet the eligibility criteria. The risk of bias was assessed using the PEDro scale. Data were extracted and analysed based on quality of life, psychological state and type of VR.

Results :

Five randomized controlled trials (RCTs) were included, comprising a total of 226 patients. A meta-analysis was conducted on two studies. In the majority of the studies, the improvement in scores was similar between the groups. A statistically significant difference favouring VR was observed only at the end of the intervention when immersive VR was utilised, for both quality of life and psychological state.

Discussion – Conclusion :

This study complements recent studies primarily focused on physical condition. The results obtained vary according to the type of VR and highlight the positive impact of the more immersive modalities. VR can therefore be seen as a promising complementary tool; however, further studies are needed to explore the most efficient methods of use and training.

Key words :

Virtual reality; COPD; pulmonary rehabilitation; quality of life; psychological state.

« Avertissement »

Les prises de position, la rédaction et les conclusions de ce travail n'engagent que la responsabilité de ses auteurs et en aucun cas celle de la Haute Ecole de Santé Valais, du Jury ou du Directeur du Travail de Bachelor.

J'atteste/nous attestons avoir réalisé seul-e(s) le présent travail, sans avoir utilisé d'autres sources que celles indiquées dans la liste de références bibliographiques.

Lieu, date et nom du (des) auteur(s) :

Loèche-les-Bains, le 7 juin 2024

Solène Veuthey

Handwritten signature of Solène Veuthey in black ink, featuring a stylized 'S' and 'V'.

Maeva Schouwey

Handwritten signature of Maeva Schouwey in black ink, featuring a stylized 'M' and 'S'.

Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement **Michela Bassolino**, notre directrice de Travail de Bachelor pour son aide, son suivi méticuleux et ses commentaires constructifs et pertinents, tout au long de la réalisation de notre travail.

Nous tenons également à remercier **Pauline Seydoux**, **Emilien Peyraud** et **Pierre-Benoît Veuthey** pour la relecture orthographique.

De plus, nous sommes reconnaissantes envers **Sebastian Schnyder** et **Julian Corminbœuf** pour la relecture des résumés en allemand et en anglais.

Pour terminer, nous voulons adresser un grand merci à notre entourage pour leur soutien lors de la rédaction de notre travail.

Abréviations

AVQ	Activité de la vie quotidienne
BDEI	<i>Beck Depression Inventory</i>
BPCO	Bronchopneumopathie chronique obstructive
CAT	<i>COPD Assessment Test</i>
GOLD	<i>Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease</i>
HADS	<i>Hospital Anxiety and Depression Scale</i>
ICS	Corticostéroïde inhalé
LABA	Agoniste des récepteurs β_2 à longue durée d'action
LAMA	Antagoniste antimuscarinique à longue durée d'action
MHC-SF	<i>Mental Health Continuum – Short Form</i>
mMRC	<i>modified Medical Research Council Dyspnea Questionnaire</i>
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PRFM	Pays à revenu faible ou modéré
PSQ	<i>Perception of Stress Questionnaire</i>
RevMan	<i>Review Manager</i>
RCT	Étude randomisée contrôlée
RP	Réhabilitation pulmonaire
SABA	Agoniste des récepteurs β_2 à courte durée d'action
SAMA	Antagoniste antimuscarinique à courte durée d'action
SGRQ	<i>Saint George Respiratory Questionnaire</i>
STAI	<i>State and Trait Anxiety Inventory</i>
VA	Échelle visuelle analogique
VEMS	Volume Expiratoire Maximal par Seconde
VM	Valeur moyenne
VR	Réalité virtuelle

Table des matières

1.	Introduction	1
1.1	Contexte général	1
1.2	La bronchopneumopathie chronique obstructive	2
1.2.1	Définitions	2
1.2.2	Physiopathologie	2
1.2.3	Symptômes	3
1.2.4	Impact sur la qualité de vie	3
1.2.5	Impact sur l'état psychologique	4
1.2.6	Facteurs de risque	5
1.2.7	Classification	6
1.2.8	Traitements	7
1.3	Réhabilitation pulmonaire	8
1.4	Réalité virtuelle	9
1.4.1	Types de réalité virtuelle	10
1.4.2	La réalité virtuelle dans un contexte de réhabilitation pulmonaire	10
1.4.3	Limitations actuelles	11
1.5	Problématique, objectifs et question de recherche	11
2.	Méthode	12
2.1	Stratégie de recherche	12
2.2	Critères d'éligibilité	12
2.2.1	Critères d'inclusion	12
2.2.2	Critères d'exclusion	13
2.3	Sélection des études	13
2.4	Evaluation des risques de biais	13
2.5	Extraction des données descriptives	14
2.6	Extraction des données quantitatives	14

2.7	Formation des groupes d'analyse	14
2.8	Analyse des résultats	14
2.8.1	Valeurs seuils	14
3.	Résultats	15
3.1	Identification des études	15
3.2	Description des études incluses	16
3.3	Qualité des études incluses	19
3.4	Données manquantes	20
3.5	Données quantitatives	21
3.6	Formation des groupes d'analyse	22
3.7	Analyse des résultats.....	22
3.7.1	Effet sur la qualité de vie.....	22
3.7.2	Effet sur l'état psychologique.....	23
3.7.3	Effets selon le type de réalité virtuelle	25
4.	Discussion	26
4.1	Qualité des études.....	26
4.2	Synthèse des résultats.....	27
4.3	Comparaison avec la littérature existante	27
4.4	Forces et limites	30
4.3.1	Forces	30
4.3.2	Limites.....	31
4.5	Implications	32
4.4.1	Pour la pratique	32
4.4.2	Pour la recherche	33
5.	Bibliographie	1

1. Introduction

1.1 Contexte général

La bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) figure parmi l'une des trois principales causes de décès dans le monde. En 2019, plus de 3,23 millions de personnes succombent des suites d'une BPCO, représentant 6 % de l'ensemble des décès mondiaux (OMS, 2023). Selon Agusti et al. (2023), la prévalence, la morbidité et la mortalité de la BPCO varient d'un pays à l'autre. Au cours des décennies à venir, ces chiffres devraient augmenter en raison d'une combinaison des facteurs suivants : l'exposition continue aux facteurs de risque (cf 1.2.4) et le vieillissement de la population mondiale.

Au sein de l'Union Européenne, les dépenses directes liées aux maladies respiratoires représentent 6% du budget total alloué aux soins de santé. Ces dépenses sont représentées à 56% par la BPCO, ce qui équivaut à 38,6 milliards annuels (Levine & Marciniuk, 2022).

En Suisse, environ 400'000 personnes sont souffrantes de BPCO, soit 5% de la population adulte (Ligue Pulmonaire, 2023). Les principaux symptômes de la maladie sont la dyspnée, la toux chronique ainsi que des expectorations (OMS, 2023). La mortalité qui en découle représente près de 50% de tous les décès dus à des maladies respiratoires (Vicedo-Cabrera et al., 2016) et environ 2,6% de toutes les hospitalisations y sont liées (Baty et al., 2013). La qualité de vie et l'état psychologique sont également grandement impactés : la prévalence des troubles anxieux et dépressifs est deux à trois fois plus élevée chez les personnes souffrant de maladies chroniques (Zhang et al., 2011).

La BPCO représente un important défi de santé publique. Selon la Ligue Pulmonaire Suisse, elle est fréquemment sous-diagnostiquée ou incorrectement diagnostiquée par les soins primaires en Suisse. Les chiffres de prévalence et de mortalité sont donc largement sous-estimés (Baty et al., 2013).

De nombreuses études ont été menées afin d'établir le traitement le plus efficace concernant la prise en charge des patients pulmonaires chroniques. La physiothérapie jouant un rôle majeur (Scott et al., 2010) avec les réhabilitations pulmonaires (RP) (cf. 1.3). Il existe diverses options de réhabilitation (stationnaire, ambulatoire) avec différents programmes, selon les pays, l'accessibilité aux soins, les comorbidités du patient etc. Ils sont évidemment complétés par un traitement médicamenteux (cf. 1.2.8). À ce jour, les programmes de réhabilitation traditionnels se sont révélés capables de diminuer les

symptômes et d'améliorer la qualité de vie ainsi que l'autonomie des patients (Scott et al., 2010).

S'agissant d'une maladie chronique, il est important d'utiliser des méthodes qui maintiennent une bonne motivation chez le patient. Parmi ces méthodes, les chercheurs se sont penchés sur la réalité virtuelle (VR) comme complément de traitement dans le domaine de la santé. La VR est utilisée dans divers domaines, comme par exemple en neurologie lors des réhabilitations post-AVC (Laver et al., 2017), en cardiologie après un infarctus (Bouraghi et al., 2023) et également en soins palliatifs afin de créer un environnement agréable (Martin et al., 2022). Utilisée lors des RP, sous forme de jeux, le patient peut non seulement travailler l'exercice physique (comme l'endurance et la force musculaire) mais également la gestion du stress et de l'anxiété (Pittara et al., 2023) (cf. 1.4).

1.2 La bronchopneumopathie chronique obstructive

1.2.1 Définitions

Selon Agarwal et al. (2024), la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) est une affection pulmonaire chronique qui se caractérise par une limitation progressive du flux d'air et une destruction des tissus. Elle est associée à des modifications structurelles des poumons dues à une inflammation chronique, qui découle d'une exposition prolongée à des particules ou des gaz nocifs. Cette inflammation entraîne un rétrécissement des voies respiratoires. Les principaux symptômes sont la toux, la dyspnée et des expectorations. La gravité de la manifestation peut varier d'asymptomatique à l'insuffisance respiratoire.

L'emphysème et la bronchite chronique ne sont pas des synonymes de la BPCO, comme longtemps présentés dans d'anciennes définitions, mais des pathologies fréquemment associées à cette maladie (Sztajzel & Razban, 2022).

1.2.2 Physiopathologie

Selon Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (2023), l'inflammation chronique des poumons semble être une modification de la réponse inflammatoire normale aux agents irritants tel que la fumée. Le processus inflammatoire est amplifié et induit un déséquilibre entre les protéases et les antiprotéases. Ce déséquilibre entraîne la destruction d'un composant principal du parenchyme pulmonaire, l'élastine, ce qui en fait une cause importante de l'emphysème. Selon Wise et al. (2022), l'emphysème engendre

une perte d'élasticité des tissus et une diminution de la force des parois des voies aériennes, ce qui favorise leur collapsus. L'hyperinflation pulmonaire, l'obstruction et un piégeage d'air en sont les conséquences. Cela favorise l'apparition de bulles d'emphysème. D'autres changements structurels tel que la fibrose ont également été rapportés, ainsi qu'une diminution de la vascularisation du poumon.

1.2.3 Symptômes

Les principaux symptômes de la maladie sont la dyspnée, la toux chronique ainsi que des expectorations. L'aggravation rapide de ces symptômes, appelée exacerbation, constitue la principale cause d'hospitalisation chez les patients souffrant de BPCO. Ces personnes sont également plus à risque de développer les comorbidités suivantes : infections pulmonaires, cancer des poumons, problèmes cardiaques, faiblesses musculaires, dépression et anxiété (OMS, 2023). La maladie se développe lentement, et n'est souvent pas diagnostiquée avant plusieurs années. La dyspnée et la toux chronique sont les symptômes précurseurs, pouvant précéder de plusieurs années l'obstruction des voies aériennes (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, 2023).

La dyspnée est un des symptômes les plus handicapant pour la qualité de vie, ainsi que la cause principale de l'anxiété liée à la maladie. Les patients la décrivent comme une sensation d'effort augmentée pour respirer, une soif d'air ou un halètement. Elle est principalement présente lors d'efforts physiques de la vie quotidienne, comme monter les escaliers, mais se manifeste aussi au repos à un stade avancé de la maladie (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, 2023).

La toux est premièrement considérée par le patient comme étant une conséquence de l'exposition à la fumée. Elle devient de plus en plus récurrente, jusqu'à être constante durant la journée. La toux chronique peut être productive ou non. Les patients produisent généralement de petites quantités d'expectorations, mais cette production peut être intermittente (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, 2023).

1.2.4 Impact sur la qualité de vie

Selon l'OMS (2012), la qualité de vie se définit comme :

La perception qu'ont les individus de leur situation dans la vie, dans le contexte de la culture et des systèmes de valeurs dans lesquels ils vivent et par rapport à leurs objectifs, leurs attentes, leurs normes et leurs préoccupations. Il s'agit d'un concept très large qui intègre de manière complexe la santé physique, l'état

psychologique, le niveau d'indépendance, les relations sociales, les croyances personnelles et les relations avec les caractéristiques marquantes de l'environnement.

La BPCO, en raison de son fort impact sur le quotidien des malades, démontre une corrélation significative entre la sévérité de l'atteinte et la dégradation de la qualité de vie (Fettal et al., 2017). Par exemple, l'étude de Le Guillou et al. (2017) démontre que 74% des participants à l'étude ont de la peine à monter plus de deux étages d'escaliers, 52% ont des troubles du sommeil, et 23% des participants ont observé une dégradation de leurs relations amicales. Les patients diagnostiqués encore actifs professionnellement évoquent des conséquences sur leur travail (aménagement du poste, reconversion, perte de l'emploi).

1.2.5 Impact sur l'état psychologique

L'étude de Zhang et al. (2011) a démontré que plus d'une personne sur quatre atteinte de BPCO présente des symptômes de dépression (fatigue, perte d'appétit, troubles du sommeil, perte d'intérêt, etc.) ou d'anxiété (peur, évitement, agitation, irritabilité, etc.), contre une personne sur huit dans un échantillon sain. Ces deux troubles coexistent souvent, et leur prévalence est deux à trois fois plus élevée chez les personnes présentant des maladies chroniques. Les causes sont multifactorielles et ne sont pas forcément liées au stade de la maladie, mais à l'évaluation subjective de la qualité de vie liée à la santé, de la dyspnée et de la diminution de la condition physique (Panagioti et al., 2014).

L'étude de Dalal et al. (2011) a démontré que les patients atteints de BPCO et de dépression étaient 77% plus à risque de subir une hospitalisation en lien avec la maladie. Cette comorbidité génère donc des coûts élevés liés à la santé, c'est pourquoi il a été mis en évidence la nécessité de gérer cet aspect des affections chroniques. La mise en place de moyens efficaces pour agir sur la dépression et l'anxiété reste un défi à ce jour. Actuellement, les thérapies cognitivo-comportementales et les réadaptations pulmonaires ont démontré des améliorations significatives sur la qualité de vie des patients souffrants de symptômes dépressifs (Panagioti et al., 2014).

