



HAL
open science

Psychotraumatologie: nouvelles technologies et perspectives thérapeutiques une revue de la littérature

Juliette Berthier

► **To cite this version:**

Juliette Berthier. Psychotraumatologie: nouvelles technologies et perspectives thérapeutiques une revue de la littérature. Médecine humaine et pathologie. 2018. dumas-01977549

HAL Id: dumas-01977549

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01977549>

Submitted on 10 Jan 2019

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

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

UNIVERSITE DE BORDEAUX

UFR DES SCIENCES MEDICALES

Année 2018

Thèse n°3091

Thèse pour l'obtention du
DIPLOME DE DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement à Bordeaux le 20 septembre 2018 par

Juliette BERTHIER

Né le 8 mars 1989 à Versailles

**Psychotraumatologie : nouvelles technologies et
perspectives thérapeutiques
une revue de la littérature**

Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Charles-Henry MARTIN

Membres du jury :

Madame le Professeur Hélène VERDOUX, Présidente

Monsieur le Professeur Bruno AOUIZERATE, Juge

Madame le Professeur Marie TOURNIER, Juge

Madame le Docteur Chantal BERGEY, Juge

Monsieur le Professeur CLAVERIE, Rapporteur

REMERCIEMENTS

Au rapporteur :

Monsieur le Professeur Bernard CLAVERIE

Professeur des universités, Institut Polytechnique de Bordeaux,

Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure de Cognitique.

Je vous remercie sincèrement d'avoir accepté d'être rapporteur de ma thèse. Merci pour vos commentaires éclairés sur mon travail. Je vous prie de bien vouloir accepter l'expression de mon profond respect ainsi que de toute ma gratitude.

Aux membres du jury :

Madame le Docteur Chantal BERGEY

Docteur en médecine, Psychiatrie, Praticien hospitalier,
Chef du Pôle Urgences Arcachon Médoc,
Centre Hospitalier Charles PERRENS, Bordeaux.

Je vous remercie d'avoir accepté de participer à mon jury de thèse. J'ai eu la chance de vous rencontrer lors de mon stage effectué au SECOP. J'ai apprécié votre bienveillance sans faille, votre écoute, votre investissement professionnel. Veuillez trouver ici le témoignage de ma gratitude et de ma reconnaissance.

Madame le Professeur Marie TOURNIER

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier,
Docteur en Epidémiologie,
Centre Hospitalier Charles PERRENS, Bordeaux.

Je te suis très reconnaissante d'avoir accepté de juger mon travail de thèse. J'ai eu la chance de travailler à tes côtés et de bénéficier de la transmission de ton savoir. J'ai apprécié tes qualités humaines, ta bienveillance envers les patients, tes conseils avisés et ton implication perpétuelle dans ce que tu entreprends. Je te prie de bien vouloir accepter le témoignage de mon respect et de ma reconnaissance.

Monsieur le Professeur Bruno AOUIZERATE

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier,
Docteur en Neurosciences,
Coordinateur du DES de psychiatrie,
Centre Hospitalier Charles PERRENS, Bordeaux.

C'est un honneur que vous ayez accepté de juger mon travail. Je n'ai pas eu la chance de travailler à vos côtés mais j'ai apprécié la qualité de votre enseignement auprès des internes et vos qualités humaines. Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

Au directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Charles-Henry MARTIN

Docteur en médecine, Psychiatrie, Praticien hospitalier,
Psychiatre référent Zone de Défense et de Sécurité Sud-Ouest,
Service d'Evaluation de Crise et d'Orientation Psychiatrique,
Centre Hospitalier Charles PERRENS, Bordeaux.

Je te suis reconnaissante de l'intérêt que tu as porté à mon travail de thèse. Je te remercie pour tes conseils et tes encouragements. J'ai eu la chance de te rencontrer lors de mon passage au SECOP. Tu t'es toujours montré bienveillant envers moi et tu as su me conforter dans mon attrait pour l'activité d'urgence et de crise psychiatrique. Je te prie de bien vouloir accepter le témoignage de ma reconnaissance.

Au président du jury :

Madame le Professeur Hélène VERDOUX

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier,

Docteur en Epidémiologie,

Centre Hospitalier Charles PERRENS, Bordeaux.

Vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse et je vous en suis très reconnaissante. J'ai tant apprécié vos qualités humaines, vos conseils bienveillants envers moi, votre disponibilité et vos encouragements lors des stages effectués au sein de votre pôle. J'ai également eu la chance de bénéficier de la richesse de vos connaissances et de votre enseignement.

Je vous prie de bien vouloir accepter le témoignage de mon profond respect ainsi que toute ma gratitude.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	3
TABLE DES MATIERES	7
INTRODUCTION	9
I. CONTEXTE ET DEFINITIONS	11
1.1 Psychotraumatismes	11
1.1.1 Evènement traumatique	11
1.1.2 Traumatisme psychique ou trauma	11
1.1.3 Considérations historiques : de la névrose traumatique au trouble de stress post-traumatique (Crocq, 2014)	12
<i>1.1.2.1 Antiquité au 19^{ème} siècle</i>	12
<i>1.1.2.2 19^{ème} siècle</i>	13
<i>1.1.2.3 20^{ème} siècle</i>	13
1.1.4 Données cliniques	14
<i>1.1.4.1 Trouble de stress aigu : définition actuelle du DSM 5</i>	14
<i>1.1.4.2 Trouble de stress post-traumatique : définition actuelle du DSM 5</i>	15
<i>1.1.4.3 Outils d'évaluation</i>	16
1.1.5 Neurobiologie du psychotraumatisme et genèse de la mémoire traumatique	19
<i>1.1.5.1 Physiologie de la mémoire</i>	19
<i>1.1.5.2 Mémoire émotionnelle</i>	22
<i>1.1.5.3 Réponse émotionnelle pathologique et mémoire traumatique</i>	23
1.1.6 Actualités thérapeutiques	26
<i>1.1.6.1 Psychothérapies</i>	26
<i>1.1.6.2 Approche pharmacologique</i>	27
<i>1.1.6.3 Recommandations internationales</i>	29
1.2 Nouvelles technologies	31
1.2.1 Télésanté ou e-santé	31
<i>1.2.1.1 Télémédecine</i>	31
<i>1.2.1.2 M-santé</i>	33
1.2.2 Télépsychiatrie	33
1.2.3 Nouvelles technologies et psychotraumatologie	35
<i>1.2.3.1 Serious Game</i>	35
<i>1.2.3.2 Intelligence artificielle</i>	36
<i>1.2.3.3 Réalité virtuelle</i>	39
II. METHODOLOGIE	42

III. APPORT THERAPEUTIQUE DES NOUVELLES TECHNOLOGIES EN PSYCHOTRAUMATOLOGIE	43
3.1. Psychothérapies délivrées en visioconférence	43
3.1.1 En individuel	43
3.1.2 En groupe	46
3.2 Applications mobiles	46
3.3 Interventions en ligne	48
3.3.1 Education thérapeutique	48
3.3.2 Psychothérapies en ligne	50
3.4 Réalité virtuelle	52
3.5 Serious Gaming	58
3.6 Intelligence Artificielle	59
3.6.1 « Tiatros Post Traumatic Growth for Veterans »	59
3.6.2 « Sentimetrix »	60
3.6.3 « SimCoach »	61
CONCLUSION	62
ANNEXES	63
BIBLIOGRAPHIE	71
SERMENT D’HIPPOCRATE	82

INTRODUCTION

Les nouvelles technologies font aujourd'hui partie intégrante de notre quotidien. Le domaine de la santé est pris dans cet élan avec le développement de matériel de pointe et de mesures électroniques, la numérisation des phénomènes physiques exploitables en médecine, la mise en réseau des informations ou encore la création de dossiers électroniques du patient. L'essor de plus en plus rapide de ces techniques, qui se diffusent désormais dans le monde en quasi instantané, ouvre ainsi de nombreuses perspectives en matière de recherche et de développement.