L'état psychologique étant un des concepts englobé par la qualité de vie, les symptômes de dépression et d'anxiété sont donc étroitement en lien avec celle-ci. Une dégradation de la santé mentale impacte directement la qualité de vie et inversement, c'est un cercle vicieux. Dans la pratique, différents tests sont utilisés afin d'évaluer l'impact de la maladie sur la qualité de vie, ainsi que les symptômes d'état dépressif et d'anxiété.

1.2.6 Facteurs de risque

L'apparition de la BPCO est le résultat des interactions entre le bagage génétique (G) et l'environnement (E) au cours de la vie (T) de l'individu. Un terme a été récemment proposé pour illustrer ces interactions complexes : *GETomics*. (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, 2023)

Les facteurs de risques sont classés en deux catégories : les facteurs exogènes (provenant de l'environnement) et les facteurs endogènes (provenant de l'intérieur de l'organisme).

Les facteurs de risque exogènes englobent les différents éléments environnementaux tel que l'exposition : au tabagisme, professionnelle (poussières, agents chimiques, fumées...), à la biomasse (bois, déjections animales, charbon...) et à la pollution atmosphérique (Agusti et al., 2023).

Selon Agusti et al. (2023), le tabagisme est la cause principale de BPCO dans les pays à revenu élevé (70% des cas). En Suisse, en tenant compte du sexe, de l'âge et du niveau de formation, les fumeurs présentent un risque 2,4 fois plus élevé et les ex-fumeurs un risque 1,8 fois plus élevé de développer la maladie. Dans les pays à revenu faible ou modéré, 60 à 70% des cas de BPCO surviennent chez les non-fumeurs. La prévalence dans ces pays étant plus importante (85% de l'ensemble des cas mondiaux), le tabagisme n'est responsable que de la moitié des cas de BPCO dans le monde. Le niveau socio-économique a une importance significative, car il reflète la mauvaise qualité de vie dans les régions défavorisées, notamment à cause d'une exposition accrue à la pollution de l'air (à la fois intérieur et extérieur), la malnutrition, la présence de diverses maladies etc. En Suisse, l'Office fédéral de la statistique (OFS) observe un gradient social selon le niveau de formation. Les individus sans formation post-obligatoire sont plus touchés que ceux ayant une formation de niveau secondaire II ou tertiaire. Ces inégalités, liées aux comportements influencés par le statut social, persistent malgré la qualité du système de soins helvétique (OFSP, 2020).

Les facteurs de risque endogènes englobent quant à eux les éléments génétiques et organiques (Agusti et al., 2023) :

Il y a différents facteurs génétiques en jeu. En combinaison avec les facteurs environnementaux, ils influencent la prédisposition à développer la maladie. Le plus récurrent est la mutation du gène *Serpina1*, qui engendre un déficit héréditaire en alpha-1 antitrypsine (AATD), inhibiteur majeur des protéases (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, 2023). Ce déficit augmente l'activité des protéases, qui

contribue à la destruction du tissu pulmonaire. La fumée de cigarette augmentant elle aussi l'activité des protéases, ce phénomène est plus présent chez les fumeurs. Le déficit en alpha-1 antitrypsine est à l'origine de 1 à 2% des cas de BPCO (Wise et al., 2022b).

Quant au développement des poumons, il se termine aux alentours des 20 à 25 ans. Ce processus peut être altéré par différents événements parvenus de la grossesse à l'âge adulte, tels qu'une naissance prématurée, l'exposition au tabagisme in utero, la malnutrition, des infections, de l'asthme, etc. Il a été constaté qu'une fonction pulmonaire maximale diminuée au cours de la période de maturation du poumon, augmente le risque de BPCO dans le futur (Agusti et al., 2023).

1.2.7 Classification

Après que le diagnostic de BPCO ait été confirmé par une spirométrie (examen des fonctions respiratoires), différents tests sont effectués afin de procéder à la classification du stade de la maladie. Initialement, un simple classement spirométrique était utilisé pour évaluer la gravité de la maladie (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, 2023). En 2011, une nouvelle stratégie d'évaluation a été mise en place, combinant des tests évaluant les critères suivants : sévérité de la limitation du flux d'air (GOLD 1 à 4, cf. figure 1), questionnaires sur les symptômes actuels (mMRC pour la dyspnée, score CAT pour l'impact sur les AVQ) et historique des exacerbations (cf. figure 2) (Agusti et al., 2023).

FIGURE 1: GOLD GRADES AND SEVERITY OF AIRFLOW OBSTRUCTION IN COPD, ADAPTÉ DE GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE, 2023

GOLD 1 :	<i>Léger</i>	VEMS \geq 80% prédits
GOLD 2 :	<i>Modéré</i>	$50\% \leq$ VEMS $<$ 80% prédits
GOLD 3 :	<i>Sévère</i>	$30\% \leq$ VEMS $>$ 50% prédits
GOLD 4 :	<i>Très sévère</i>	VEMS $>$ 30% prédits

GOLD : Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. VEMS : Volume expiratoire maximal en une seconde

FIGURE 2 : CLASSIFICATION DE LA BPCO D'APRÈS GOLD 2017, ADAPTÉ DE GEX, 2018

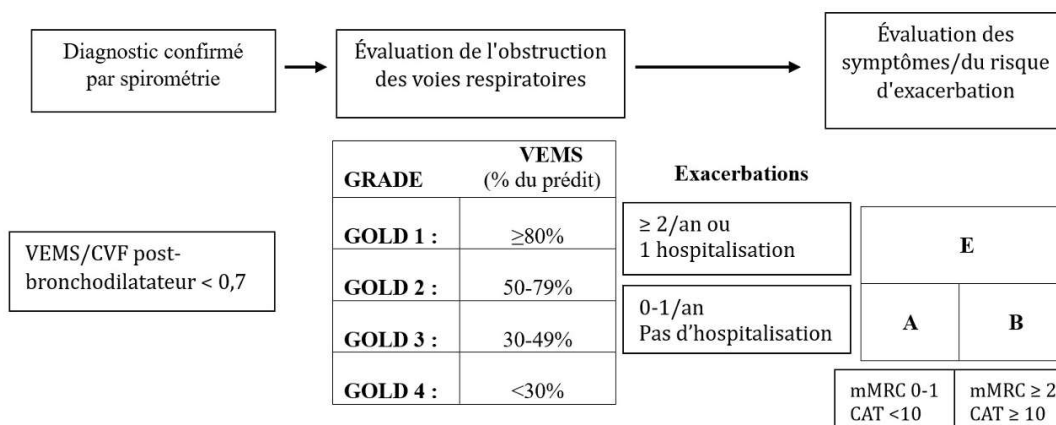
Stade selon la limitation du débit expiratoire		Groupe selon les symptômes et les exacerbations					
	VEMS (% du prédit)	Exacerbations					
Stade 1	≥80%	≥ 2/an Ou 1 hospitalisation	<table border="1"> <tr> <td>C</td> <td>D</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>B</td> </tr> </table>	C	D	A	B
C	D						
A	B						
Stade 2	50-79%	0-1/an Pas d'hospitalisation					
Stade 3	30-49%						
Stade 4	<30%						
		Symptômes					
		Score dyspnée mMRC 0-1 Score CAT <10	Score dyspnée mMRC ≥ 2 Score CAT ≥ 10				

VEMS : Volume expiratoire maximal en une seconde, mMRC : modified Medical Research Council dyspnea scale. CAT : COPD Assesment Test

Il y a quatre stades (GOLD 1-4), séparés en quatre groupes (A-D).

En 2023, *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* a proposé de fusionner les groupes C et D (dorénavant groupe E) afin de mettre en évidence l'importance des exacerbations (cf. figure 3) (Agusti et al., 2023).

FIGURE 3 : GOLD ABE ASSESSMENT TOOL, ADAPTÉ DE GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE, 2023



VEMS : Volume expiratoire maximal en une seconde. CVF : Capacité vitale forcée. GOLD : Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. mMRC : modified Medical Research Council dyspnea scale. CAT : COPD Assesment Test

1.2.8 Traitements

Pour traiter la maladie, une thérapie non-pharmacologique est combinée avec une thérapie pharmacologique (Agusti et al., 2023).

Selon Sztajzel & Razban (2022), les 3 axes de traitements sont :

- L'arrêt du tabac afin de réduire la progression de la maladie.

- La médication, la RP et l'oxygénothérapie pour améliorer les symptômes et donc la qualité de vie.
- Amélioration de l'hygiène de vie, la vaccination et un traitement prophylactique afin de prévenir les exacerbations.

La mise en place d'un traitement pharmacologique n'est nécessaire que pour les patients symptomatiques ayant un VEMS supérieur à 70%. Ils sont à adapter à la classification de la maladie. Pour les patients GOLD A, des bronchodilatateurs à courte durée d'action sont prescrits (SAMA ou SABA). Pour un GOLD B, les bronchodilatateurs à longue durée d'action sont nécessaires (LAMA et/ou LABA) (Sztajzel & Razban, 2022). De même pour le groupe E, sauf qu'il est possible de compléter le traitement avec des ICS si le taux d'éosinophiles (type de globules blancs) est supérieur à 300/uL (Agusti et al., 2023).

Concernant les options non-pharmacologiques, selon Agusti et al. (2023), les patients devraient tous recevoir une éducation thérapeutique au sujet de la maladie. Le point majeur est l'arrêt du tabagisme, dans le but de stabiliser la maladie. Malheureusement, 40% des malades continuent de fumer. Le maintien de l'activité physique est également très important, mais difficile en raison de la dyspnée importante. Ces derniers points sont les aspects centraux des RP. Nous retrouvons également parmi les options non-médicamenteuses l'oxygénothérapie et la vaccination (prévention d'infections pulmonaire telles que la grippe ou les pneumocoques). Parfois, des options chirurgicales sont nécessaires afin de retirer des bulles chez les patients emphysémateux (bullectomie).

1.3 Réhabilitation pulmonaire

L'*American Thoracic Society* et l'*European Respiratory Society* ont défini la réhabilitation pulmonaire comme suit :

Intervention globale basée sur une évaluation approfondie du patient, suivie de thérapies adaptées qui comprennent [...] le réentraînement à l'effort, l'exercice, l'éducation et le changement de comportement, visant à améliorer l'état physique et psychologique des personnes atteintes d'une maladie respiratoire chronique et à promouvoir l'adhésion à long terme à des programmes de santé publique (Spruit et al., 2015).

De par cette définition, la RP est un programme multimodal et multidisciplinaire impliquant divers professionnels de la santé tels que les médecins, les diététiciens, les psychologues, le personnel soignant et les physiothérapeutes (Ligue Pulmonaire, 2023).

Le rôle fondamental du physiothérapeute dans le traitement de la BPCO au cours d'une RP englobe diverses responsabilités telles que la réalisation de bilans d'entrée, l'éducation thérapeutique, le réentraînement à l'effort ainsi que l'oxygénothérapie, les techniques de désencombrement et l'assistance ventilatoire (Ligue Pulmonaire, 2023). La Société Suisse de Pneumologie (2015) a édité une brochure distribuée aux patients, intitulée "Bien vivre avec la BPCO", axée sur l'éducation thérapeutique incluant notamment la connaissance sur la maladie, la gestion des médicaments, de la fatigue, de l'effort, etc.

En fonction de la culture, des systèmes de santé et des ressources matérielles et humaines, le cadre des programmes de RP peut varier. La Société Suisse de Pneumologie (2015) inclue des critères d'accréditation pour les centres de réhabilitation. Par exemple, en Suisse, neuf centres de réhabilitation pulmonaire s'adressent aux patients souffrant de maladies pulmonaires chroniques telles que l'asthme bronchique, la BPCO, la fibrose pulmonaire, la pneumonie, ou encore des cas de maladie pré ou post-opératoire liés au cancer des poumons. La réhabilitation peut également être effectuée dans un des 66 centres ambulatoires accrédités.

La réhabilitation pulmonaire est reconnue comme un élément central de la prise en charge d'un patient BPCO pour soulager la fatigue et la dyspnée d'effort, en augmentant la tolérance à l'exercice, mais renforce également le sentiment de contrôle que les patients ont sur leur maladie chronique (McCarthy et al., 2015). Les avantages résultent d'une diminution des effets négatifs des comorbidités (Spruit et al., 2015).

Les recommandations de réhabilitation (Spruit et al., 2013) sont les suivantes :

- 5 entraînements en endurance par semaine, incluant de la marche et du vélo (l'entraînement par intervalles est généralement mieux toléré par les patients).
- 3 à 5 entraînements de renforcement musculaire (hypertrophie) en travaillant particulièrement les membres inférieurs et supérieurs.

L'étude de Casaburi (2018) a démontré que l'inhalation supplémentaire d'oxygène et l'instauration d'un bon traitement bronchodilatateur peuvent renforcer les bénéfices des programmes d'exercices.

1.4 Réalité virtuelle

L'étude de Wann & Turnbull (1993) est la première recensée sur la base de données PubMed évoquant une réhabilitation avec l'aide de la réalité virtuelle (ordinateur). Par conséquent, depuis 30 ans, l'avancée incessante de la technologie amène de nouvelles

perspectives. La médecine connaît aujourd'hui une évolution grâce au développement de la réalité virtuelle en réhabilitation, qui se présente comme un outil prometteur selon le contexte et la pathologie. Différentes sociétés se sont développées (comme C2 Care®, HypnoVR®, Lumeen®, Revinax®, etc.) et proposent des logiciels conçus pour les thérapies ou encore pour la formation des professionnels de santé (Compiegne, 2023).

1.4.1 Types de réalité virtuelle

Il y a différents types de VR comme la réalité virtuelle immersive et les jeux vidéo thérapeutiques, appelés également *serious games* (VR semi-immersive).

Selon Serino et al. (2022), la réalité virtuelle immersive, qui nécessite l'utilisation d'un casque et différents capteurs, est définie comme « une combinaison de logiciels et de hardwares permettant de présenter, dans des conditions entièrement contrôlées, des stimuli dans un espace tridimensionnel (3D) à 360°, afin de stimuler diverses modalités sensorielles et différents secteurs de l'espace. »

Les jeux vidéo thérapeutiques, généralement expérimentés sur un ordinateur ou écran TV, intègrent la catégorie des *exergames* (*exercise + game*), qui mêlent activité physique et jeu vidéo. Ils présentent certaines caractéristiques de la réalité virtuelle immersive, mais avec une interaction sensorimotrice moins naturelle ainsi qu'un degré d'immersion inférieur. Ces jeux thérapeutiques se jouent fréquemment sur des dispositifs accessibles par le grand public, tels que le logiciel Microsoft Kinect® sur XBOX 360® ou encore la Nintendo Wii Fit®, avec ou sans Balance Board (Colombo et al., 2023). La différence avec un simple jeu vidéo est la visée thérapeutique et non uniquement l'aspect ludique. Cette méthode permet d'accroître la motivation et de ce fait l'adhésion à la réhabilitation et à l'activité physique (Patsaki, Avgeri, & Rigoulia, 2023).