La prévalence des troubles psychotraumatiques est importante avec 5,3% de troubles sur la vie entière en population française (Vaiva et al., 2008). Le plus fréquent est le Trouble de stress post-traumatique (TSPT), qui est une modalité d'évolution chronique entraînant des répercussions sur le fonctionnement global du sujet (Stein et al., 2000). Ces dernières années, l'approche thérapeutique du TSPT et autres détresses liées à un traumatisme psychique a fait l'objet de recherches scientifiques comme en témoigne l'abondante littérature sur le sujet. La psychothérapie reste le traitement de première intention avec les approches de thérapies cognitives et comportementales (TCC) centrées sur le psychotraumatisme dont l'efficacité clinique a été scientifiquement validée (Bisson et al., 2013). Cependant, leur efficacité n'est pas totale et seule une petite proportion de personnes souffrant de troubles post-traumatiques en bénéficierait. L'emploi de ce type de traitement reste en effet encore bien souvent insuffisant (Becker et al., 2004) et nombreux sont les sujets présentant des symptômes de stress post-traumatique à ne pas à y avoir accès (Kazdin et Blase., 2011).

Dans un contexte où la prestation de services de santé pour l'ensemble de la population demeure fondamentale, l'utilisation des technologies de télécommunication facilite l'offre de soins. Des expériences ont été déjà menées chez les personnes présentant des troubles post-traumatiques ainsi que leurs proches (Herbert et Brunet, 2009) et les professionnels en santé mentale semblent de plus en plus nombreux à s'approprier ces outils. Nous nous interrogeons donc sur l'impact des nouvelles technologies dans le champ du psychotraumatisme et de sa prise en charge.

L'objectif de ce travail était de faire le point sur ce courant en recensant, via une revue de la littérature, les travaux scientifiques portant sur les nouvelles technologies utilisées dans la prise en charge d'individus souffrant de troubles post-traumatiques. Les nouvelles technologies seront définies ici comme les domaines évolutifs et les techniques qui recouvrent la haute technologie ainsi que les nouvelles techniques de l'information et de la communication (NTIC).

Pour réaliser ce travail, nous avons commencé par une première partie comprenant des définitions, un bref rappel historique ainsi que des données nosographiques et neurobiologiques concernant les troubles psychotraumatiques. La deuxième partie abordera la méthodologie. La troisième partie présentera les résultats de notre recherche, à savoir les études portant sur les outils technologiques qui ont été testés chez des sujets présentant des symptômes de stress post-traumatique.

I. CONTEXTE ET DEFINITIONS

1.1 Psychotraumatismes

1.1.1 Evènement traumatique

L'International Society for Traumatic Stress Studies (ISTSS) considère qu'un évènement est dit traumatique lorsqu'il nuit à l'intégrité physique et l'intégrité psychique d'un individu.

Cette définition a été élargie depuis la dernière version du « diagnosis and statistical manual of mental disorder » (DSM) parue en 2013 puisque l'American Psychiatric Association (APA) considère désormais qu'un sujet peut avoir été exposé à un évènement traumatique de plusieurs façons :

- comme victime (critère A1),
- comme témoin direct (critère A2),
- lorsqu'un sujet apprend qu'un ou plusieurs de ses proches ont été exposés à un incident catastrophique impliquant une mort ou une blessure réelle ou bien que leur intégrité physique a été menacée (critère A3),
- comme intervenant ou sauveteur lors de cet évènement (critère A4).

Cette nouvelle définition exclut les vécus d'impuissance, d'horreur ou d'effroi accompagnant la confrontation traumatique qui étaient décrits dans la version précédente du DSM ; tout comme l'idée qu'un évènement puisse être considéré comme « potentiellement » traumatique.

Plusieurs classifications des incidents traumatiques sont classiquement décrites : Terr distingue les évènements de type I (unique, isolé et limité dans le temps) des évènements de type II (situations multiples, répétées ou prolongées) (Terr et al., 1993) alors que d'autres auteurs différencient les évènements traumatiques selon leur cause, leur intention ou leur caractère collectif ou microsocial (Vaiva et al., 2008).

1.1.2 Traumatisme psychique ou trauma

D'un point de vue étymologique, le mot traumatisme vient des mots grecs anciens « *traumatismos* », signifiant action de blesser, et « *trauma* », signifiant blessure. A l'origine, ce terme était utilisé au 19^{ème} siècle dans le cadre de la pathologie chirurgicale et était réservé aux

atteintes corporelles. Transposé à la psychopathologie, le terme devient par la suite traumatisme psychique ou trauma, relatif aux blessures psychiques.

Il n'existe actuellement pas de définition consensuelle pour décrire le trauma. En France, Louis Crocq définit le psychotraumatisme comme « un phénomène d'effraction du psychisme et de débordement de ses défenses par les excitations violentes afférentes à la survenue d'un événement agressant ou menaçant pour la vie ou pour l'intégrité (physique ou psychique) d'un individu qui y est exposé comme victime, comme témoin ou comme acteur » (Crocq, 2014). Parallèlement, Salmona et Louville (2013) définissent le syndrome psychotraumatique comme « un trouble psychique complexe, associant notamment des symptômes anxieux et des perturbations mnésiques organisé autour des symptômes de reviviscence du souvenir traumatique, survenant suite à la confrontation d'un individu à un ou plusieurs événements stressants vécus comme particulièrement agressifs ou dangereux impliquant le plus souvent une menace vitale ». En résumé, on peut définir le psychotraumatisme comme l'ensemble des troubles psychiques immédiats, post-immédiats puis chroniques se développant chez une personne après un événement traumatique ayant menacé son intégrité physique et/ou psychique (Louville et Salmona, 2013).

Classiquement, les troubles psychiques spécifiques liés aux traumatismes se répartissent :

- en trouble de stress aigu (TSA),
- en trouble de stress post-traumatique (TSPT).

1.1.3 Considérations historiques : de la névrose traumatique au trouble de stress post-traumatique (Crocq, 2014)

1.1.2.1 Antiquité au 19^{ème} siècle

Des expériences d'effroi face à la mort et de rêves traumatiques sont décrites dans les récits légendaires de l'Antiquité tels « l'Illiade » d'Homère (900 av. JC). Par la suite, Hippocrate (420 avant JC) à Athènes puis Lucrèce à Rome (55 avant JC) mentionnent des rêves de bataille chez des guerriers. En 1572, au lendemain du massacre de la Saint Barthélémy, le jeune roi Charles IX se plaint d'être harcelé par des cauchemars et la vision effrayante de cadavres sanglants et montre à son entourage ses cheveux hérissés sous l'effet de d'horreur. Quelques décennies plus tard, vers 1590, deux pièces de Shakespeare (Roméo et Juliette, Henry IV) font état de rêves de bataille.

1.1.2.2 19^{ème} siècle

Le Trouble de stress post-traumatique est la dénomination récente d'un ensemble de symptômes observés et étudiés depuis la fin du 19^{ème} siècle sous différents vocables. En 1889, l'allemand Herman Oppenheim est un des premiers à utiliser le terme de « *névrose traumatique* » pour désigner les symptômes apparus chez des accidentés des transports de chemin de fer. Selon lui, l'effroi survenant lors de l'accident provoquait un ébranlement psychique intense entraînant une altération psychique durable caractérisée par le souvenir obsédant de l'accident, des troubles du sommeil, des cauchemars de reviviscence, une phobie du chemin de fer et une labilité émotionnelle (Oppenheim, 1889). À la même époque, Jean Martin Charcot remarque des symptômes similaires chez ses patientes de la Salpêtrière et se consacre, tout comme Sigmund Freud, à l'étude de ce qu'il nomme la « *névrose hystérique* ».

En 1889, dans sa thèse de doctorat intitulée « *L'automatisme psychologique* », Pierre Janet est le premier à cerner ce qu'est le traumatisme psychique. Il le définit comme « des excitations liées à un évènement violent qui viennent frapper le psychisme, y pénètrent par effraction, et y demeurent ensuite comme un corps étranger » (Janet, 1889). Quelques années plus tard, Sigmund Freud se base sur ces premières théories et crée la notion « *d'hystérie traumatique* » (Freud et Breuer, 1895). Puis Jean Crocq reprend le vocable de « *névrose traumatique* » au sujet des syndromes mentaux post-accidents (Crocq, 1896).

1.1.2.3 20^{ème} siècle

Le questionnement du rôle des traumatismes dans la genèse des troubles mentaux se poursuit avec les études psychiatriques militaires lors de la première et de la seconde guerre mondiale. La présentation hébétée et hagarde des soldats de retour des tranchées présentant un état confuso-stuporeux est décrite sous le terme « *d'hypnose des batailles* » et les phénomènes de conversion, caractérisés par l'hyper-expressivité, l'incoordination motrice et les déficits moteurs des membres étaient dénommés par « *hystérie de guerre* », « *névrose de guerre* » ou encore « *psychonévrose de guerre* ». A cette époque, ces travaux mettaient l'accent sur la particularité de la situation plutôt que celle de l'individu. Ces symptômes étaient alors considérés comme une réaction normale à un événement stressant.

En 1952, les psychiatres américains créent la première édition du « *diagnosis and statistical manual of mental disorder* » (DSM) (APA, 1952). Ce nouveau système nosographique intègre le diagnostic de « *Gross stress reaction* » pour remplacer celui de névrose traumatique qui peut correspondre à l'état de stress post-traumatique. Cette entité

disparaîtra dans la deuxième édition du DSM (APA, 1968) sans équivalent retrouvé. Dès lors, les recherches sur les symptômes post-traumatiques vont passer au second plan et il faudra attendre les années 1970 et le retour des vétérans du Vietnam pour provoquer un regain d'intérêt envers les pathologies psychotraumatiques. Le nombre élevé de « *post-Vietnam syndromes* » décrits par Chaim Shatan conduit d'ailleurs les auteurs de la troisième version du DSM (APA, 1980) à y réintroduire la notion de stress en intégrant le diagnostic d'Etat de stress post-traumatique (ESPT), traduit de l'anglais « Post-Traumatic Stress Disorder » (PTSD). A l'époque, le diagnostic de PTSD était inclus dans la section des « troubles anxieux » et il faudra attendre la cinquième version du DSM parue en 2013 (DSM 5) pour retrouver une classification nosographique à part entière dénommée « troubles liés à un stress ou à un traumatisme » (en anglais « *trauma and/or Stress-Related Disorders* »).

Concomitamment aux expériences militaires, des observations et des réflexions sur les conséquences d'évènements à fort impact psychologique survenant dans la société civile (catastrophes naturelles, accidents individuels ou collectifs, agressions, viols, etc.) ont également donné lieu à de nombreux travaux et publications sur les troubles psychotraumatiques. Notre société actuelle est d'ailleurs confrontée à une vague d'actes terroristes entraînant un nombre de victimes civiles conséquent. A titre d'exemple, le National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism de l'université du Maryland aux Etats-Unis évaluait à 188272 le nombre de décès attribués au terrorisme à l'échelle mondiale depuis les attentats du 11 septembre 2001 dont 242 en France.

1.1.4 Données cliniques

1.1.4.1 Trouble de stress aigu : définition actuelle du DSM 5

Le Trouble de stress aigu (TSA), anciennement Etat de stress aigu, est une entité nosographique apparue en 1994 dans la quatrième version du DSM (APA, 1994). Cette nouveauté diagnostique a permis de remédier à l'absence de trouble spécifique permettant de décrire les symptômes post-traumatiques susceptibles d'émerger le mois suivant l'exposition traumatique. La création de ce diagnostic était également liée à la volonté d'améliorer le repérage des sujets à risque de développer un TSPT.

Les critères diagnostiques du TSA selon le DSM 5 sont les suivants (APA, 2013) :

A – Avoir été exposé à l'**événement traumatique** d'une ou plus des façons suivantes : exposition directe, témoin direct, en apprenant qu'un proche de la famille ou ami a subi un événement traumatique, comme intervenant (sauveteur, policier, personnel ramassant des restes d'humains).

B – Présenter **au moins neuf symptômes parmi les cinq catégories** suivantes :

- 1. Symptômes envahissants** : souvenirs répétitifs, involontaires, envahissants et anxiogènes de l'évènement traumatique ; rêves répétitifs de l'évènement provoquant une détresse ; réactions dissociatives comme si l'évènement allait se reproduire ; sentiment intense ou prolongé de détresse psychique lors de l'exposition à un indice évocateur de l'évènement.
- 2. Humeur négative** : incapacité persistante d'éprouver des émotions positives.
- 3. Symptômes dissociatifs** : altération de la perception de la réalité de son environnement ou de soi-même, incapacité de se rappeler un aspect important de l'évènement traumatique.
- 4. Symptômes d'évitement** : efforts pour éviter souvenirs, pensées ou sentiments associés à l'évènement, efforts pour éviter les rappels externes (personnes, objets, conversations, situations, activités) associés à l'évènement.
- 5. Symptômes d'éveil** : perturbation du sommeil, comportement irritable ou accès de colère qui s'expriment typiquement par une agressivité verbale ou physique envers des personnes ou des objets, hypervigilance, difficultés de concentration, réactions de sursaut exagérées.

C – La durée de la perturbation des symptômes **du critère B** est de **3 jours à 1 mois** après l'exposition au traumatisme.

D – Le trouble cause une **détresse significative** ou une **altération du fonctionnement** social, professionnel ou dans d'autres domaines importants.

E – La perturbation n'est **pas due aux effets physiologiques d'une substance ou à une autre affection médicale**, et n'est **pas mieux expliquée par un trouble psychotique bref**.

1.1.4.2 Trouble de stress post-traumatique : définition actuelle du DSM 5

Le DSM 5 (APA, 2013) a apporté des modifications concernant le diagnostic d'Etat de stress post-traumatique : il devient « Trouble stress post-traumatique » (TSPT) et est désormais applicable aux enfants de plus de 6 ans, aux adolescents et aux adultes. Un sous-type diagnostique avec ou sans symptômes dissociatifs (déréalisation ou dépersonnalisation) est également précisé ainsi qu'une forme « préscolaire » concernant les enfants de moins de 6 ans. L'ensemble des critères symptomatiques est susceptible d'apparaître à 6 mois de l'exposition traumatique amenant à un diagnostic de TSPT dit « retardé ».

Les critères diagnostiques du TSPT selon le DSM 5 sont les suivants (APA, 2013) :

A – Avoir été exposé à un **évènement traumatique** : exposition directe comme victime, comme témoin direct, comme intervenant (sauveteur, policier, personnel ramassant des restes d’humains), en apprenant qu’un proche de la famille ou ami a subi un évènement traumatique.

B – Présenter **un ou plusieurs des symptômes de reviviscence** suivants : souvenirs récurrents et anxiogènes de l’évènement, rêves de répétition, vécu ou agir dissociatifs comme si l’évènement allait revenir, détresse lorsqu’on est exposé à un stimulus évocateur, symptômes physiologiques si exposition à un stimulus évocateur.

C – Présenter **un ou deux symptômes d’évitement** lors de stimuli évocateurs : évitement des souvenirs et des sentiments associés à l’évènement, évitement des personnes, lieux, conversations, objets et situations associés à l’évènement.

D – Présenter **au moins deux des sept symptômes d’altération négative des cognitions et de l’humeur** liées à l’évènement : incapacité de se souvenir d’un aspect important de l’évènement, croyances ou appréhensions pessimistes exagérées sur soi-même, autrui ou le monde, cognitions erronées sur les causes et les conséquences de l’évènement, émotions négatives (peur, honte, horreur, culpabilité), diminution de l’intérêt aux activités jadis motivantes, sentiment de détachement ou d’être étranger vis-à-vis des autres, incapacité à ressentir des émotions positives (bonheur, satisfaction, amour).

E – Présenter **au moins deux symptômes d’altération de l’éveil et de la réactivité** en relation avec l’évènement : irritabilité, accès de colère, comportement imprudent ou autodestructeur, hypervigilance, réaction de sursaut exagérée, difficultés de concentration, perturbation du sommeil (difficulté d’endormissement, sommeil léger).

F – La perturbation des symptômes des critères B, C, D, E dure **plus d’un mois**.

G – Le trouble cause une **détresse significative ou une altération du fonctionnement social**.

H – Le trouble **n’est pas attribuable à une prise de substance ou à une autre pathologie**.

1.1.4.3 Outils d’évaluation

1. Concernant l’évènement traumatique (critère A) :

Il faut attendre 1997 et la *Life Stressor Checklist-Revised* (Wolfe et Kimerling, 1997) pour voir apparaître un premier outil capable de mesurer les critères à la fois A1 et A2 de la définition d’un évènement traumatique selon la quatrième version du DSM (APA, 1994). Trois ans plus tard, le *Traumatic Life Events Questionnaire (TLEQ)* (Kubany et al., 2000) propose une évaluation similaire. Ces deux outils peuvent s’utiliser aussi bien en recherche qu’en clinique et proposent la même structure : ils présentent une liste d’évènements et questionnent le sujet sur son vécu (ex. : « Avez-vous ressenti de la peur, de l’impuissance ou de l’horreur ? »). Ces outils n’ont par contre jamais été validés en français.