1.4.2 La réalité virtuelle dans un contexte de réhabilitation pulmonaire

Durant ces dernières années, la VR a commencé à être implantée dans des programmes de réhabilitation pulmonaire. Elle permet un entraînement physique personnalisé avec une surveillance des performances à l'aide de différents capteurs (saturation en oxygène, fréquence cardiaque etc.). De plus, elle permet de détourner l'attention des patients pendant l'activité physique, d'augmenter la motivation et de rendre les exercices plus plaisants en simulant des situations réalistes de manière sécuritaire. La VR est adaptée à l'entraînement physique et respiratoire, favorisant l'intégration des compétences acquises dans les AVQ. L'entraînement physique inclut l'endurance et la force, tandis que l'entraînement respiratoire vise à améliorer les performances des muscles respiratoires et

à réduire l'essoufflement (Colombo et al., 2023). Des exercices de relaxation sont également proposés afin d'immerger le patient dans un environnement différent, notamment des scénarios naturels et relaxants, en particulier pour les patients hospitalisés (Pancini et al., 2023). Il a été démontré que la réhabilitation à domicile (télé-réhabilitation), en complément à la physiothérapie, améliore les résultats cliniques, prévenant ainsi les exacerbations. Les jeux vidéo sont un moyen simple et ludique, auquel tout le monde peut avoir accès depuis son domicile (Patsaki et al., 2023).

1.4.3 Limitations actuelles

Certains dispositifs utilisés ne sont pas initialement créés avec une visée médicale, ce qui entraîne l'absence de réglementation pour cet usage. Ces réglementations, en particulier pour le port du casque (temps d'utilisation par exemple), pourraient permettre d'éviter les effets secondaires. Chez certaines personnes, la fatigue visuelle ou la *motion sickness*, c'est-à-dire les nausées créées par le monde immersif, peuvent apparaître (Amber et al., 2021 ; Benkhaled et al., 2020). Il est important de préciser également que certains casques ou dispositifs représentent un coût considérable (Amber et al., 2021).

1.5 Problématique, objectifs et question de recherche

En anticipant la croissance de la population suisse et des futurs besoins sanitaires liés à cette affection, il est essentiel de chercher l'option de réhabilitation la plus optimale et efficiente (Baty et al., 2013). La réalité virtuelle est une alternative moderne et accessible, qui permet de stimuler la motivation, de limiter les coûts et d'offrir des options de télé-réadaptation. Cette technologie se développant considérablement ces dernières années dans le milieu médical, nous avons donc effectué des recherches afin d'observer un état des lieux.

Les études à ce sujet sont encore nouvelles et peu nombreuses. Une revue systématique récente, de Patsaki et al. (2023), a étudié les différents bénéfices d'une RP complétée par la VR, en comparaison à une RP standard. Leurs résultats sont prometteurs et se concentrent en particulier sur l'augmentation de la capacité d'exercice, l'amélioration des fonctions pulmonaires ainsi que de la dyspnée. Compte tenu de l'intérêt croissant pour ce domaine et du développement de la VR dans la RP, Patsaki et al. (2023) recommandent de continuer d'effectuer des recherches à propos de l'efficacité de ces réhabilitations, que ce soit au sujet de l'effort physique, de l'adhésion, de la qualité de vie et du statut psychologique des patients (anxiété, dépression). Ils soulignent que ces concepts de qualité de vie et d'état psychologique, qui coexistent de manière récurrente avec cette

maladie, ont peu été étudiés. De cette manière, nous avons décidé de nous concentrer sur ces aspects et de proposer la question de recherche suivante :

Quelle est l'influence de la réalité virtuelle ajoutée à une réhabilitation pulmonaire sur la qualité de vie et l'état psychologique de personnes atteintes de BPCO ?

Cette question de recherche a été ciblée grâce à la méthode PICO suivante :

Population (P) : patients atteints de BPCO

Intervention (I) : intégration de la VR dans les RP classiques

Contrôle (C) : RP standard

Outcome (O) : effet sur la qualité de vie et sur l'état psychologique

2. Méthode

Afin de répondre à notre question de recherche, nous avons fait le choix de rédiger une revue systématique selon les normes PRISMA 2020 (Page et al., 2021) [annexe 1], dans le but d'effectuer une synthèse exhaustive des études abordant la qualité de vie et l'état psychologique.

2.1 Stratégie de recherche

La dernière recherche d'articles a été effectuée au début du mois de décembre 2023. Nos recherches ont été menées sur les bases de données suivantes : *PubMed*, *Cochrane* et *Embase*.

En raison du peu de littérature existante, nous n'avons pas ciblé d'*outcome* particulier dans notre équation de recherche afin de ne pas réduire d'avantage la sélection d'articles. Les trois moteurs de recherche fonctionnant différemment, trois équations ont été rédigées de manière spécifique à chaque base de données. Un tableau des mots-clés a été créé dans le but d'uniformiser le contenu des différentes équations [annexe 2].

2.2 Critères d'éligibilité

Les études ont été incluses ou exclues grâce aux critères d'éligibilité suivants :

2.2.1 Critères d'inclusion

- Les participants sont des hommes et des femmes de plus de 18 ans.
- Les participants ont un diagnostic clinique de BPCO.
- Présence d'un groupe contrôle (GC) et d'un groupe intervention (GI).

- L'étude compare une RP standard avec une RP complétée par VR immersive ou semi-immersive.
- L'étude utilise un test mesurant la qualité de vie et/ou l'état psychologique.

2.2.2 Critères d'exclusion

- Les participants ont une autre pathologie respiratoire diagnostiquée tels que l'asthme, une tuberculose, le COVID-19 etc.
- L'article n'est disponible ni en français, ni en allemand, ni en anglais.
- L'étude n'aborde pas le sujet de la qualité de vie et/ou l'état psychologique.
- La méthodologie utilisée est une thérapie digitale, non basée sur la VR (par exemple une application sur un téléphone portable).

2.3 Sélection des études

Nous avons introduit la totalité des articles identifiés dans le logiciel de référence *Zotero* (version 6.0.30) dans le but d'identifier les doublons. Suite à ce premier tri, les articles retenus ont été importés sur le logiciel *Rayyan*. Nous avons procédé à une deuxième sélection en double aveugle sur la base de la lecture des titres et des résumés, selon nos critères d'inclusion et d'exclusion. Une dernière sélection a été effectuée après lecture complète des études restantes, dans le but de nous assurer de la présence de l'*outcome* que nous souhaitons analyser (qualité de vie, état psychologique). En cas de discordance, nous avons échangé afin de parvenir à un accord. Tous les *outcomes* et les tests utilisés dans les derniers articles sélectionnés ont été recensés suite à la sélection [annexe 3].

2.4 Evaluation des risques de biais

Le risque de biais des études incluses a été évalué à l'aide de la version française de l'échelle PEDro [annexe 4] qui est un instrument de mesure fiable et valide pour vérifier la qualité méthodologique d'une étude randomisée contrôlée (RCT). Chaque étude est examinée à l'aide de 11 critères de qualité au total. Le premier critère, évaluant la validité externe (critères d'éligibilité), n'est pas pris en compte dans le calcul du score. Les critères deux à neuf évaluent la validité interne, alors que les critères dix et onze évaluent les informations statistiques, afin de déterminer si celles-ci sont suffisantes pour interpréter les résultats. Le score maximal est donc de 10 points. L'évaluation de chaque point se fait en cochant "oui" si le critère est rempli, ou "non" si le critère n'est pas rempli ou n'est pas clairement évoqué (PEDro, 2016). L'établissement du score a été effectué en double aveugle, puis nous avons discuté des divergences d'opinion afin d'établir un consensus.

2.5 Extraction des données descriptives

Nous avons extrait les données de chaque étude dans un tableau descriptif (cf. 3.2 – Figure 5). Les paramètres suivants y sont répertoriés : les auteurs, l'année de publication, le nombre de participants à l'étude, une description de l'intervention (type d'activité et de réalité virtuelle ; fréquence, durée et intensité des séances), une description du contrôle et les tests d'évaluation utilisés.

2.6 Extraction des données quantitatives

Pour chacune des études, les valeurs moyennes avant et après l'intervention (VM) ainsi que la déviation standard (SD), la différence entre les moyennes (Δ) et les valeurs P ont été extraites dans un tableau (cf. 3.5 – Figure 7). Une dernière colonne met en comparaison les scores des groupes intervention et contrôle à la fin de l'intervention. Nous avons pu extraire les données nécessaires directement dans les études.

2.7 Formation des groupes d'analyse

Nous avons examiné les données quantitatives (tableau d'extraction des données, cf. figure 7) et descriptives (tableau descriptif des études, cf. figure 5) recueillies, afin de former différents groupes et sous-groupes d'analyse.

Une méta-analyse est réalisable si au moins deux études utilisent le même test.

2.8 Analyse des résultats

Les données qui pouvaient faire l'objet d'une analyse quantitative ont été traitées dans la méta-analyse, tandis que celles qui ne s'y prêtaient pas ont été étudiées de façon qualitative. Nous avons effectué la méta-analyse avec le logiciel *Review Manager 5.4.1* (The Cochrane Collaboration, 2024). Afin de générer un *forest plot*, nous y avons introduit la valeur moyenne (VM), la déviation standard (SD) et le nombre de participants (N).

2.8.1 Valeurs seuils

Un résultat est considéré comme statistiquement significatif si sa valeur P est inférieure à 0.05. Nous avons évalué l'hétérogénéité statistique grâce à la valeur du I^2 , ce qui permet de déterminer si les variations dans les résultats sont dues au hasard ou à l'hétérogénéité. Un I^2 inférieur à 40% démontre une hétérogénéité faible, 30-60% modérée, 50-90% notable et 75-100% considérable.

3. Résultats

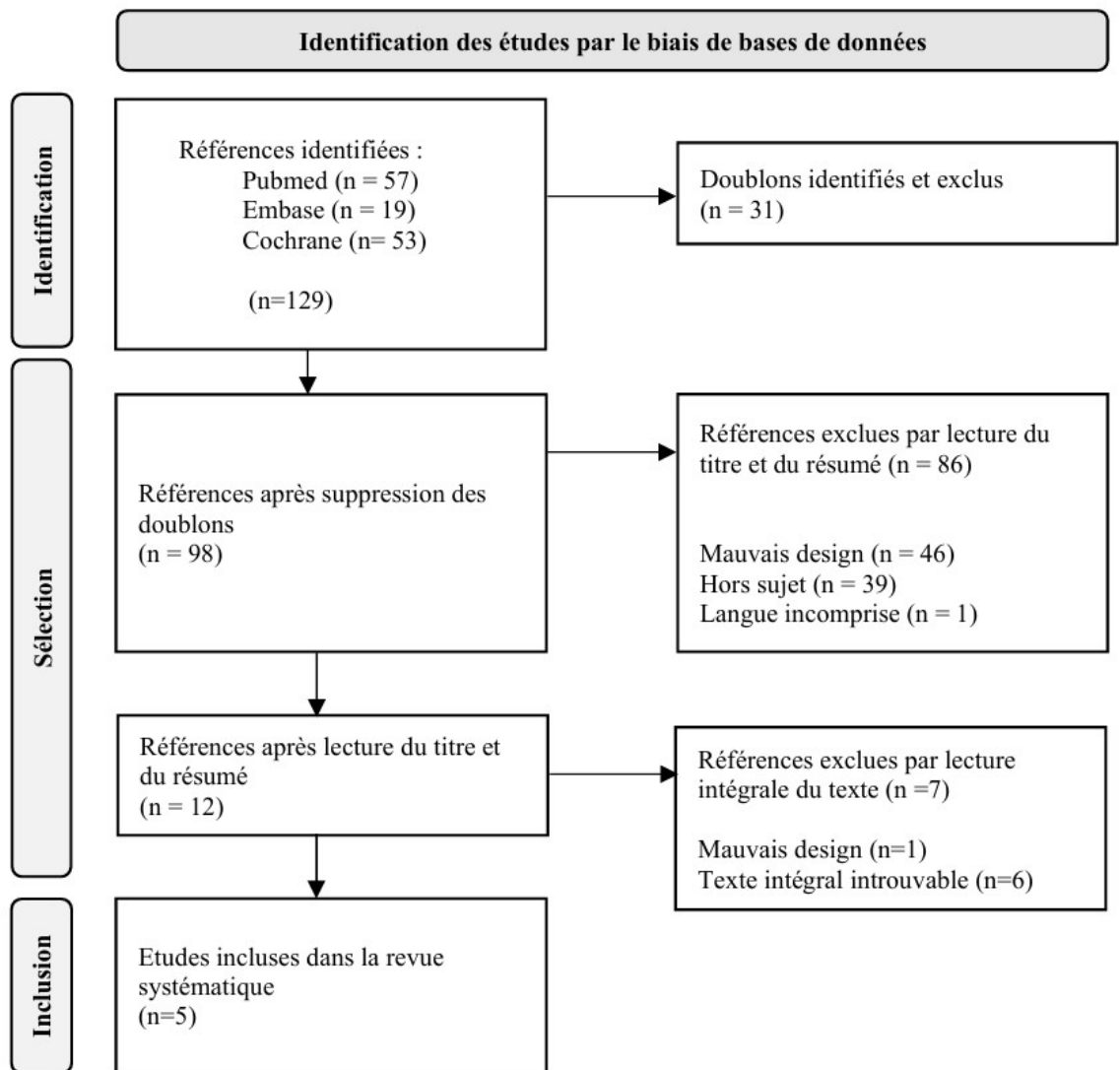
3.1 Identification des études

Suite aux recherches dans les trois bases de données citées précédemment, nous avons identifié 129 études et 31 doublons ont été exclus d'office. Il restait ainsi 98 articles. La sélection par les titres et résumés en double-aveugle nous a mené à exclure 86 articles après la mise en commun. Les principaux motifs d'exclusion sont les suivants : mauvais design, par exemple une revue, un protocole, un article de journal etc. (N= 46), hors sujet, par exemple sur l'impact de la génétique, de la prévention ou de la chirurgie (N =39), et langue non incluse dans nos critères d'éligibilités (N=1).