Plus récemment paraissent le *Trauma History Screen (THS)* (Carlson et al., 2011), un bref auto-questionnaire de 14 items correspondant à différentes situations « émotionnellement bouleversantes » puis la nouvelle version de la *Life Events Checklist* adaptée au DSM 5

(Weathers et al., 2013) évaluant l'exposition dans l'enfance ou à l'âge adulte à 16 événements pouvant entraîner un TSPT.

Deux autres outils permettent d'approcher les ressentis du patient entourant l'événement traumatique : la *Peritraumatic Distress Inventory (PDI)* (Brunet et al., 2001) et la *Peritraumatic Dissociative Experience Questionnaire (PDEQ)* (Marmar et al., 1997). La *PDI* a été traduite et validée en français en 2005 (Jehel et al., 2005). Cet outil se compose de 13 items qui évaluent la présence d'une détresse émotionnelle (items 1,2,3,5,6,8,12) et la perception d'une menace vitale (items 4,7,9,10,11,13). Les participants ont pour consigne de répondre « en fonction de ce que vous avez ressenti pendant et immédiatement après l'événement critique » sur une échelle Likert (0 : pas du tout vrai ; 4 : extrêmement vrai) et permet d'obtenir un score total allant de 0 à 52. Ce questionnaire présente de bonnes qualités psychométriques (cohérence interne de 0,83 et fidélité test-retest de 0,79). Concernant la *PDEQ*, c'est une échelle évaluant rétrospectivement les éléments dissociatifs au moment de l'exposition traumatique et dans les minutes qui suivent. Elle a été traduite et validée en français (Birmes et al., 2005). Les patients cotent les 10 items sur une échelle allant de 1 (pas du tout vrai) à 5 (extrêmement vrai). Le score total, somme de chaque item, peut varier de 10 à 50.

2. Concernant le TSA :

L'*Acute Stress Disorder Structured Interview* (Bryant et al., 1998) est un entretien structuré composé de 19 items à cotation dichotomique basé sur les critères du DSM 4 (APA, 1994). L'avantage de cet entretien est qu'il peut être administré par une seule personne formée en un temps court (5 à 10 minutes) (ISTSS). Cette version comprend aussi 5 items qui évaluent les symptômes dissociatifs spécifiques au TSA. Ses propriétés psychométriques ont été validées pour les critères diagnostiques du DSM 4 (Bryant, 1998). Les résultats montraient une bonne cohérence interne (coefficient de 0,90) ainsi qu'une sensibilité (91 %) et une spécificité (93 %) fiables. Une dernière version est parue depuis les récentes mises à jour du DSM mais les propriétés psychométriques n'ont pas encore été étudiées.

3. Concernant le TSPT :

Trois entretiens directs ou semi-directifs sont disponibles :

- le *Structured Clinical Interview for DSM III-R Axis I (SCID)* (Spitzer et al., 1990),
- le *Mini International Neuropsychiatric Interview (MINI)* (Sheehan et al., 1998),
- la *Clinical-Administered PTSD Scale (CAPS)* (Blake et al., 1995).

Comme son nom l'indique, le *Structured Clinical Interview for DSM III-R* est un entretien directif pour le DSM réservé aux professionnels. Une version a été adaptée au DSM 4. Le module sur le TSPT comporte 19 items et a été utilisé dans de très nombreuses recherches. Le questionnaire est basé sur le principe de l'arbre décisionnel où le diagnostic se précise au fil de l'entrevue. Les questions posées sont ouvertes afin de recueillir une vue d'ensemble de l'état actuel et passé du sujet. Le format des échelles de réponse donne une information dichotomique sur le symptôme (présent/absent) et il n'y a pas d'évaluation séparée de la sévérité de chaque symptôme. Le temps requis est estimé entre 1 à 2 heures. C'était encore l'outil de référence jusqu'à l'arrivée de la *CAPS*.

Le *Mini International Neuropsychiatric Interview* est un entretien diagnostique structuré explorant de façon standardisée les critères diagnostiques des principaux troubles psychiatriques du DSM 3. La version initiale a été publiée en 1997 et a été ensuite adaptée au DSM 4. La période explorée concerne la vie entière et/ou la période actuelle. Le *MINI* a été conçu pour être administré par un clinicien en entretien face à face. Un module concerne le TSPT mais tous les symptômes diagnostiques n'y sont pas répertoriés. Les réponses sont dichotomiques et il n'y a pas d'évaluation séparée de la sévérité de chaque dimension. Les propriétés psychométriques des versions anglaises et françaises de ce test ont été validées (Lecrubier et al., 1997).

La *Clinical-Administered PTSD Scale* a été quant à elle développée aux Etats-Unis par le National Center for PTSD et représente le standard dans l'évaluation du TSPT. Ce questionnaire est composé de 30 items dont 17 évaluent les symptômes et 13 s'intéressent à l'impact sur le fonctionnement social, l'amélioration symptomatique depuis le dernier entretien, la validité globale des réponses du patient, la sévérité globale ainsi que la fréquence et l'intensité des symptômes associés (culpabilité du survivant envers l'événement, dépersonnalisation et déréalisation). La *CAPS* est utilisée dans l'évaluation d'un TSPT actuel ou antérieur voire dans l'analyse spécifique de certains symptômes. Sa passation dure entre 45 à 60 minutes et peut être menée par un clinicien ou un « non » clinicien formé. La cotation des items se fait sur deux échelles en 5 points : une pour la fréquence (jamais ; une fois sur deux ; une ou deux fois par semaine ; plusieurs fois par semaine ; tout le temps) et une pour l'intensité (de pas du tout à extrêmement). La cotation par item suit la règle suivante : un item est positif si sa fréquence est au moins égale à 1 et son intensité à 2. Ses qualités psychométriques sont excellentes et ses capacités discriminatives varient selon le mode de cotation. Selon Weathers et al. qui ont testé 9 modes de cotation, 2 d'entre elles qui maximisent la sensibilité et/ou la spécificité, devraient être retenues : 1) sévérité totale ≥ 45 donne une sensibilité de 0,93 et une spécificité de 0,7 ; 2)

fréquence ≥ 1 , intensité ≥ 2 et sévérité totale ≥ 65 , donnent une spécificité de 0,93 et une sensibilité de 0,82.

Pour les auto-questionnaires, la *PTSD Checklist for DSM-5 (PCL-5)* (Weathers et al., 2013) et l'*Impact of Event Scale-Revised (IES-R)* (Horowitz et al., 1979) permettent de dépister rapidement (temps de questionnaires évalué entre 5 et 10 minutes) les sujets souffrant d'un TSPT et d'apprécier l'évolution symptomatique après la mise en place d'un traitement. Traduite en français, la *PTSD Checklist* se décline en 3 versions : population militaire (*PCL-M*), population civile (*PCL-C*) et événement stressant spécifique (*PCL-S*). Cette échelle mesure l'intensité des symptômes (cotée de 0 à 5) répertoriés en 20 items et fournit un score total de sévérité variant de 0 à 80 points. Les propriétés psychométriques de la version récente de cet instrument ont été évaluées (Blevins et al., 2015). De son côté, l'*Impact of Event Scale-Revised (IES-R)* comprend 22 items décrivant chacun un symptôme de TSPT. Il est demandé au participant d'estimer l'impact de chaque symptôme à travers une échelle cotée de 0 « pas du tout » à 4 « extrêmement » avec un score maximal de 88. Le questionnaire détermine également 3 sous-scores : « hyperéveil », « évitement » et « intrusion ». Pour l'interprétation, un score supérieur à 32 est en faveur d'un probable diagnostic de TSPT et un score inférieur à 12 incite à écarter ce diagnostic. Un score compris entre ces deux valeurs nécessite d'autres mesures supplémentaires. La version française de l'*Impact of Event Scale-Revised* a été validée en 2003 (Brunet et al., 2003) et montre une bonne cohésion interne, une fiabilité de test-retest satisfaisante ainsi qu'une validité convergente avec le danger de mort perçu et les symptômes psychiatriques généraux jugée acceptable. Troisième auto-mesure, la *PTSD Symptom Scale-Self-Report Version (PSS-SR)* apprécie la sévérité symptomatique du TSPT. Le questionnaire contient 17 items qui correspondent chacun à un symptôme de TSPT (DSM) évalués sur une échelle à 3 points (0 = « pas du tout », 1 = « un peu », 2 = « peu », 3 = « beaucoup ») (Foa et al., 1993). Un diagnostic de TSPT peut aussi être recherché quand il y a au moins 1 symptôme de reviviscence, 3 symptômes d'évitement et 2 symptômes d'hyperréactivité. Un score total supérieur à 13 est en faveur de ce trouble. Les qualités psychométriques de cet outil ont été appréciées (Foa et al., 1993).