De ce fait nous avons lu le texte intégral d'un total de 12 articles. Certains n'étaient pas disponibles intégralement (N=6), ou ne respectaient pas nos critères d'éligibilité en effectuant une étude sans groupe contrôle (N=1). Au final, cinq études, toutes des études randomisées contrôlées (RCT), ont été incluses dans notre revue systématique.

Notre processus de sélection est présenté dans la figure suivante :

FIGURE 4 : DIAGRAMME DE FLUX, SELON PRISMA 2020 (PAGE ET AL., 2021)



3.2 Description des études incluses

Parmi les cinq RCT sélectionnés (cf. Figure 5), deux études (Pancini et al., 2023; Rutkowski, et al., 2021) comportent des thérapies passives avec VR ayant une visée relaxante, et trois études (Liu et al., 2016 ; Mazzoleni et al., 2014 ; Sutanto et al., 2019) comportent des thérapies actives avec VR ayant un but de renforcement musculaire. Les thérapies relaxantes sont toutes effectuées avec un casque de réalité virtuelle immersive, alors que les thérapies actives de Sutanto et al. (2019) et Mazzoleni et al. (2014) nécessitent un matériel de jeux vidéo (Wii Fit®). L'étude de Liu et al (2016) est une thérapie active et nécessite l'utilisation d'un casque de réalité virtuelle immersive. Un tableau descriptif des différents logiciels de réalité virtuelle utilisés dans les études que nous analyserons a été édité [annexe 5].

Chaque groupe effectue une réhabilitation pulmonaire standard. Un tableau récapitulatif des modalités des réhabilitations standards a été créé, car celles-ci varient d'une étude à l'autre (le type et le mode d'entraînement, l'intensité et la durée) [annexe 6]. Le nombre de sujets participant à chaque étude varie de 17 à 100, pour un total de 226 patients inclus dans les 5 études. La durée des réhabilitations oscille entre deux à 12 semaines, avec un total de séances allant de quatre à 60.

Trois RCT évaluent l'effet sur la qualité de vie (Liu et al., 2016 ; Mazzoleni et al., 2014 ; Sutanto et al., 2019). Trois RCT évaluent l'effet sur l'état psychologique (Mazzoleni et al., 2014; Pancini et al., 2023; Rutkowski et al., 2021).

Toutes les études emploient des tests d'auto-évaluations subjectives différents afin d'évaluer les patients quant à la qualité de vie (CAT ; SGRQ) et l'état psychologique (STAI ; BDEI ; HADS ; MHC-SF ; VAS ; PSQ) [annexe 7]. Le Saint George Respiratory Questionnaire (SGRQ) est utilisé à deux reprises, par Mazzoleni et al (2014) et Sutanto et al (2019).

FIGURE 5 : DESCRIPTIF DES ÉTUDES INCLUSES

Auteurs Année de publication	Nombre total Sexe Âge Stade	Intervention				Groupe contrôle : programme	Test de mesure des outcomes (Qualité de vie/état psy. / autre outcome)
		Type de VR Type d'activité	Fréquence	Durée d'une séance	Intensité		
Pancini et al., 2023	17 patients 7 femmes, 10 hommes Age moyen : 72 ans 4 légers, 3 modérés, 7 sévères	Oculus Quest 2® : Scénarios virtuels relaxants + exercice de dégustation avec audio préenregistré	4 séances en 2 semaines	10'	<i>nr</i>	Réhabilitation pulmonaire standard + musique relaxante 4 séances de 25'	VAS de la relaxation MHC-SF <i>MMSE</i> <i>SAT</i> <i>SPANE-N</i> <i>SPANE-P</i>
Sutanto et al., 2019	20 patients 19 hommes, 1 femme Age moyen : 65 ans 1 léger, 11 modérés, 8 sévères	Wii Fit ® : Yoga, musculation (trunk torsion), exercices aérobiques (free run)	3 séances hebdomadaires pendant 6 semaines	30'	FC > FC max selon Karnoven, FR > 30/min, SP02 < 90%	Réhabilitation pulmonaire standard	SGRQ <i>6MWT</i> <i>TDI</i> <i>MRC</i> <i>BODE</i>
Rutkowski et al., 2021	50 patients 41 femmes, 9 hommes Age moyen : 66 ans Pas de données	VR TierOne® (Stolgraf) : Séance stimulation visuelle, auditive et kinesthésique calme (entraînement à la relaxation)	5 séances hebdomadaires pendant 2 semaines	20'	<i>nr</i>	Réhabilitation pulmonaire standard + 10 séances de training autogène de Schultz + séances de 20' d'entraînement à la relaxation	PSQ HADS <i>6MWT</i> <i>VEMS</i>
Liu et al., 2021	100 patients 78 hommes, 22 femmes Pas de données 53 modérés, 37 sévères	Bio master ®: Simulation de cyclisme (renforcement des membres inférieurs)	5 séances hebdomadaires pendant 12 semaines	5' à 15'	En fonction de la tolérance	Réhabilitation pulmonaire standard	<i>6MWT</i> <i>FEV1</i> CAT <i>MoCA</i>
Mazzoleni et al., 2014	39 patients Pas de données Age moyen : 71,2 ans Pas de données	Wii Fit ®: Yoga, endurance (jogging plus), renforcement (trunk twisting, arm and leg squatting)	RP de 3 semaines, 7 séance de VR la dernière semaine	2x5' yoga, 10' jogging 10' renfo	Borg 4-6, FC >80% du maximum prévu, Sp02>85%	Réhabilitation pulmonaire standard	STAI BDEI SGRQ <i>SFT</i>

RP : réhabilitation pulmonaire. VAS : Visual Analog Test. HC-SF : Mental Health Continuum Short Form, MMSE : Mini Mental State Examination, SAT : saturation en oxygène, SPANE-N (0) : Scale of Positive and Negative Experience – Negative, SPANE-P (x) : Scale of Positive and Negative Experience – Positive, FR : Fréquence Respiratoire, SpO2 : Saturation pulsée en Oxygène, RP : Réhabilitation Pulmonaire, SGRQ : Saint George Respiratory Questionnaire, 6MWD : 6 Minutes Walking Test. TDI : Transitional Dyspnea Index, MRC : Medical Reserach Concil, BODE : Body mass index, airflow Obstruction, Dyspnea, and Exercise capacity, PSQ : Perception of Sress Questionnaire, HADS : Hospital Anxiety and Depression Scale, VEMS : Volume Expiratoire Maximum Seconde, FEV1 : Forced expiratory volume in the first second. CAT : COPD Assessment Test, VR : virtual reality, MoCA : Montreal Cognitive Assessment, BORG : Echelle de dyspnée de Borg modifiée, STAI : State and Trait Anxiety Inventory, BDEI : Beck

3.3 Qualité des études incluses

La figure 6 représente l'analyse de la qualité méthodologique des cinq études randomisées contrôlées incluses. L'analyse a été réalisée selon l'échelle PEDro (cf. chapitre 2.4).

FIGURE 6 : ANALYSE DU RISQUE DE BIAIS DES CINQ RCT

	Répartition aléatoire	Assignment secrète	Similarité des groupes	Sujet en aveugle	Thérapeute en aveugle	Examineurs en aveugle	Résultats >85% des participants	Analyse en intention	Comparaison statistique	Estimation de l'effet	
Pancini et al (2023)	✔	⊗	✔	⊗	⊗	⊗	✔	✔	✔	✔	6/10
Sutanto et al (2019)	✔	⊗	✔	⊗	⊗	⊗	✔	✔	✔	✔	6/10
Rutkowski et al (2021)	✔	✔	✔	⊗	⊗	⊗	✔	✔	✔	✔	7/10
Liu et al (2021)	✔	⊗	✔	⊗	⊗	⊗	✔	✔	✔	✔	6/10
Mazzoleni et al (2014)	✔	⊗	✔	⊗	⊗	⊗	✔	✔	✔	✔	6/10
<i>Pourcentage du risque par item</i>	0%	80%	0%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	

Les résultats sont soit « faible risque de biais », soit « haut risque de biais ».

Les études de Pancini et al. (2023), Sutanto et al. (2019), Liu et al. (2016) et Mazzoleni et al. (2014) obtiennent un score de six points sur 10. L'étude de Rutkowski et al. (2021) obtient un score de sept points sur dix.

Il n'y a pas de risque de biais lié à la répartition aléatoire des sujets, à la similarité des groupes comparés, à la disponibilité des résultats de plus de 85% des participants, à l'analyse en intention, à la comparaison statistique intergroupe et à l'estimation de l'effet. Un risque de biais de 80% a été évalué par rapport à l'assignation secrète des sujets à l'un des groupes. L'absence d'aveuglement des sujets, des thérapeutes et des examinateurs implique un risque de biais de 100%.

Aucun article n'a été exclu à la suite de l'analyse de la qualité.

3.4 Données manquantes

En mars 2024, une série de tentatives de prise de contact a été initiée avec certains auteurs dans le but d'obtenir des informations manquantes.

Dans un premier temps, nous avons écrit à Mme Elisa Pancini (Pancini et al., 2023) concernant la méthodologie de la réhabilitation pulmonaire standard employée tant dans le groupe contrôle que dans le groupe intervention. Nous cherchions à obtenir des informations notamment sur les modalités des exercices, leur intensité, leur durée, etc.

Par la suite, nous avons également tenté d'entrer en contact avec M. Huiling Liu (Liu et al., 2021), dans le but de recueillir des informations relatives à l'utilisation et à la fonctionnalité de la VR "BioMaster ®" utilisée dans leur étude.

À ce jour, ces démarches de contact n'ont pas permis de fournir les informations attendues.

3.5 Données quantitatives

FIGURE 7 : TABLEAU D'EXTRACTION DES DONNÉES QUANTITATIVES

		Test	Avant l'intervention	Après l'intervention				
			VM ± SD	VM ± SD	Valeur P	Diff. entre les moyennes (Δ)	La valeur P entre les deux groupes	Différence entre les groupes
Pancini et al., 2023	GC	EWB	3.56 ± 1.42	4.04 ± 1.17	<i>Nr</i>	- 0.48 ± 0.74	0.088	<i>ns</i>
	GI		2.83 ± 1.70	4.21 ± 0.94	<i>Nr</i>	- 1.33 ± 1.15		
	GC	PWB	4 ± 0.70	4.17 ± 0.75	<i>Nr</i>	- 0.16 ± 0.80	0.049*	GI > GC
	GI		3.23 ± 1.00	4.13 ± 0.73	<i>Nr</i>	- 0.89 ± 0.55		
	GC	VAS de relaxation	7.22 ± 3.19	9.56 ± 0.88	<i>Nr</i>	- 2.33 ± 3.50	0.270	<i>ns</i>
	GI		8.88 ± 1.72	9.63 ± 0.74	<i>Nr</i>	- 0.75 ± 1.83		
Sutanto et al., 2019	GC	SGRQ	54.1 ± 16.3	29.4 ± 9.9	0.001*	- 24.6 ± 17.3	0.523	<i>ns</i>
	GI	score total	57.7 ± 11.6	30.6 ± 5.9	0.001*	- 27.0 ± 14.3		
Rutkowski et al., 2021	GC	PSQ	56.36 ± 14.91	55.80 ± 14.19	0.7961	<i>Nr</i>	< 0.05*	GI > GC
	GI		score total	64.40 ± 15.88	58.32 ± 15.29	0.0069*		
	GC	HADS	15.16 ± 4.47	15.68 ± 5.29	0.6119	<i>Nr</i>	< 0.05*	GI > GC
	GI		score total	18.32 ± 4.90	13.24 ± 4.05	0.0001*		
Liu et al., 2021	GC	CAT	<i>Nr</i>	<i>Nr</i>	<i>Nr</i>	<i>Nr</i>	< 0.05*	GI > GC
	GI		<i>Nr</i>	<i>Nr</i>	<i>Nr</i>	<i>Nr</i>		
Mazzoleni et al., 2014	GC	STAI	43.8 ± 9.9	41.2 ± 9.7	0.001*	- 2.5 ± 2.1	0.788	<i>ns</i>
	GI		42.7 ± 14.6	39.7 ± 11.2	0.103	- 3.0 ± 7.9		
	GC	BDEI	9.0 ± 6.4	7.0 ± 5.5	0.037*	- 1.9 ± 3.0	0.724	<i>ns</i>
	GI		8.3 ± 5.7	5.9 ± 3.0	0.009*	- 2.4 ± 4.8		
	GC	SGRQ	47.8 ± 20.7	35.1 ± 19.8	0.001*	- 12.7 ± 14.9	0.657	<i>ns</i>
	GI		42.3 ± 16.4	31.5 ± 10.5	<0.001	- 10.8 ± 12.4		

* = statistiquement significatif, VM : Valeur Moyenne. SD : déviation standard. Diff. : Différence. GC : Groupe Contrôle. GI : Groupe Intervention. Nr : non-reporté. ns : non-significatif. EWB : Emotional Well Being. PWB : Psychological Well Being. VAS : Visual Analog Scale. SGRQ : Saint George Respiratory Questionnaire. PSQ : Perception of Stress Questionnaire. HADS : Hospital Anxiety and Depression Scale. CAT : COPD Assessment Test. STAI : State and Trait Anxiety Inventory. BDEI : Beck Depression Inventory. GI > GC : amélioration plus importante des résultats du GI par rapport au GC.

3.6 Formation des groupes d'analyse

Trois groupes d'analyse sont formés :

- Effet sur la qualité de vie (cf. 3.7.1)
- Effet sur l'état psychologique (cf. 3.7.2)
- Effet selon le type de VR (cf. 3.7.3)

Les critères d'élaboration d'une méta-analyse ont permis la formation d'un seul sous-groupe afin d'en réaliser une. Il concerne le Questionnaire Respiratoire de Saint-Georges (SGRQ) (Sutanto et al. 2019 ; Mazzoleni et al. 2014). La formation d'autres sous-groupes n'a pas été possible en vue de la disparité des données : différentes VR, différents tests, des tailles d'échantillon fluctuantes, une durée de réhabilitation qui varie, etc.

3.7 Analyse des résultats

3.7.1 Effet sur la qualité de vie

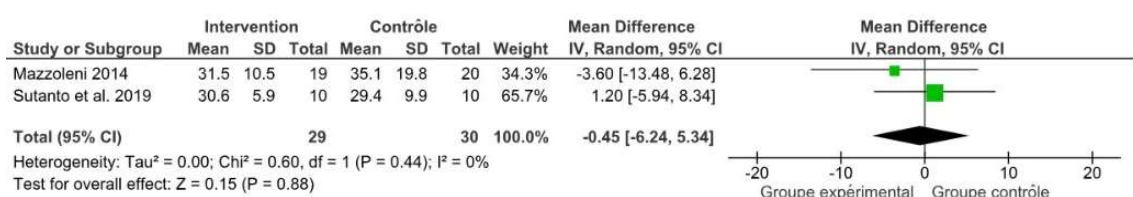
3.7.1.1 Résultats de Liu et al. (2021)

Liu et al. (2021) utilisent le *COPD Assessment Test* (CAT), conçu pour mesurer l'impact de la maladie sur la vie quotidienne et son évolution (CAT COPD Assessment Test, s. d.). Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes avant l'intervention ($P > 0.05$). A la fin de la réhabilitation, le score CAT du GI s'est nettement amélioré ($P > 0.05$) avec une différence statistiquement significative entre les deux groupes.

3.7.1.2 Résultats de Sutanto et al. (2019) et Mazzoleni et al. (2014)

Comme ces deux études ont utilisé le Questionnaire Respiratoire de Saint-Georges (SQRG), qui évalue l'impact sur la santé globale, la vie quotidienne et la perception du bien-être (American Thoracic Society, s. d.), nous avons pu réaliser une méta-analyse sur ces travaux (cf. Figure 8). L'effet global de l'intervention est de -0.45 [-6.24 à 5.34]. Le I^2 est de 0%, ce qui démontre une hétérogénéité faible.

FIGURE 8 : MÉTA-ANALYSE DE L'EFFET DE LA RÉALITÉ VIRTUELLE SUR LA QUALITÉ DE VIE, SELON LE SGRQ. GROUPE EXPÉRIMENTAL VS GROUPE CONTRÔLE



3.7.1.4 Synthèse des résultats sur la qualité de vie

La qualité de vie s'est améliorée de manière statistiquement significative à la fin de l'intervention dans les trois études, à la fois dans le GC et dans le GI. Une différence statistiquement significative est observée entre les deux groupes uniquement avec le score CAT, dans l'étude de Liu et al. (2021), où le GI présente une nette amélioration. Dans ce protocole, le GI pratiquait un exercice physique sur la bicyclette ergométrique tout en portant un casque de VR immersive (BioMaster®), qui présentait un décor naturel. Les deux autres études, de Sutanto et al. (2019) et de Mazzoleni et al. (2014), utilisaient le logiciel Wii Fit® afin de réaliser différents exercices (yoga, aérobique, musculation, etc.). Un tableau synthétisant les résultats a été réalisé [annexe 8].

3.7.2 Effet sur l'état psychologique

3.7.2.1 Résultats de Mazzoleni et al. (2014)

Ils ont utilisé le questionnaire STAI (*State and Trait Anxiety Inventory*), traduit en italien et validé, pour mesurer l'anxiété. Une différence significative ($P < 0.001$) est relevée entre la valeur moyenne (VM) du GC avant (43.8 ± 9.9) et après (41.2 ± 9.7) l'intervention. Au contraire, aucune différence significative n'est présente pour le GI entre la VM avant (42.7 ± 14.6) et après (39.7 ± 11.2) l'intervention. À la fin de l'étude, l'état d'anxiété s'est donc significativement amélioré dans le GC mais pas dans le GI, mais la différence entre les deux groupes ne l'est pas ($P = 0.78$).

De plus, ils ont utilisé le BDEI (*Beck Depression Inventory*), également traduit en italien et validé, qui quantifie l'état dépressif. Une différence significative ($P = 0.037$) est relevée entre la VM du GC avant (9.0 ± 6.4) et après (7.0 ± 5.5) l'intervention, de même pour le GI (avant : 8.3 ± 5.7 , après : 5.9 ± 3.0 , $P = 0.009$). Cela montre que l'état dépressif s'est amélioré de manière significative dans les deux groupes, sans qu'il n'y ait de différence significativement plus marquée dans le GI ($P = 0.72$).

3.7.2.2 Résultats de Pancini et al. (2023)

Dans cette étude, deux questionnaires sont employés : le MHC-SF et le VAS de relaxation.

Le MHC-SF (*Mental Health Continuum Short Form*) mesure avec deux sous-échelles le bien-être émotionnel appelé EWB (*Emotional Well Being*) et le bien-être psychologique appelé PWB (*Psychological Well Being*).

Pour le EWB, la VM du GC est de 3.56 ± 1.42 avant l'intervention et de 4.04 ± 1.17 après l'intervention. La VM du GI est de 2.83 ± 1.70 avant l'intervention et de 4.21 ± 0.94 après l'intervention. Il n'y a aucune différence statistiquement significative entre les deux groupes au sujet du bien-être émotionnel ($P=0.088$).

Concernant le PWB, la VM du GC est de 4 ± 0.70 avant l'intervention et de 4.17 ± 0.75 après l'intervention. La VM du GI est de 3.23 ± 1.00 avant l'intervention et de 4.13 ± 0.73 après l'intervention. Il y a une légère différence statistiquement significative en faveur du GI par rapport au GC, à la fin de l'intervention, indiquant une amélioration du bien-être psychologique ($P=0.049$).

Dans cette étude, une échelle visuelle analogique (VAS) a été utilisée comme auto-évaluation de la relaxation après chaque session de VR. La VM du GC est de 7.22 ± 3.19 avant l'intervention et de 9.56 ± 0.88 après. La VM du GI est de 8.88 ± 1.72 avant l'intervention et de 9.63 ± 0.74 après. La relaxation est meilleure après la réhabilitation, mais il n'y a aucune différence statistiquement significative entre les deux groupes à la suite de l'intervention ($P=0.27$). L'amélioration est similaire.

3.7.2.3 Résultats de Rutkowski et al. (2021)

Dans cette étude, le PSQ et le HADS ont été analysés.

L'échelle PSQ (*Perception of Stress Questionnaire*) examine le niveau de stress par la tension émotionnelle, le stress externe, le stress intrapsychique et le score total.

Concernant la tension émotionnelle, le stress externe et le score total, nous avons des résultats similaires. Il n'y a pas de différence significative relevée entre les VM du GC avant et après l'intervention. Au contraire, une différence significative est présente pour les VM du GI avant et après l'intervention. La réduction des scores indique une diminution de ces trois items.

En revanche, pour le stress intrapsychique, une différence non significative est observée entre les VM du GI et du GC avant et après l'intervention. Cela n'indique aucune amélioration suite à la réhabilitation.

Le score de l'HADS (*Hospital Anxiety and Depression Scale*) est également analysé. Il comprend l'échelle HADS-A (*Hospital Anxiety and Depression Scale – Anxiety*) évaluant l'anxiété et l'échelle HADS-D (*Hospital Anxiety and Depression Scale – depression*) évaluant la dépression.

Pour ces deux items ainsi que le score total, nous avons des résultats similaires. Il n'y a pas de différence significative relevée entre la VM du GC avant et après l'intervention. Au contraire, une différence significative est présente pour la VM du GI avant et après l'intervention, avec une réduction des scores indiquant une diminution de l'anxiété et de la dépression.

Les résultats numériques sont recensés dans le tableau des données quantitatives (cf. Figure 7).

3.7.2.4 Synthèse des résultats sur l'état psychologique

Ensemble, les études sélectionnées montrent que l'état psychologique ne s'est pas amélioré dans tous les GC entre le début et la fin des réhabilitations pulmonaires. En revanche, tous les groupes bénéficiant de la réalité virtuelle ont observé une amélioration des résultats.

L'anxiété et le stress ont été évalués avec le *Stait and Trait Anxiety Inventory* (STAI), le *Perceived Stress Questionnaire* (PSQ) et le *Hospital Anxiety and Depression Scale – Anxiety* (HADS-A). Une différence statistiquement significative est observée entre les deux groupes avec le PSQ et le HADS-A. Le score du STAI a évolué de manière similaire entre les groupes.

La dépression a été évaluée à l'aide du *Beck Depression Inventory* (BDEI) et le *Hospital Anxiety and Depression Scale – Depression* (HADS-D). Une différence statistiquement significative est observée entre les deux groupes avec le HADS-D, où le GI uniquement présente une amélioration du score. Le score du BDEI a évolué de manière semblable entre les groupes.

La santé mentale a été évaluée par le MHC-SF. Une légère différence statistiquement significative entre le GI et le GC a été observée pour le bien-être psychologique (MHC-SF PWB). Le bien-être émotionnel (MHC-SF EWB) et la relaxation (VAS) quant à eux ont montré une amélioration similaire dans les deux groupes.

Un tableau synthétisant les résultats a été réalisé [annexe 8].

3.7.3 Effets selon le type de réalité virtuelle

Dans les différentes études analysées, deux faisaient usage de VR immersive et trois de VR semi-immersive.

Les études ayant utilisé un dispositif de VR immersive observaient l'état psychologique (Pancini et al., 2023 ; Rutkowski et al., 2021) et la qualité de vie (Liu et al., 2021). Plus

spécifiquement, Pancini et al. (2023) bénéficient de l'Oculus Quest 2® afin de pratiquer des entraînements à la relaxation, tout comme Rutkowski et al. (2021) le font avec la VR Tier One®. Au contraire, Liu et al. (2021), qui utilisent la VR Bio master®, réalisent une simulation de cyclisme sur une bicyclette ergométrique dans le but d'améliorer la condition physique. Tous ont pu constater une amélioration des scores plus importantes pour les patients du GI par rapport au GC.

A l'inverse, les utilisateurs de la VR semi-immersive, qui s'intéressaient à la qualité de vie (Sutanto et al., 2019 ; Mazzoleni et al., 2014) et à l'état psychologique (Mazzoleni et al., 2014), n'ont observé aucune différence significative entre les groupes à la suite de l'intervention. Ils usaient tous deux du dispositif de jeu vidéo Wii Fit® et procédaient à des exercices physiques (yoga, aérobique, musculation).

Un tableau synthétisant les résultats a été réalisé [annexe 8].

4. Discussion

Cette revue systématique avec méta-analyse évalue si la VR comme complément à la RP impacte le patient souffrant de BPCO de manière à diminuer le stress, l'anxiété ou l'état dépressif, et à améliorer la qualité de vie. Les résultats sont obtenus grâce à des questionnaires d'auto-évaluation fiables et valides. Suite au tri en double aveugle, cinq études ont été retenues. Il s'agissait uniquement d'études randomisées contrôlées.

4.1 Qualité des études.

Parmi les cinq RCT analysées, quatre présentent un score de six points sur dix à l'échelle de PEDro, et une présente un score de sept points sur dix. Cela représente un risque de biais intermédiaire. Les points non-attribués concernent l'attribution secrète, qui n'a été clairement énoncée qu'une seule fois, et le critère « en aveugle » pour les patients, les thérapeutes et les examinateurs. Il est difficile de compléter ces trois critères, du fait de l'évidence de la présence ou non de VR dans les différents groupes. L'absence d'aveuglement peut engendrer une modification du comportement des patients et un effet placebo, ou encore une modification de la manière d'évaluer des examinateurs (évaluation non-objective). À nos yeux, en lien avec ce dernier point, un score de sept points est le score maximal pouvant être obtenu pour ces études. De ce fait, nous estimons que la qualité méthodologique des cinq RCT amène de la fiabilité à nos résultats, malgré des domaines où des biais peuvent être présents.

4.2 Synthèse des résultats

Les résultats montrent une différence statistiquement significative entre les groupes lors de l'utilisation de la VR immersive par rapport à l'amélioration de la qualité de vie et de l'état psychologique, dans les études de Pancini et al. (2023), Rutkowski et al. (2021) et Liu et al. (2021).

Nous avons relevé des différences dans l'utilisation de la VR au sein des programmes. Pour commencer, les dispositifs utilisés ne sont pas semblables : Oculus Quest®, TierOne® et Bio Master®. Pancini et al. (2023) et Rutkowski et al. (2021) emploient leur VR afin de pratiquer des exercices passifs quotidiens à visée relaxante. L'Oculus Quest®, utilisé par Pancini et al. (2023), est un outil ludique commercialisé au grand public, tandis que TierOne®, développé en Pologne et utilisé par Rutkowski et al. (2021), est conçu uniquement pour un usage médical. Liu et al. (2021) ont utilisé BioMaster® dans le cadre de l'entraînement de la condition physique (endurance).

Les études bénéficiant de la VR semi-immersive (Sutanto et al. 2019 ; Mazzoleni et al. 2014), ont pu être associées afin d'effectuer une méta-analyse en raison d'un même test d'évaluation (SGRQ), d'une taille d'échantillon relativement similaire, de l'utilisation de la même VR et d'une réhabilitation pulmonaire comparable. Ces deux études basaient leur intervention sur le yoga, l'endurance et le renforcement avec la Wii Fit® dans le cadre d'un RP standard. Comme le montre le *forest plot*, à la fin de l'intervention leurs résultats n'indiquent aucune différence statistiquement significative entre les groupes au sujet de la qualité de vie. La méta-analyse permet de se prononcer sur la non-influence de la VR semi-immersive sur cet *outcome*.

4.3 Comparaison avec la littérature existante

Cette revue systématique au sujet de la BPCO et de la VR est la première, à notre connaissance, à se concentrer exclusivement sur l'amélioration de la qualité de vie et l'état psychologique, fréquemment touché chez les patients atteints de BPCO. Nous avons procédé à une comparaison avec la littérature existante, sur la base d'une même pathologie, d'une intervention similaire ou d'un *outcome* différent.

La littérature concernant la VR, la BPCO et la réhabilitation pulmonaire la plus ancienne date de 2014, mais nous observons un pic d'intérêt pour ce domaine avec de multiples études ou protocoles à partir de 2021, probablement des suites de la pandémie. La grande majorité des RCT sorties durant cette période étudie l'impact de la VR sur la condition

physique, l'endurance, ou sur les fonctions pulmonaires (Frade et al., 2019; Rutkowski et al., 2019, 2020, 2021 ; Sutanto et al., 2019; Xie et al., 2021) et incluent rarement l'impact sur la qualité de vie et l'état psychologique. Par exemple, l'étude de Rutkowski et al. (2019), qui compare également deux réhabilitations à l'hôpital, dresse le constat que l'ajout de la VR est une option réalisable, car elle améliore la tolérance à l'exercice et la condition physique.