1.1.5 Neurobiologie du psychotraumatisme et genèse de la mémoire traumatique

1.1.5.1 Physiologie de la mémoire

La mémoire permet d'enregistrer des informations venant d'expériences et d'événements divers, de les conserver et de les restituer (Institut national de la santé et de la recherche

médicale) (Inserm). Il existe différents types de mémoire dont la description classique distingue la mémoire à court terme (maintien de l'information quelques heures), la mémoire à long terme (consolidation de l'information) et la mémoire de travail (maintient temporaire de l'information). Le contexte dans lequel se trouvent ces informations semble important : il permet de moduler et conditionner le stockage puis la restitution de celles-ci.

Le processus de mémorisation fait appel à trois étapes :

1. l'apprentissage ou encodage (attribue du sens à l'information),
2. le stockage (permet la consolidation et l'organisation de l'information),
3. le rappel ou la restitution des informations.

La mémoire à long terme permet le maintien d'une information en mémoire de façon prolongée. Plusieurs classifications structurales de ce type de mémoire existent :

- selon Endel Tulving (1972) : elle serait constituée par la mémoire sémantique (mémoire des faits et connaissances générales sur le monde) et la mémoire épisodique (mémoire d'évènements contextuels),
- selon Squire et Cohen (1980) : elle serait divisée en mémoire déclarative (accessible à la conscience, englobant les mémoires sémantiques et épisodiques) et en mémoire procédurale ou non déclarative (informations non accessibles à la conscience, comportements habituels, habiletés motrices acquises, conditionnement émotionnel),
- selon Graf et Schacter (1987) : elle serait organisée en mémoire explicite (récupération consciente des informations) et en mémoire implicite (rappel d'informations non accessibles à la conscience).

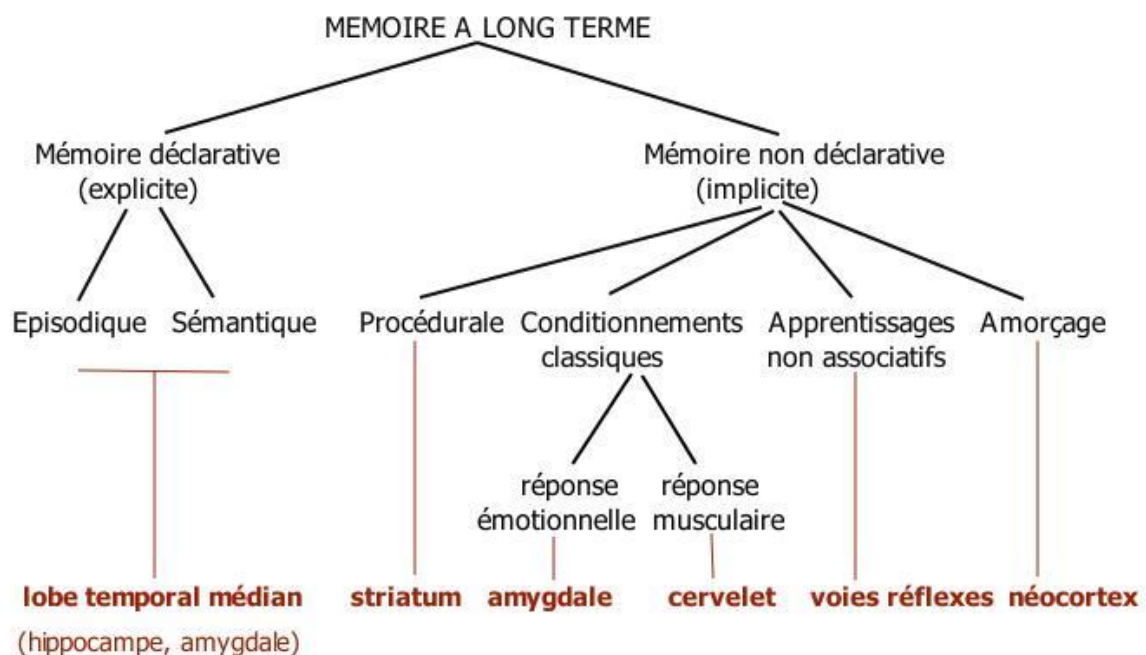
La classification selon le modèle de Squire, qui est actuellement une référence dans le domaine des neurosciences, permet d'associer différents types de mémoire aux structures cérébrales impliquées (Squire, 2004).

Selon ce modèle :

- l'amygdale permet l'encodage et le stockage de la mémoire déclarative et de la mémoire procédurale. Elle module également la charge émotionnelle associée au souvenir et jouerait un rôle dans les processus de conditionnement en lien avec l'hippocampe,
- l'hippocampe est à l'origine de l'encodage d'une information et de son contexte ainsi que de l'apprentissage de la dangerosité d'une situation via la mémoire explicite. Il interviendrait dans la récupération d'informations concernant un événement antérieur se référant à la mémoire épisodique. Il est aussi impliqué dans le conditionnement de peur,
- le cortex préfrontal (CPF) intervient dans la mémorisation et la restitution d'informations. Il contrôle aussi les fonctions exécutives.

Une même information sera traitée de façon synchrone par différents circuits de la mémoire qui interagissent entre eux pour permettre la mémorisation et apporter au souvenir un contenu à la fois déclaratif et non déclaratif. Cette interaction favorise ainsi un comportement adapté à une situation donnée. Ce modèle est présenté dans le schéma 1.

Schéma 1 : Classification de la mémoire à long terme et structures cérébrales impliquées (adapté de Squire, 2004) :



1.1.5.2 Mémoire émotionnelle

La mémoire émotionnelle donne une valeur émotionnelle à un stimulus (ou une situation) soumis au processus de mémorisation, favorisant ainsi sa consolidation mnésique puis sa restitution (Phelps et Ledoux, 2005). Elle peut être définie comme « la faculté d'acquérir, de consolider et de restituer des informations connotées émotionnellement » (Aron et Delacour, 1984). Les deux systèmes de mémoire déclarative (souvenirs) et non déclarative (réponse émotionnelle) sont impliqués.

Des études ont montré l'influence de l'émotion sur la mémorisation d'un souvenir. En 1977, Brown et Kulik décrivaient ce qu'ils appellent les « *Flashbulb memories* » ou « souvenirs flashes », concernant l'assassinat du Président Kennedy aux Etats-Unis. Ces souvenirs, associés à une charge émotionnelle importante sont par définition vifs et détaillés, et les auteurs démontraient par la suite que des sujets interrogés 13 ans après l'assassinat pouvaient détailler avec précision la situation et le contexte dans lesquels ils se trouvaient au moment de l'évènement (Brown et Kulik, 1977).

Sur le plan neurobiologique, une augmentation de la concentration en hormones de stress (adrénaline et glucocorticoïdes) est retrouvée lors de la réaction à un événement à fort vécu émotionnel ou au stress (Cahill et Alkire, 2003). D'ailleurs, des expérimentations sur le rôle de l'amygdale dans la modulation de la consolidation des souvenirs à long terme (McGaugh, 2004) ont démontré qu'une augmentation systémique ou intra-amygdale d'hormones de stress pouvait participer à la modulation émotionnelle d'un souvenir via les récepteurs adrénergiques et favoriser sa consolidation mnésique. Cette charge affective favoriserait ainsi la mise en mémoire épisodique du souvenir via des connections entre l'amygdale et l'hippocampe et cet encodage serait modulé par le système neuroendocrinien.

La mémoire émotionnelle d'un événement n'impliquerait pas non plus uniquement un traitement conscient et une restitution explicite des informations : certaines seraient ainsi traitées puis restituées sous une forme inconsciente ou implicite. On parle alors de réponse conditionnée émotionnelle, c'est-à-dire, que cette réaction est sous-tendue par une association conditionnée émotionnellement entre une situation et la charge affective qu'elle porte (situation/stimulus/réponse émotionnelle) impliquant l'amygdale (McGaugh, 2004 ; Phelps et Ledoux, 2005). Des résultats d'études en imagerie cérébrale humaine concordent avec ceux d'études réalisées chez l'animal suggérant ainsi la corrélation entre le degré d'activation de l'amygdale lors de l'encodage de souvenirs et la charge émotionnelle (agréable ou désagréable) (Pitman et al., 2012).

1.1.5.3 Réponse émotionnelle pathologique et mémoire traumatique

La mémoire traumatique, ou trouble de la mémoire implicite émotionnelle, est une conséquence psychotraumatique qui se traduit par des réminiscences intrusives envahissantes (flash-back, illusions sensorielles, cauchemars) faisant revivre à l'identique la confrontation traumatique avec la même détresse et les mêmes réactions physiologiques, somatiques et psychologiques (Salmona, 2010).

Les mécanismes neurobiologiques et neurophysiologiques qui sous-tendent la mémoire traumatique ont été étudiés depuis plusieurs années et ont permis d'élaborer des modèles théoriques traduisant la survenue de symptômes psychotraumatiques et de troubles psychiques associés. Le circuit neurologique principalement impliqué dans la genèse de cette mémoire traumatique est le système limbique dont les principales structures sont l'amygdale, l'hippocampe et le cortex associatif. Le schéma en annexe 5 illustre ce circuit. Les expérimentations de Joseph Ledoux en psychologie comportementale sur le conditionnement de peur ont permis d'éclairer les mécanismes impliqués dans les émotions de peur et la réponse émotionnelle normale à une situation stressante (Ledoux, 2000). Selon le psychologue français, le cortex sensoriel présente des connexions avec l'amygdale qui est interconnectée aux régions cérébrales assurant l'expression de peur. Un stimulus sensoriel de danger va ainsi être analysé par le thalamus puis les informations la concernant vont être envoyées à l'amygdale par deux voies :

1. Une voie courte (thalamus sensoriel-amygdale) à l'origine des réponses à un stress aigu ou à des expériences de peur apprises par l'intermédiaire de réactions émotionnelles et comportementales rapides de survie, de fuite et de défense.
2. Une voie longue (thalamus sensoriel-cortex sensoriel-amygdale) qui permet, via le cortex associatif, d'intégrer des informations sensorielles et de comparer le contexte actuel aux situations antérieures dont les souvenirs (expériences affectives et apprentissages) sont stockés dans l'hippocampe.

Lors d'une situation de danger, l'amygdale est activée et va déclencher une réponse émotionnelle avant même que le cortex sensoriel et associatif reçoive des informations concernant l'évènement en stimulant la production :

- d'adrénaline par le système nerveux autonome (SNA) : pour augmenter le rythme et la fréquence cardiaques, la pression artérielle et activer la glucogénèse,
- de cortisol par l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HHS) : pour stimuler la néoglucogénèse.

Le but étant de réagir rapidement à une situation stressante et de fournir à l'organisme les ressources en énergie nécessaires aux organes pour répondre au danger. L'amygdale donne également des informations émotionnelles au cortex associatif qui va analyser le danger et adapter son comportement et ses réactions émotionnelles en fonction des expériences apprises ainsi que des repères spatio-temporels antérieurs gérés par l'hippocampe. La réponse finale sera une modulation de la réponse émotionnelle et une extinction de l'état de stress.

Lors d'un événement traumatique extrême, le cortex et l'hippocampe sont incapables de se représenter l'évènement, de l'intégrer et de le relier à des connaissances ou des repères acquis : l'activité de l'amygdale ne peut être modulée. Il persiste alors une réponse émotionnelle maximale entraînant un état de stress majeur lié aux sécrétions toxiques de cortisol par l'axe HHS et d'adrénaline par le SNA. Dans ce contexte, l'organisme va faire « disjoncter » le circuit limbique en sécrétant des endorphines cérébrales et des substances antagonistes « kétamine-like » des récepteurs N-méthyl-D-aspartate (NMDA) du système glutamatergique qui entraînent une déconnexion amygdalienne et une extinction de la réponse émotionnelle.

Au total, l'amygdale:

1. Est éteinte : il n'y a plus de réponse émotionnelle donc plus de risque vital engagé ni de souffrance physique (sécrétion d'endorphines) malgré la persistance de stimuli traumatiques.
2. Est déconnectée du cortex associatif : les stimuli traumatiques sont traités par le cortex associatif sans connotation émotionnelle et sans souffrance physique mais avec une sensation de transformations corporelles et de distorsions spatio-temporelles liées aux substances « kétamine-like » endogènes entraînant un état de dissociation péritraumatique.
3. Est déconnectée de l'hippocampe : la mémoire émotionnelle n'est pas traitée et intégrée en mémoire déclarative dans l'hippocampe à l'origine de troubles mnésiques. Par contre, cette mémoire émotionnelle est « bloquée » dans l'amygdale et est transformée en circuit de peur conditionnée classique (Pavlov, 1927) sans pouvoir être éteinte par le cortex associatif ni l'hippocampe (Nutt, 2000).

Des corrélats neuro-anatomiques et fonctionnels ont été mis en évidence lors de travaux d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) chez des individus présentant des troubles post-traumatiques. Des altérations des systèmes de mémoire implicite émotionnelle et explicite impliquant respectivement l'amygdale et l'hippocampe ont pu être identifiées en imagerie. Ces dysfonctionnements pourraient ainsi expliquer la physiopathologie du TSPT.

Une augmentation de l'activité de l'amygdale associée à une altération anatomique de l'hippocampe (atrophie), qui traduisent l'exacerbation clinique des symptômes de reviviscence ou encore l'amnésie contextuelle des faits traumatiques, sont aussi décrites chez les sujets atteints de TSPT (Etkin et al., 2007 ; Pitman et al., 2012). Ces corrélats sont résumés dans le tableau 1 (Dégeilh et al., 2013).

Tableau 1 : Corrélats neuro-anatomiques et fonctionnels dans le TSPT

Structures	Processus cognitifs	Corrélats neuro-anatomiques	Troubles mnésiques	Symptômes DSM 5
AMYGDALE	Apprentissage, Conditionnement de peur	Hyperactivation	Hyper-encodage mnésique émotionnel	Réactions de sursaut
	Réponse d'alerte			Biais attentionnel
	Mémoire émotionnelle			Symptômes de reviviscence
	Régulation attentionnelle			Hypervigilance
HIPPOCAMPE	Mémoire déclarative	Atrophie	Déficit mémoire épisodique Décontextualisation du souvenir	Généralisation du souvenir
	Encodage, Rappel contextuel des souvenirs			Incapacité de souvenir d'un aspect important de l'évènement
	Conditionnement d'extinction			Vécu ou agir dissociatif

DSM 5 : Diagnostic mental disorder 5th version (American Psychiatric Association (APA), 2013).

Par la suite, à chaque stimulus rappelant la situation traumatique, les conséquences neurobiologiques de cette confrontation extrême entraîneront la réactivation du circuit limbique et l'amygdale :

- va envoyer des informations dépourvues de repères spatio-temporels au cortex se traduisant par des symptômes cliniques de reviviscences post-traumatiques,
- va activer les circuits de stress (axe HHS et SNA) entraînant une hypervigilance et une sensation de danger imminent permanent.

Pour éviter de déclencher la mémoire traumatique et limiter l'apparition de ces symptômes invalidants, le sujet souffrant de stress post-traumatique va alors mettre en place :

- des conduites d'évitement de la stimulation amygdalienne et de l'activation de la mémoire traumatique : à l'origine du retrait social, de peurs spécifiques, d'intolérance au stress ou de troubles du sommeil (Nutt, 2000),
- des conduites de contrôle qui permettent de maintenir une hypervigilance : à l'origine d'un état d'alerte, de troubles du sommeil, d'une tension musculaire et de troubles de la concentration et de l'attention,
- un état de dissociation : qui permet de recréer la « disjonction » du circuit émotionnel limbique et de retrouver l'état d'analgesie et d'anesthésie affective vécues lors de l'exposition traumatique (dissociation péritraumatique). Cet état est retrouvé en augmentant le niveau de stress : 1) indirectement via la sécrétion cérébrale de substances endogènes dissociantes lors de conduites à risque (agressions auto-ou hétéro-agressives), de mises en danger ou de prises de substances psychoactives excitantes (amphétamines), 2) directement à travers la consommation de substances dissociantes (alcool, cannabis, héroïne, psychotropes, etc.).