Nous avons recensé, au début de notre recherche de littérature, deux revues systématiques (Huang et al., 2023; Patsaki et al., 2023) qui étudiaient l'intégration de la VR lors de réhabilitations pulmonaires pour patients atteints de BPCO, principalement dans le but d'observer les bénéfices généraux (fonctions pulmonaires, capacité d'exercice, dyspnée, statut psychologique). L'une des conclusions principales de la revue menée par Patsaki et al., (2023) met en évidence l'effet positif de ces nouvelles technologies sur la capacité d'exercice. Bien que des améliorations aient été constatées dans les valeurs de la spirométrie (donc des fonctions pulmonaires), aucune amélioration significative de la dyspnée n'a été observée. Un de leurs *outcomes* secondaires peut être comparé à notre revue systématique. En effet, Patsaki et al. (2023) analysent brièvement le statut psychologique, sans méta-analyse, à l'aide de deux études. Leurs résultats indiquent une réduction de l'anxiété et de la dépression, sans différence statistiquement significative entre les groupes. Ceci concorde en partie avec nos résultats. Quant à la revue établie par Huang et al., (2023), celle-ci s'intéresse uniquement aux *serious game*, c'est-à-dire la VR semi-immersive. Une réhabilitation menée à domicile était incluse dans leur analyse, ce qui était un critère d'exclusion dans notre travail. Ils ont eux aussi relevé une amélioration de la fonction pulmonaire et de la capacité physique. Un point important était l'augmentation de l'adhérence et de la motivation à suivre la thérapie. Leurs résultats quant à la qualité de vie et l'état psychologique sont similaires à l'étude de Patsaki et al. (2023).

Sachant que notre sujet suscite un grand intérêt scientifique actuellement, nous avons relancé notre équation sur les bases de données en mai 2024 afin de vérifier la parution éventuelle de littérature supplémentaire. Nous avons relevé la parution d'une revue avec méta-analyse par Chai et al., (2023). Leur revue systématique, axée principalement sur les améliorations fonctionnelles telles que la dyspnée et la condition physique, a également examiné l'impact de la VR sur l'état psychologique en incluant trois RCT (Mazzoleni et al., 2014 ; Rutkowski et al., 2021 ; Geng et al., 2020). Leurs critères d'éligibilité présentent des différences par rapport aux nôtres. En effet, Chai et al. (2023) incluent

aussi des RCT sur des RP à domicile et sans supervision d'un professionnel de santé. Les résultats concordent en partie avec les nôtres, suggérant que la RP complétée par la VR peut améliorer de manière significative les symptômes d'anxiété et de dépression (état psychologique) chez les patients. Cependant, ils ne comparent par l'effet des différentes VR utilisées dans leurs trois études. Suite à la disponibilité limitée de preuves de haute qualité, les auteurs suggèrent de plus amples recherches liées à la RP à domicile.

De plus, on peut observer dans la littérature déjà existante un intérêt naissant sur la promotion de l'utilisation de la VR en télé-réadaptation, forcée par la pandémie mondiale du COVID-19. En effet, selon Rutkowski, (2021), la pandémie de maladie du COVID-19 a entraîné des limitations majeures pour les soins de santé publique. Les systèmes de santé n'étaient pas du tout préparés à une épidémie de cette ampleur. La recherche de nouvelles technologies attrayantes pour aider les patients atteints de maladies pulmonaires chroniques à effectuer leur réhabilitation à domicile semble être justifiée. Rutkowski et al. (2021) ont donc évalué les défis imposés par la pandémie. Leurs conclusions indiquent qu'en vue de l'efficacité prometteuse en termes d'amélioration de la condition physique et de l'acceptabilité élevée de la part des patients, la VR pourrait contribuer à soulager le système de soins de santé. Ils concluent en affirmant qu'il faudrait que les télé-réhabilitations soient de qualité similaire, voir supérieure à une réadaptation pulmonaire standard. Le fait que le patient ne soit pas supervisé par un professionnel de la santé se révèle être un défi. Dans ce contexte, l'étude de Barata et al., (2022) compare une réhabilitation pulmonaire conventionnelle avec une réhabilitation à domicile effectuée avec une application mobile sur téléphone. Nous n'avons pas inclus cette étude, car le GI effectue la RP à domicile et qu'il n'utilise pas de VR. Leurs conclusions indiquent que le GI montre une amélioration significative sur les fonctions respiratoires, l'endurance et le score CAT par rapport au GC. Les auteurs affirment donc que la RP à domicile avec une application mobile a prouvé sa non-infériorité par rapport à la rééducation traditionnelle avec des mesures meilleures dans les domaines cités au-dessus. Cet engouement envers la recherche dans le domaine de la télé-réhabilitation est réjouissant pour l'avenir de la prise en charge des patients atteints de BPCO.

La majorité des recherches scientifiques sur la VR se concentre sur la neuro-réadaptation. Plusieurs revues ont été publiées au cours des dix dernières années sur l'utilisation de la VR pour des pathologies neurologiques. Un exemple est l'utilisation de la VR pour améliorer la qualité de vie et l'état psychologique chez des patients atteints de la maladie de Parkinson. La dernière revue systématique avec méta-analyse, menée par Lei et al.,

(2019), qui comprend six RCT, rapporte une amélioration de la qualité de vie, mesurée à l'aide d'échelles spécifiques à cette maladie. Nous avons également identifié une revue systématique avec méta-analyse, comparant une réhabilitation avec et sans VR pour des patients ayant subi un accident vasculaire cérébral (AVC). Cette revue ne démontre pas de résultats statistiquement significatifs au sujet de la dépression et la qualité de vie (Q. Zhang et al., 2021).

En résumé, dans plusieurs domaines de la réadaptation physiothérapique, l'ajout de la VR est étudié. Nous avons observé que l'effet de cette intervention varie en fonction de la pathologie, du lieu ou encore du type de VR utilisé.

4.4 Forces et limites

4.3.1 Forces

Notre travail possède plusieurs points forts.

Premièrement, nous estimons que notre travail permet de renforcer l'intérêt clinique concernant les recherches à ce sujet. Suite à l'engouement croissant pour la VR et son développement en tant qu'outil thérapeutique, nous pensons qu'il est important d'approfondir les recherches en lien avec la BPCO, dont la prévalence, et donc les coûts, augmentent avec les années. A notre connaissance, peu d'auteurs ont exploré l'efficacité de la VR sur l'anxiété, la dépression et la qualité de vie chez les patients atteints de BPCO. Tous les articles ont été publiés entre 2014 et 2023, les données sont donc actuelles.

Deuxièmement, les patients sélectionnés pour les interventions présentent tous un état stable de la maladie, ce qui permet d'éviter les désagréments et variations liés aux exacerbations, et ainsi une meilleure homogénéité des résultats.

Troisièmement, nous avons effectué une large recherche sur trois bases de données, qui a permis la sélection uniquement d'études randomisées contrôlées. Cela donne de la crédibilité ainsi qu'une force méthodologique à notre travail, car elles représentent un haut niveau d'évidence scientifique. La présence des groupes contrôles a permis des comparaisons précises de l'évolution des *outcomes* étudiés avant et après les différentes réhabilitations pulmonaires. Nous avons également pu réaliser une méta-analyse avec deux études incluant la VR semi-immersive et le questionnaire respiratoire de Saint-Georges ce qui a ajouté de la valeur à notre analyse.

Finalement, d'un point de vue personnel, nous avons pu approfondir nos connaissances sur la maladie ainsi que sur la VR (différents types, utilisation dans le domaine médical).

Nous avons également développé différentes compétences dans la réalisation d'un travail scientifique (recherches dans les bases de données, sélection et lecture d'articles scientifiques, analyses des données, écriture scientifique). Ce travail a renforcé notre coopération en tant que binôme et nous avons su travailler ensemble pour atteindre les objectifs que nous nous étions fixés, en nous remettant fréquemment en question.

4.3.2 Limites

Malgré ces atouts, notre travail comporte plusieurs limites.

Tout d'abord, nous avons été contraintes d'exclure un certain nombre d'études, car nous n'avons pas pu accéder aux articles complets, ou que celles-ci n'étaient pas terminées, ou au stade de protocole.

Ensuite sont utilisés uniquement des questionnaires d'auto-évaluation pour mesurer la qualité de vie et l'état psychologique. Il serait intéressant d'utiliser également des méthodes quantitatives et implicites, qui pourraient apporter des résultats objectifs (Noushad et al., 2021). Par exemple, le cortisol capillaire et urinaire est un important biomarqueur du niveau de stress chronique (qui fait partie du concept de l'état psychologique) et dont le taux est mesurable.

Toujours au sujet des questionnaires, leur diversité a pu induire des variations dans nos résultats, car chacun de ces tests n'a pas la même précision (plus ou moins longs) ou n'investigue pas forcément les mêmes aspects de la qualité de vie ou de l'état psychologique. Cette diversité a rendu possible la réalisation d'une seule méta-analyse.

De plus, la petite taille des échantillons de nos études (hormis celle de Liu et al. (2021) avec 100 patients) peut également influencer la validité de nos résultats, car il suffit que quelques patients augmentent drastiquement leur score pour avoir une moyenne différente.

À propos des différentes réhabilitations pulmonaires, les modalités d'entraînement des programmes de base différaient considérablement entre les études, que ce soit à propos de la durée de la réhabilitation, du nombre de séances hebdomadaires, ou encore des activités programmées. Ces différentes modalités ont pu influencer l'efficacité des thérapies effectuées non seulement par le groupe expérimental mais également par les patients du groupe contrôle. Il est difficile de prédire un effet à long terme puisqu'aucune étude n'a effectué de mesure de suivi.

Tous les patients au sein d'un même groupe n'étaient pas diagnostiqués au même stade de la maladie. Cela a peut-être pu influencer la réponse aux diverses modalités des réhabilitations. Des études réalisées sur des groupes homogènes pourraient offrir de plus amples informations quant à l'efficacité des thérapies selon le stade de BPCO.

Enfin, un problème sous-jacent à l'utilisation des casques de VR immersive est l'apparition de nausées (engendrées par le monde immersif) ou de fatigue visuelle, dues à l'absence de réglementation quant à son usage (Amber et al., 2021 ; Benkhaled et al., 2020). Ces conséquences pourraient exercer une influence sur la réalisation des exercices et l'adhérence à la thérapie.

Enfin, ces limitations amènent certaines pistes pour les recherches futures.

4.5 Implications

4.4.1 Pour la pratique

Malgré les recherches, nous ne pouvons pas encore formuler des recommandations précises concernant l'ajout systématique de la VR à la RP. Toutefois, les études menées jusqu'à présent ont démontré des signes encourageants d'amélioration de la qualité de vie et de l'état psychologique selon le type de VR et selon son utilisation.

Ensuite, la VR représente tout de même un investissement financier important pour les institutions qui souhaiteraient en faire usage. Les coûts associés à l'achat de l'équipement, son entretien, ou encore à la formation du personnel ne sont pas négligeables. Cela doit être pris en compte par les institutions qui envisageraient d'introduire cette technologie dans leurs programmes de RP.

Bien que la VR semble apporter des avantages au sujet du bien être psychologique et de la qualité de vie des patients, il est également important pour nous de souligner que la RP traditionnelle demeure le pilier central de la prise en charge des patients atteints de BPCO, grâce aux bienfaits démontrés sur tous les aspects de la maladie. L'ajout de la VR ne doit pas détourner l'attention des modalités essentielles des programmes standards, qui sont l'exercice physique, l'éducation thérapeutique et l'accompagnement psychosocial.

Il serait également pertinent d'élaborer une formation continue sur ces technologies virtuelles en constante évolution pour les thérapeutes et cliniciens, ainsi que d'intégrer dans le Bachelor des cours abordant ces méthodes.

4.4.2 Pour la recherche

Ce travail permet d'observer actuellement où les recherches se situent à ce sujet. La recherche future devrait continuer de s'intéresser à ces différents effets sur la qualité de vie et l'état psychologique, mais en effectuant des études sur des échantillons de taille supérieure, à plus long terme, ainsi qu'à l'aide de tests qualitatifs et quantitatifs similaires afin d'obtenir des données plus précises et comparables. Suite à nos observations, nous suggérons d'approfondir le développement de l'utilisation de la réalité virtuelle immersive, qui semble avoir le plus d'impact sur l'état psychologique.

Des études supplémentaires sont nécessaires pour déterminer si la VR augmente l'adhésion des patients aux séances d'entraînement. Dans le cadre des maladies chroniques, c'est un point crucial pour conduire à des résultats favorables sur le long terme. De futures études devraient explorer l'effet de l'intégration de la VR à domicile pour les télé-réhabilitations mises en place afin de maintenir les bienfaits acquis à l'hôpital (Rutkowski, et al., 2021). Il serait également très intéressant de mener ces recherches en regroupant les patients selon le stade de la maladie, afin de déterminer si ce dernier a un impact sur la réponse aux thérapies.

Pour terminer, nous pouvons suggérer, tout comme Huang et al. (2023) ainsi que Chai et al. (2023), des recherches complémentaires qui mèneraient au développement de protocoles de réhabilitation *evidence-based* concernant les modalités d'intégration de la VR au sein d'une RP.

Il serait intéressant également d'effectuer une étude avec deux groupes utilisant chacun une VR différente, avec les mêmes modalités d'entraînement de RP et ainsi également définir quelle VR serait la plus efficace. De plus, cela permettrait de diminuer le biais lié à l'aveuglement (cf. 4.1).