1.1.6 Actualités thérapeutiques

1.1.6.1 Psychothérapies

Différents types de thérapies (thérapie cognitive et comportementale (TCC), « eye movement desensitization and reprocessing » (EMDR), thérapies psycho-dynamiques, hypnose, thérapie de groupe, réhabilitation psychosociale) peuvent être proposées aux sujets atteints de stress post-traumatiques. Plusieurs études contrôlées ont démontré l'efficacité de ces interventions à atténuer la symptomatologie de TSPT (Revue Cochrane de Bisson et al., 2013) et l'efficacité des thérapies cognitives et comportementales centrées sur le traumatisme ou des thérapies d'intégration neuro-émotionnelle par stimulations bilatérales alternées (EMDR) semble se démarquer.

Les thérapies cognitives et comportementales (TCC) centrées sur le traumatisme (en anglais « TF-CBT » ou « trauma focused cognitive and behavioral therapy ») utilisent les outils classiques d'exposition en imagination et *in vivo*, de restructuration cognitive et de gestion de l'anxiété. Les techniques de gestion de l'anxiété comme la relaxation, l'affirmation de soi ou la régulation respiratoire visent plus spécifiquement l'hyperactivation neurovégétative. La restructuration cognitive consiste quant à elle à modifier des schémas de pensées inadéquats

renforcés par le traumatisme, tels que la culpabilité ou le sentiment de dangerosité excessive du monde.

Plusieurs techniques de TCC centrées sur le trauma ont été étudiées :

1. La thérapie comportementale (Foa, 2007): par exposition prolongée en visualisation mentale et/ou *in vivo* aux situations et indices de rappel. Elle est aujourd'hui la plus utilisée dans la prise en charge des troubles post-traumatiques.
2. La thérapie du traitement cognitif (Resick et Schnicke, 1992).
3. L'entraînement à l'inoculation du stress (Kilpatrick et al., 1982).
4. La thérapie cognitive (Ehlers et Clark, 2000).

Initialement, la technique d'EMDR a été développée aux Etats-Unis à partir des années 1990 par la psychologue Francine Shapiro qui a démontré l'effet bénéfique de mouvements oculaires répétés sur l'amendement d'une charge émotionnelle négative liée au rappel anxigène de souvenirs traumatiques. Considérée comme une thérapie neuro-émotionnelle, l'EMDR est basée sur le concept du traitement adaptatif de l'information. Ce modèle propose que le système de traitement adaptatif pourrait être perturbé lors d'évènements stressants par des surcharges d'informations (cognitives, émotionnelles, sensorielles ou encore somatiques) qui entravent ses capacités de gestion et d'adaptation.

A ce jour, il a été montré que les sujets souffrant de troubles psychotraumatiques tels que le TSPT sont encore nombreux à ne pas recevoir de psychothérapies adaptées (Hoge et al., 2006). Les raisons invoquées comprennent (Pietrzak et al., 2009) :

- un lieu d'habitation éloigné des services de santé mentale,
- un temps et des coûts importants associés aux traitements psychothérapeutiques,
- l'accès limité à des thérapeutiques spécialisées dans la prise en charge des traumatismes psychiques,
- la stigmatisation perçue associée à ces traitements.

1.1.6.2 Approche pharmacologique

En 2012, une revue intéressante exposait l'ensemble des travaux traitant de la pharmacologie du TSPT en retenant 37 essais contrôlés (4597 participants) d'une durée allant de 4 à 24 semaines (Ipser et Stein, 2012). Une méta-analyse était également associée à cette revue. Les résultats mettaient en avant l'intérêt des sérotoninergiques dans le traitement du TSPT même si d'autres classes pharmacologiques semblaient prometteuses. Les auteurs ont en revanche souligné l'hétérogénéité des résultats des essais qui présentaient des méthodologies et

des durées de traitement variables. Les principales données que l'on peut extraire de cette étude sont les suivantes :

- une proportion significativement plus élevée de patients ont répondu aux médicaments (59,1%) comparé au placebo (38,5%) (13 essais),
- 17 essais ont démontré la supériorité de la classe des inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine (ISRS) par rapport au placebo à réduire les symptômes de TSPT avec une efficacité à long terme,
- la classe des inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine et de la noradrénaline (2 essais sur la venlafaxine) rapportait une efficacité sur l'amélioration des symptômes post-traumatiques et de dépression comorbide ainsi que sur la qualité de vie et la résilience au stress,
- peu de résultats significatifs ont été en faveur des autres antidépresseurs (IMAO et Tricycliques),
- les anticonvulsivants (lamotrigine, topiramate) entraînaient une diminution des symptômes de TSPT,
- 1 seul essai portait sur l'effet des benzodiazépines (alprazolam) qui concluait à une efficacité sur les symptômes dépressifs uniquement,
- la rispéridone diminuait la sévérité symptomatique (score *CAPS*) dans 2 études.

En outre, d'autres arguments scientifiques supplémentaires semblent en faveur de l'efficacité thérapeutique d'antipsychotiques tels que l'olanzapine, la rispéridone ou la quétiapine dans la réduction de certains symptômes psychotiques associés à un TSPT chronique et résistant chez des vétérans de guerre ou lors de formes cliniques avec symptomatologie dissociative (Vaiva et Ducrocq, 2013). De même, la prazosine (agoniste des récepteurs alpha 1) a pu montrer des effets bénéfiques sur la symptomatologie post-traumatique tout comme sur des troubles du sommeil résistants (Department of Veterans Affairs (VA)/The Department of Defense (DoD)).

Concernant le TSA, aucune molécule pharmacologique n'a à ce jour fait preuve d'une efficacité suffisante pour prévenir le développement du TSPT chez des sujets présentant des symptômes post-traumatiques aigus. Des pistes pharmacologiques semblent cependant se dessiner. Ainsi, certaines études se sont intéressées à l'effet préventif de l'administration précoce de propranolol (bloqueur bêta 1 et bêta 2 adrénergique non sélectif) après une exposition traumatique sur le développement du TSPT et les premiers résultats semblent satisfaisants (Vaiva et Ducrocq, 2013). D'un point de vue théorique, cette molécule permettrait

de limiter les mécanismes d'hyperencodage et de consolidation mnésiques notamment au niveau amygdalien. Récemment, une étude clinique (« Paris-MEM ») coordonnée par le Pr Millet (AP-HP) et le Pr Brunet (Université McGill, Canada) a d'ailleurs été mise en œuvre dans le contexte des attentats français du 13 novembre 2015. Elle a pour objectif de tester scientifiquement l'efficacité d'une nouvelle technique de soins chez près de 400 adultes volontaires souffrant de syndrome post-traumatique suite aux attentats de 2015 et 2016. Cette étude est basée sur la méthode dite de « blocage de la reconsolidation mnésique », c'est-à-dire de ramener un souvenir émotionnel consolidé à une forme instable en le remémorant puis d'interférer avec la consolidation *de novo* (ou reconsolidation) de cette trace mnésique en bloquant la synthèse protéique requise pour reconsolider ce souvenir émotionnel notamment dans l'amygdale à l'aide d'un bêta-bloquant (Besnard et Caboche, 2012).

1.1.6.3 Recommandations internationales

En 2010, l'ISTTS a publié un article intéressant ayant sélectionné et comparé six guides de recommandations internationales des pratiques thérapeutiques pour le TSA et le TSPT chez l'adulte et un guide chez l'enfant et l'adolescent (Forbes et al., 2010). On y retrouve des recommandations nord-américaines (APA, ISTSS, Institute of Medicine (IOM), VA/DoD), australiennes (National Health and Medical Research Council (NHMRC) et du Royaume-Uni (National Institute for Health and Care Excellence (NICE)). Des algorithmes de prise en charge du TSA et du TSPT proposés par le VA/DoD sont présentés en annexes 6 et 7.