5. Bibliographie

- Agarwal, A. K., Raja, A., & Brown, B. D. (2024). Chronic Obstructive Pulmonary Disease. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559281/>
- Agusti, A., Celli, B. R., Criner, G. J., & Halpin, D. (2023). Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease 2023 Report : GOLD Executive Summary. *European respiratory journal*. <https://doi.org/10.1183/13993003.00239-2023>
- Amber, M., Benkhaled, M., Pincemail, M., Verebi, E., & Claude, I. (2021). Apports et limites de la réalité virtuelle dans les pratiques médicales en 2020. *IRBM News*, 42(3), 100325. <https://doi.org/10.1016/j.irbmnw.2021.100325>
- American Thoracic Society. (s. d.). *St. George's Respiratory Questionnaire (SGRQ)*. Consulté 10 mars 2024, à l'adresse <https://www.thoracic.org/members/assemblies/assemblies/srn/questionnaires/sgrq.php>
- Barata, P. I., Crisan, A. F., & Maritescu, A. (2022). Evaluating Virtual and Inpatient Pulmonary Rehabilitation Programs for Patients with COPD. *Journal of Personalized Medicine*. <https://doi.org/10.3390/jpm12111764>
- Baty, F., Putora, P. M., Isenring, B., Blum, T., & Brutsche, M. (2013). Comorbidities and burden of COPD : A population based case-control study. *PloS One*, 8(5), e63285. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063285>
- Benkhaled, M., Pincemail, M., & Verebi, E. (2020). *Utilisations et apports de la réalité virtuelle dans les pratiques médicales en 2020*. Bibliothèque des travaux Master. <https://travaux.master.utc.fr/formations-master/ingenierie-de-la-sante/ids085/>
- Bouraghi, H., Mohammadpour, A., Khodaveisi, T., Ghazisaeedi, M., Saedi, S., & Familgarosian, S. (2023). Virtual Reality and Cardiac Diseases : A Systematic

- Review of Applications and Effects. *Journal of Healthcare Engineering*, 2023, 8171057. <https://doi.org/10.1155/2023/8171057>
- Casaburi, R. (2018). Pulmonary Rehabilitation : Where We've Succeeded and Where We've Failed. *COPD*, 15(3), 219-222. <https://doi.org/10.1080/15412555.2018.1503245>
- CAT COPD Assessment Test. (s. d.). *The COPD Assessment Test (CAT)*. Consulté 10 mars 2024, à l'adresse <https://www.catestonline.org/hcp-homepage.html>
- Chai, X., Wu, L., & He, Z. (2023). Effects of virtual reality-based pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease : A meta-analysis. *Medicine*, 102(52), e36702. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000036702>
- Colombo, V., Aliverti, A., & Sacco, M. (2023). Virtual reality for COPD rehabilitation : A technological perspective. *Pulmonology journal, Pulmonology*(28), 119-133. <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2020.11.010>
- Compiègne, J. (2023, juillet 4). *La réalité virtuelle en santé : Un secteur en pleine croissance - Actualités*. French Healthcare. <https://frenchhealthcare.fr/fr/la-realite-virtuelle-en-sante-un-secteur-en-pleine-croissance/>
- Dalal, A. A., Shah, M., Lunacsek, O., & Hanania, N. A. (2011). Clinical and economic burden of depression/anxiety in chronic obstructive pulmonary disease patients within a managed care population. *COPD*, 8(4), 293-299. <https://doi.org/10.3109/15412555.2011.586659>
- Fettal, N., Bezioui, Y., & Taleb, A. (2017). La qualité de vie des patients BPCO. *Revue des Maladies Respiratoires*, 34, A167. <https://doi.org/10.1016/j.rmr.2016.10.396>
- Frade, M. C., Dos Reis, I., & Basso-Vanelli, R. (2019). Reproducibility and Validity of the 6-Minute Stationary Walk Test Associated With Virtual Reality in Subjects

With COPD. *Respiratory Care*, 64, Issue 4.

<https://doi.org/10.4187/respcare.06237>

Geng, M., Niu, M., & Han, Y. (2020). Effects of applying home -based somatosensory interactive game training for fatigue and negative emotions of patients with stable COPD. *Nursing Prac Res.*, 17, 68-71.

Gex, G. (2018). BPCO : traitement selon la nouvelle classification ABCD – traitement et prévention des exacerbations. *Rev Med Suisse*.
https://www.revmed.ch/view/428084/3697747/RMS_591_206.pdf

Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. (2023). *Global strategy for the diagnosis, management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease (2023 report)*. https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2023/12/GOLD-2024_v1.1-1Dec2023_WMV.pdf

Huang, H., Huang, M., Chen, Q., Hayter, M., & Watson, R. (2023). Effects of Serious Games for Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease : Systematic Literature Review. *JMIR Serious Games*, 11, e46358.
<https://doi.org/10.2196/46358>

Laver, K. E., Lange, B., George, S., Deutsch, J. E., Saposnik, G., & Crotty, M. (2017). Virtual reality for stroke rehabilitation. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11(11), CD008349. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub4>

Le Guillou, F., Izadifar, A., Piperno, D., Padovani, M., Jury, J. P., Bourcereau, J., & Grillet, Y. (2017). BPCO et autonomie : Impact de la BPCO sur la qualité de vie au quotidien. *Revue des Maladies Respiratoires*, 34, A162-A163.
<https://doi.org/10.1016/j.rmr.2016.10.386>

Lei, C., Sunzi, K., Dai, F., Liu, X., Wang, Y., Zhang, B., He, L., & Ju, M. (2019). Effects of virtual reality rehabilitation training on gait and balance in patients with

- Parkinson's disease: A systematic review. *PLOS ONE*, *14*(11), e0224819.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224819>
- Levine, S. M., & Marciniuk, D. D. (2022). Global Impact of Respiratory Disease. *Chest*, *161*(5), 1153-1154. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2022.01.014>
- Ligue Pulmonaire. (2023, janvier). *BPCO*. <https://www.liguepulmonaire.ch/maladies-et-therapies/bpco>
- Liu, H., Yang, X., Wang, X., Yang, X., Zhang, X., & Li, Q. (2021). Study on Adjuvant Medication for Patients with Mild Cognitive Impairment Based on VR Technology and Health Education. *Contrast Media & Molecular Imaging*, *2021*, 1187704. <https://doi.org/10.1155/2021/1187704>
- Liu, W.-Y., Meijer, K., Delbressine, J. M., Willems, P. J., Franssen, F. M. E., Wouters, E. F. M., & Spruit, M. A. (2016). Reproducibility and Validity of the 6-Minute Walk Test Using the Gait Real-Time Analysis Interactive Lab in Patients with COPD and Healthy Elderly. *PloS One*, *11*(9), e0162444. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162444>
- Martin, J. L., Saredakis, D., Hutchinson, A. D., Crawford, G. B., & Loetscher, T. (2022). Virtual Reality in Palliative Care: A Systematic Review. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, *10*(7), 1222. <https://doi.org/10.3390/healthcare10071222>
- Mazzoleni, S., Montagnani, G., & Vaghegini, G. (2014). Interactive videogame as rehabilitation tool of patients with chronic respiratory diseases: Preliminary results of a feasibility study. *ScienceDirect, Respiratory Medicine*, *108*, 1516-1524. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2014.07.004>
- McCarthy, B., Casey, D., Devane, D., Murphy, K., Murphy, E., & Lacasse, Y. (2015). Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, *2015*(2), CD003793. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003793.pub3>

- Noushad, S., Ahmed, S., Ansari, B., Mustafa, U.-H., Saleem, Y., & H Khan, H. (2021). Physiological biomarkers of chronic stress : A systematic review. *International journal of health sciences*, 15, 46-59.
- OFSP. (2020). *Les maladies non transmissibles : Un défi*.
<https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/zahlen-und-statistiken/zahlen-fakten-nichtuebertragbare-krankheiten.html>
- OMS. (2012). *WHO_HIS_HSI_Rev.2012.03_eng.pdf*.
https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/77932/WHO_HIS_HSI_Rev.2012.03_eng.pdf?sequence=1
- OMS. (2023, mars 16). *Bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO)*.
[https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd))
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement : An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71.
<https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Panagioti, M., Scott, C., Blakemore, A., & A Coventry, P. (2014, novembre 13). Overview of the prevalence, impact, and management of depression and anxiety in chronic obstructive pulmonary disease. *International Journal of COPD*, 1289-1306.
- Pancini, E., Fumagalli, A., Maggiolini, S., Misuraca, C., Negri, D., Rizzato, E., Bernardelli, L., & Villani, D. (2023). Promoting Emotional and Psychological Well-being of Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease : A Feasibility Study Combining Virtual Reality and Savoring. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 21((Pancini E., elisa.pancini@unicatt.it)

Research Center in Communication Psychology (PsiCom), Department of Psychology, Università Cattolica di Milano, Milan, Italy), 233-238. Embase.

Patsaki, I., Avgeri, V., & Rigoulia, T. (2023). Benefits from Incorporating Virtual Reality in Pulmonary Rehabilitation of COPD Patients : A Systematic Review and Meta-Analysis. *advances in respiratory medicine*, *91*, 324-336. <https://doi.org/10.3390/arm91040026>

Patsaki, I., Avgeri, V., Rigoulia, T., Zekis, T., Koumantakis, G. A., & Grammatopoulou, E. (2023). Benefits from Incorporating Virtual Reality in Pulmonary Rehabilitation of COPD Patients : A Systematic Review and Meta-Analysis. *Advances in Respiratory Medicine*, *91*(4), 324-336. <https://doi.org/10.3390/arm91040026>

PEDro. (2016, décembre 6). *Échelle PEDro—PEDro*. <https://pedro.org.au/french/resources/pedro-scale/>

Pittara, M., Matsangidou, M., & Pattichis, C. S. (2023). Virtual Reality for Pulmonary Rehabilitation : Comprehensive Review. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, *10*, e47114. <https://doi.org/10.2196/47114>

Rutkowski, S. (2021). Management Challenges in Chronic Obstructive Pulmonary Disease in the COVID-19 Pandemic : Telehealth and Virtual Reality. *Journal of Clinical Medicine*, *10*(6), 1261. <https://doi.org/10.3390/jcm10061261>

Rutkowski, S., Rutkowska, A., Jastrzebski, D., & Rachenjuk, H. (2019). Effect of Virtual Reality-Based Rehabilitation on Physical Fitness in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Journal of Human Kinetics*, *69*/2019, 149-157, 149-157. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0022>

Rutkowski, S., Rutkowska, A., & Kiper, P. (2020). Virtual Reality Rehabilitation in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease : A Randomized Controlled

Trial. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 15.
<https://doi.org/10.2147/COPD.S223592>

Rutkowski, S., Rutkowska, A., & Szczegielniak, J. (2021). Evaluation of the Efficacy of Immersive Virtual Reality Therapy as a Method Supporting Pulmonary Rehabilitation : A Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine*.
<https://doi.org/10.3390/jcm10020352>

Rutkowski, S., Szczegielniak, J., & Szczepańska-Gieracha, J. (2021). Evaluation of the Efficacy of Immersive Virtual Reality Therapy as a Method Supporting Pulmonary Rehabilitation : A Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/jcm10020352>

Scott, A. S., Baltzan, M. A., Fox, J., & Wolkove, N. (2010). Success in pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Canadian Respiratory Journal*, 17(5), 219-223. <https://doi.org/10.1155/2010/203236>

Serino, A., Konik, S., & Bassolino, M. (2022). Immersive virtual reality for assessment and rehabilitation of deficits of body representations and cognitive functions. *Revue de neuropsychologie*, 14, 15-26. <https://doi.org/10.1684/nrp.2022.0700>

Société Suisse de Pneumologie. (2015). *Exigences pour l'accréditation*.
https://www.pneumo.ch/files/pneumo/pdf/Fachpersonen/Pulmonale%20Rehabilitation/Cahier%20des%20charges%20pour%20la%20reconnaissance%20du%20programme%20de%20r%C3%A9adaptation%20pulmonaire_02.2020.pdf

Spruit, M. A., Pitta, F., McAuley, E., ZuWallack, R. L., & Nici, L. (2015). Pulmonary Rehabilitation and Physical Activity in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 192(8), 924-933. <https://doi.org/10.1164/rccm.201505-0929CI>

Spruit, M. A., Singh, S. J., Garvey, C., ZuWallack, R., Nici, L., Rochester, C., Hill, K., Holland, A. E., Lareau, S. C., Man, W. D.-C., Pitta, F., Sewell, L., Raskin, J.,

- Bourbeau, J., Crouch, R., Franssen, F. M. E., Casaburi, R., Vercoulen, J. H., Vogiatzis, I., ... ATS/ERS Task Force on Pulmonary Rehabilitation. (2013). An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement : Key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 188(8), e13-64.
<https://doi.org/10.1164/rccm.201309-1634ST>
- Sutanto, Y. S., Makhabah, D. N., Aphridasari, J., & Doewes, M. (2019). Videogame assisted exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease : A preliminary study. *ScienceDirect, Pulmonology*, 25, Issue 5, 275-282.
<https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2019.03.007>
- Sutanto, Y. S., Makhabah, D. N., Aphridasari, J., Doewes, M., Suradi, & Ambrosino, N. (2019). Videogame assisted exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease : A preliminary study. *Pulmonology*, 25(5), 275-282.
<https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2019.03.007>
- Sztajzel, M. D., & Razban, M. (2022). *La bronchopneumopathie chronique obstructive*.
https://www.hug.ch/sites/interhug/files/2022-09/strategie_bpco_final.pdf
- The Cochrane Collaboration. (2024). *RevMan*. <https://training.cochrane.org/online-learning/core-software/revman>
- Vicedo-Cabrera, A. M., Rösli, M., Radovanovic, D., Grize, L., Witassek, F., Schindler, C., & Perez, L. (2016). Cardiorespiratory hospitalisation and mortality reductions after smoking bans in Switzerland. *Swiss Medical Weekly*, 146, w14381.
<https://doi.org/10.4414/smw.2016.14381>
- Wann, J. P., & Turnbull, J. D. (1993). Motor skill learning in cerebral palsy : Movement, action and computer-enhanced therapy. *Bailliere's Clinical Neurology*, 2(1), 15-28.

Wise, R. A., Johns Hopkins, M., & Asthma and Allergy Center. (2022a, juin). *Broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO)—Troubles pulmonaires*. Édition professionnelle du Manuel MSD. <https://www.msmanuals.com/fr/professional/troubles-pulmonaires/broncho-pneumopathie-chronique-obstructive-bpco-et-troubles-apparentés/broncho-pneumopathie-chronique-obstructive-bpco>

Wise, R. A., Johns Hopkins, M., & Asthma and Allergy Center. (2022b, juin). *Déficit en alpha-1-antitrypsine—Troubles pulmonaires*. Édition professionnelle du Manuel MSD. <https://www.msmanuals.com/fr/professional/troubles-pulmonaires/broncho-pneumopathie-chronique-obstructive-et-troubles-apparent%C3%A9s/d%C3%A9ficit-en-alpha-1-antitrypsine>

Xie, X., Fan, J., Chen, H., Zhu, L., Wan, T., Zhou, J., Fan, D., & Hu, X. (2021). Virtual Reality Technology Combined with Comprehensive Pulmonary Rehabilitation on Patients with Stable Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Journal of Healthcare Engineering*, 2021, 9987200. <https://doi.org/10.1155/2021/9987200>

Zhang, M. W. B., Ho, R. C. M., Cheung, M. W. L., Fu, E., & Mak, A. (2011). Prevalence of depressive symptoms in patients with chronic obstructive pulmonary disease : A systematic review, meta-analysis and meta-regression. *General Hospital Psychiatry*, 33(3), 217-223. <https://doi.org/10.1016/j.genhosppsy.2011.03.009>

6. Table des illustrations

Figure 1: GOLD Grades and Severity of Airflow Obstruction in COPD, adapté de Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, 2023	6
Figure 2 : Classification de la BPCO d'après GOLD 2017, adapté de Gex, 2018	7
Figure 3 : GOLD ABE Assessment Tool, Adapté de Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, 2023	7
Figure 4 : Diagramme de flux, selon Prisma 2020 (Page et al., 2021).....	16
Figure 5 : Descriptif des études incluses	18
Figure 6 : Analyse du risque de biais des cinq RCT	19
Figure 7 : Tableau d'extraction des données quantitatives.....	21
Figure 8 : Méta-analyse de l'effet de la réalité virtuelle sur la qualité de vie, selon le SGRQ. Groupe expérimental VS groupe contrôle	22

7. Liste des annexes

Annexe 1 : Prisma 2020 Checklist	11
Annexe 2 : Tableau des mots-clés des équations de recherche.....	13
Annexe 3 : Tableau des <i>outcomes</i> de chaque étude	14
Annexe 4 : PEDro Scala (évaluation du risque de biais).....	15
Annexe 5 : Différentes réalités virtuelles des études sélectionnées.....	17
Annexe 6 : Modalités des différentes RP des groupes contrôles	18
Annexe 7 : Tests évaluant la dépression, l'anxiété et la qualité de vie.....	19
Annexe 8 : Tableau synthétique des résultats de l'analyse	20

ANNEXE 1 : PRISMA 2020 CHECKLIST

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

ANNEXE 2 : TABLEAU DES MOTS-CLÉS DES ÉQUATIONS DE RECHERCHE

	TI/ABSTRACT	DESCRIPTEURS		
Concepts	Mots-clés	PubMed = Mesh	Cochrane = Mesh	Embase = Emtree
BPCO	COPD "Chronic obstructive pulmonary disease" "Chronic obstructive lung disease"	« pulmonary disease, chronic obstructive »	« pulmonary disease, chronic obstructive »	« chronic obstructive lung disease » « COPD assessment test »
Réhabilitation pulmonaire	«pulmonary rehabilitation » Physio* Rehabilitation	« physical therapy modalities » «physical therapy specialty » Rehabilitation « Rehabilitation centers » « physical and rehabilitation medicine » « Hospitals, Rehabilitation » Telerehabilitation « exercise therapy »	Rehabilitation	Rehabilitation « Home rehabilitation » « Hospital, rehabilitation » « Rehabilitation center » « Pulmonary rehabilitation » « breathing exercise » « home physiotherapy »
Réalité virtuelle	VR « virtual reality » Exergam* « serious game » Videogam*	« virtual reality » « virtual reality exposure therapy » « exergaming »	« virtual reality »	« virtual reality » Exergaming « virtual reality exposure therapy »

ANNEXE 3 : TABLEAU DES *OUTCOMES* DE CHAQUE ÉTUDE

	Pancini et al., 2023	Sutanto et al., 2019	Rutkowski et al., 2021	Liu et al., 2021	Mazzoleni et al., 2014
Qualité de vie	<i>nr</i>	SGRQ	<i>nr</i>	CAT	SGRQ
Etat psychologique	MHC-SF VAS	<i>nr</i>	PSQ HADS	<i>nr</i>	STAI BDEI
Condition physique	<i>nr</i>	6MWT BODE	6MWT	6MWT	SFT
Capacité respiratoire	<i>nr</i>	<i>nr</i>	VEMS	FEV1	<i>nr</i>
Saturation (SpO2)	SpO2	<i>nr</i>	<i>nr</i>	<i>nr</i>	<i>nr</i>
Dyspnée	<i>nr</i>	TDI	<i>nr</i>	<i>nr</i>	<i>nr</i>
Etat cognitif	MMSE	<i>nr</i>	<i>nr</i>	<i>nr</i>	<i>nr</i>
Emotion positive et négative	SPANE	<i>nr</i>	<i>nr</i>	<i>nr</i>	<i>nr</i>
Force musculaire	<i>nr</i>	MRC	<i>nr</i>	<i>nr</i>	<i>nr</i>
Les coûts	<i>nr</i>	IDR	<i>nr</i>	<i>nr</i>	<i>nr</i>

Nr : non reporté, SGRQ : Saint George Respiratory Questionnaire, CAT : COPD Assessment Test, MHC-SF : Mental Health Continuum Short Form, VAS : Visual Analog Scale. PSQ : Perception of Stress Questionnaire, HADS : Hospital Anxiety and Depression Scale, STAI : State and Trait Anxiety Inventory BDEI : Beck Depression Inventory 6MWT : 6 Minutes Walking Test. SFT : Senior fitness test. VEMS : Volume Expiratoire Maximum Seconde. FEV1 : Forced expiratory volume in the first second. TDI : Transitional Dyspnea Index. BODE: Body mass index, airflow Obstruction, Dyspnea, and Exercise capacity. MMSE : Mini Mental State Examination. SPANE : Scale of Positive and Negative Experience. MRC : Medical research council. IDR : Indonesian Rupiah

ANNEXE 4 : PEDRO SCALA (ÉVALUATION DU RISQUE DE BIAIS)

Échelle PEDro – Français

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	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 <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	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 <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	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 <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	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 <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	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.

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 auto-évalués 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 5 : DIFFÉRENTES RÉALITÉS VIRTUELLES DES ÉTUDES SÉLECTIONNÉES

	Oculus Quest®	Wii Fit®	VR TierOne®	Bio master ®
Type de VR	Immersive avec un casque à usage récréatif	Jeu vidéo interactif de simulation à usage récréatif	Immersive avec un casque à usage médicale	Immersive
Pays	USA	Japon	Pologne	Chine
Créateur	Reality Labs, Meta	Nintendo	TierOne	<i>nr</i>
Date de sortie	13 octobre 2020	11 juillet 2007	<i>nr</i>	<i>nr</i>
Prix	299 dollars américains pour 64 GB à sa sortie.	150 dollars américains	23'100.- €	<i>nr</i>
Fonction	Matériel récréatif en lien avec une application sur smartphone ou sur PC pour accéder aux jeux.	40 épreuves physiques à disposition en 5 catégories : yoga, gymnastique, aérobic, jeux d'équilibre, favoris.	Méthode non pharmacologique qui soutient l'état mental : COVID19, dépression, infarctus du myocarde, accident vasculaire cérébral	<i>nr</i>
Site internet	https://www.meta.com/fr	https://www.nintendo.ch/fr	https://vrtierone.com/	<i>nr</i>
En plus	Disponible en libre achat	Balance Board : balance électronique équipée de capteurs de pression	Selon leurs études, la VR réduit la dépression de 37%	<i>nr</i>

VR : virtual reality, nr : non reporté, GB : giga bit, PC : personal computer,

ANNEXE 6 : MODALITÉS DES DIFFÉRENTES RP DES GROUPES CONTRÔLES

Auteurs, années de publication	Type de réentraînement	Fréquence	Durée d'une séance	Intensité	Durée de la RP en semaines
Pancini et al., 2023	Réhabilitation pulmonaire standard Pas d'information supplémentaire. Les auteurs ont été contactés, sans succès.	-	-	-	2
Sutanto et al., 2019	<u>Endurance</u> : Bicyclette ergométrique	3x /semaine	30' d'exercice	Dyspnée de niveau 5 sur l'échelle de Borg	6
Rutkowski et al., 2021	<u>Renforcement</u> : position debout, à genou, et couché sur le côté, sur l'abdomen et le dos. <u>Exercices respiratoires spécifiques</u> : Renforcement du diaphragme avec résistance, puis relaxation, exercice pour augmenter la respiration costale et thoracique, exercice d'expiration prolongée et percussion thoracique. <u>Endurance</u> : exercice sur bicyclette ergométrique stationnaire, promenade en groupe avec un physiothérapeute autour de l'hôpital. <u>Relaxation</u> : longue respiration.	1x /jour 5x /semaine	Renforcement : 15' à 30' Exercices respiratoires spécifiques : 20' Endurance : 20-30' Relaxation : 15'	Endurance : FC = [(FC max- FC de repos) × (60 ou 70%)] + FC de repos en utilisant les résultats du test de marche de 6 minutes. <i>Gold 2 : 60%</i> <i>Gold 3 : 70%</i>	2
Liu et al., 2021	<u>Renforcement</u> : membres supérieurs en soulevant des poids, membres inférieurs. Entraînement des muscles respiratoires. Médicaments conventionnels (glucocorticoïdes inhalés) Éducation thérapeutique	1x /jour 5x /semaine	Renforcement : 5 à 15' Entraînement des muscles respiratoire : 30'	En fonction de la tolérance du patient.	12
Mazzoleni et al., 2014	<u>Endurance</u> : tapis roulant, vélo. <u>Renforcement</u> : membres supérieurs, membre inférieurs et abdominaux, avec des poids légers puis de plus en plus importants. Education thérapeutique et programme psychosocial. Programme nutritionnel.	1x /jour 5x /semaine	30'	BORG 4-6, FC >80% du maximum prévu, SpO2>85%	3

FC : Fréquence cardiaque, GOLD : Global initiative of Obstructive Lung Disease, SpO2 : Saturation of peripheral Oxygen.

ANNEXE 7 : TESTS ÉVALUANT LA DÉPRESSION, L'ANXIÉTÉ ET LA QUALITÉ DE VIE

Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS)

L'échelle HAD, de **Zigmond & Snaith, (1983)**, « est un instrument qui permet de dépister les troubles anxieux et dépressifs. Elle comporte 14 items cotés de 0 à 3. Sept questions se rapportent à l'anxiété et sept autres à la dimension dépressive permettant ainsi l'obtention de deux scores (note maximale de chaque score = 21). » (Haute Autorité de Santé, 2014)

State and Trait Anxiety Inventory (STAI)

Etabli par **Spielberger et al. (1983)**. « Mesure de l'anxiété de trait et d'état. Il peut être utilisé en milieu clinique pour diagnostiquer l'anxiété et la distinguer des syndromes dépressifs. » (American Psychological Association, 2011)

Beck Depression Inventory (BDI)

Utilisé pour dépister la dépression et en mesurer la gravité. Le BDI peut être utilisé pour les personnes âgées de 13 à 80 ans. L'inventaire contient 21 questions d'auto-évaluation que les individus remplissent en utilisant des réponses à choix multiples. (American Psychological Association, 2023)

Perception of Stress Questionnaire (PSQ)

« Echelle de 30 items qui mesure le stress chez les patients souffrant de douleur chronique. Les réponses sont notées sur une échelle de 4 points :

- 1 = Presque jamais
- 2 = Parfois
- 3 = Souvent
- 4 = Habituellement » (Levenstein et al., 2012)

Mental Health Continuum Short Form (MHC-SF)

Dérivé du questionnaire long (MHC-LF, 40 items au total). Le MHC-SF est composé de 14 items qui représentent chaque aspect du bien-être : 3 questions sur le bien-être émotionnel, 6 questions sur le bien-être psychologique et 5 questions sur le bien être social.

Echelle de 0 = jamais, à 5 = tous les jours.

(Lamers et al., 2011)

Echelle visuelle analogique (EVA)

Instrument de mesure psychométrique conçu pour documenter la gravité des symptômes liés à la maladie chez des patients et les utiliser pour obtenir une classification rapide. (Klimek et al., 2017)

Dans ce cas : mesure de la relaxation par auto-évaluation.

1 : pas du tout détendu à 10 : très détendu

Saint George Respiratory Questionary (SGRQ)

« Instrument spécifique à la maladie conçu pour mesurer l'impact sur la santé globale, la vie quotidienne et la perception du bien-être chez les patients souffrant d'une maladie obstructive des voies respiratoires. » Ce questionnaire est constitué de 50 items. (American Thoracic Society, s. d.)

COPD Assessment Test (CAT)

« Le COPD Assessment Test (CAT) est un questionnaire destiné aux personnes atteintes de BPCO. Il est conçu pour mesurer l'impact de la BPCO sur la vie d'une personne et son évolution dans le temps. Le CAT est simple à administrer et vise à aider les cliniciens à mieux gérer la BPCO avec leurs patients. » (CAT COPD Assessment Test, s. d.)

ANNEXE 8 : TABLEAU SYNTHÉTIQUE DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE

Auteurs et année Type de VR et logiciel	Effet sur la qualité de vie	Effet sur l'état psychologique
<p>Pancini et al., 2023</p> <p>Oculus Quest2® = VR immersive</p>	<p>-</p>	<p>MHC-SF :</p> <ul style="list-style-type: none"> - EWB : Légère amélioration avant/après l'intervention. Pas de différence statistiquement significative entre le score des deux groupes. - PWB Amélioration avant/après l'intervention du score des deux groupes. Différence légèrement plus marquée pour le groupe expérimental. <p>VAS de relaxation : Amélioration avant/après l'intervention du score des deux groupes. Pas de différence plus marquée pour le groupe expérimental.</p>
<p>Sutanto et al., 2019</p> <p>Wii Fit ® = Jeu vidéo thérapeutique</p>	<p>SGRQ : Amélioration statistiquement significative avant/après l'intervention du score des deux groupes. Pas de différence plus marquée pour le groupe expérimental.</p>	<p>-</p>
<p>Rutkowski et al., 2021</p> <p>VR TierOne® = VR immersive</p>	<p>-</p>	<p>HADS : Amélioration statistiquement significative du score du groupe expérimental uniquement.</p> <p>PSQ : Amélioration statistiquement significative du score du groupe expérimental uniquement.</p>
<p>Liu et al., 2021</p> <p>Bio master ®: = VR immersive</p>	<p>CAT : Amélioration statistiquement significative avant/après l'intervention du score du groupe expérimental uniquement.</p>	<p>-</p>
<p>Mazzoleni et al., 2014</p> <p>Wii Fit ® = Jeu vidéo thérapeutique</p>	<p>SGRQ : Amélioration statistiquement significative avant/après l'intervention du score des deux groupes. Pas de différence plus marquée pour le groupe expérimental.</p>	<p>STAI : Amélioration statistiquement significative avant/après pour le groupe contrôle uniquement. Pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes.</p> <p>BDEI : Amélioration statistiquement significative avant/après l'intervention pour les deux groupes. Pas de différence plus marquée pour le groupe expérimental.</p>

VR : Virtual Reality, MHC-SF : Mental Health Continuum Short Form, EWB : emotional well being, PWB : psychological well being, VAS : échelle visuelle analogique, SGRQ : Saint George Respiratory Questionnaire, HADS : Hospital Anxiety and Depression Scale, PSQ : Perceived Stress Questionnaire, CAT : COPD Assessment Test, STAI : State and Trait Anxiety Inventory, BDEI : Beck Depression Inventory