Selon Forbes et al., ces guides semblent présenter un certain niveau de consensus :

1. Pour le TSA :

- la TCC axée sur le traumatisme est considérée comme le traitement de 1^{ère} intention,
- aucun traitement pharmacologique ne doit être administré systématiquement à des sujets venant d'être exposés à un événement traumatique à visée préventive du TSA,
- aucune molécule pharmacologique n'a fait preuve d'une efficacité suffisante pour prévenir le développement du TSPT chez les sujets atteints de TSA. L'APA est la seule à proposer un traitement par ISRS dans ce cas,
- l'utilisation de traitements sédatifs dans les suites immédiates d'un traumatisme psychique doit avoir une cible spécifique (par exemple le sommeil, le contrôle des attaques de panique, etc.) et doit être limitée dans le temps.

2. Pour le TSPT :

- la plupart des guides recommandent les TCC centrées sur le traumatisme comme traitement de 1^{ère} intention pour les adultes et parfois pour les enfants,
- le bénéfice d'une pharmacothérapie dans la prise en charge du TSPT est tout de même reconnu, notamment quand le recours aux thérapies centrées sur le traumatisme est impossible. Les ISRS sont considérés comme la classe médicamenteuse de référence.

Certaines divergences émanent néanmoins de ces recommandations :

- toutes préconisent l'EMDR en traitement de 1^{ère} ligne hormis l'IOM et l'APA qui excluent cette alternative en raison de l'absence de preuves du rôle des mouvements oculaires alternés,
- au niveau pharmacologique, l'APA et le VA/DoD proposent un traitement par ISRS associé à une psychothérapie en 1^{ère} intention alors que les autres guides recommandent les ISRS en 1^{ère} ligne si la TCC n'est pas disponible, faisable ou acceptable par le sujet concerné.

Tableau 2 : Place de la pharmacothérapie selon les recommandations internationales

Recommandations	Place de la pharmacothérapie
ISTSS	Exclue - Bénéfice reconnu
IOM	Exclue
APA	Traitement de 1 ^{ère} intention
NICE	Traitement de 2 ^{nde} intention quand recours impossible aux TCC centrées sur le trauma
NHMRC	Traitement de 2 ^{nde} intention quand recours impossible aux TCC centrées sur le trauma
VA/DoD	Traitement de 1 ^{ère} intention

TCC : thérapie cognitive et comportementale ; ISTSS : International Society for Traumatic Stress Studies ; IOM : Institute of Medicine ; APA : American Psychiatric Association ; NICE : UK National Institute for Health and Clinical Excellence ; NHMRC : Australian National Health and Medical Research Council ; VA/DoD : Department of Veterans Affairs / Department of Defense.

De son côté, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) envisage l'orientation des sujets atteints de TSPT vers une thérapie cognitive et comportementale centrée sur le traumatisme en individuel ou en groupe et vers une thérapie EMDR. Elle recommande d'ailleurs la prescription d'antidépresseurs lorsque ces thérapies s'avèrent inefficaces (OMS, 2013).

Dans le cadre du TSPT, l'OMS met aussi l'accent sur la psychoéducation des victimes et leurs aidants et préconise :

- d'expliquer l'évolution des symptômes et la nature du TSPT,
- d'informer qu'un traitement efficace est possible,
- d'insister sur les règles hygiéno-diététiques (relaxation, activité physique, sommeil, éviter l'alcool ou des substances, etc.) et sur la poursuite d'activités quotidiennes normales,
- de consulter en cas de pensées suicidaires.

En France, la Haute Autorité en Santé (HAS) (2007) recommande la thérapie cognitivo-comportementale ou l'EMDR centrées sur le traumatisme en 1^{ère} intention dans le traitement du TSPT. Le traitement psychothérapeutique doit être proposé quel que soit le délai écoulé depuis l'évènement traumatique et l'EMDR est contre-indiquée en cas de pathologie psychotique. Pour les traitements médicamenteux, seules la paroxétine et la sertraline (ISRS) possèdent une Autorisation de mise sur le Marché française (Agence Nationale de Sécurité du Médicament). Selon la HAS, le traitement médicamenteux est indiqué « dans les formes chroniques durant plus d'un an avec une dépression quasi systématiquement associée ». La supériorité thérapeutique de l'association TCC/ISRS pour le TSPT est par ailleurs reconnue par l'agence française qui recommande, pour les troubles du sommeil, un traitement hypnotique de courte durée.

1.2 Nouvelles technologies

1.2.1 Télésanté ou e-santé

Pour l'Organisation Mondiale de la Santé, l'e-santé se définit comme « les services du numérique au service du bien-être de la personne » c'est-à-dire comme l'application des technologies de l'information et de la communication (TIC) au domaine de la santé et du bien-être. Elle se définit également comme « l'utilisation des outils de production, de transmission, de gestion et de partage d'informations numérisées au bénéfice des pratiques tant médicales que médico-sociales » (Organisation mondiale de la Santé, 2005).

1.2.1.1 Télémédecine

En France, la Haute Autorité en Santé définit la télémédecine comme « une forme de pratique médicale à distance fondée sur l'utilisation des technologies de l'information et de la

communication qui permettent d'établir un diagnostic, d'assurer un suivi, de requérir un avis spécialisé ou d'effectuer une surveillance ou une décision médicale » (Fillon, 2010). Cette définition limite la télémédecine aux seules actions cliniques et curatives de la médecine.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) la conçoit comme une composante à part entière de la médecine. Il s'agit de « services de soins de santé, lorsque l'éloignement est un facteur déterminant, par des professionnels de santé, faisant appel aux technologies de l'information et des communications » d'une part « pour assurer l'échange d'informations valides à des fins de diagnostic, de traitement et de prévention des maladies et des blessures » et, d'autre part, « pour les besoins tant des activités de la formation permanente des prestataires de soins de santé que des travaux de recherche et d'évaluation, toujours dans l'optique de l'amélioration de la santé des individus et des communautés dont ils font partie » (OMS, 1997). Cette définition apparaît plus précise que celle retenue officiellement en France en 2010 : elle intègre tous les acteurs de santé et ne se limite pas à l'intervention d'un médecin auprès d'un patient à distance. La télémédecine est donc une activité professionnelle qui met en œuvre des moyens de télécommunications numériques permettant à des médecins et à d'autres membres du corps médical de réaliser à distance des actes médicaux alors que la télésanté concerne l'utilisation des systèmes de communication pour protéger et promouvoir la santé (Institut de recherche et documentation en économie de la santé, 2018).

En France, la pratique de la télémédecine a fait l'objet d'une stratégie nationale de déploiement suite à sa reconnaissance légale en 2009 par la *Loi Hôpital, Patients, Santé, Territoires* du Code de la Santé Publique et d'une description de son cadre réglementaire dans le *Décret n° 2010-1229 du 19 octobre 2010*. Ainsi, ce décret délimite l'exercice de la télémédecine en définissant cinq actes reconnus en France :

1. la téléconsultation permettant une consultation à distance entre un médecin et un patient,
2. la téléexpertise permettant à un professionnel médical de solliciter à distance l'avis d'un ou plusieurs professionnels médicaux sur la base des informations médicales liées à la prise en charge d'un patient,
3. la télésurveillance médicale permettant à un professionnel médical d'interpréter à distance les données nécessaires au suivi médical d'un patient et, le cas échéant, de rendre des décisions relatives à la prise en charge de ce patient,
4. la téléassistance permettant à un professionnel médical d'assister à distance un autre professionnel de santé au cours de la réalisation d'un acte,
5. la réponse médicale urgente apportée dans le cadre de la régulation Samu-Centre 15.

1.2.1.2 M-santé

La m-santé correspond aux services de santé connectés tels que les smartphones, les tablettes ou autres objets connectés.

Selon un sondage français réalisé par le CREDOC en 2016, le taux d'équipement en smartphones en France entre 2011 et 2016 a connu une forte progression. En effet, près de deux français sur trois détenaient un smartphone en 2016 alors qu'ils étaient moins d'un sur cinq en 2011 (CREDOC, 2016). Le schéma en annexe 8 illustre cette statistique.

1.2.2 Télésychiatrie

Dans le domaine de la santé mentale, la télésychiatrie est une des applications de la télémédecine. L'Association des psychiatres du Canada (APC) définit la télésychiatrie comme l'exercice de la psychiatrie à distance à l'aide des nouvelles technologies de l'information et des communications (NTIC) dans le but :

- de réduire les barrières géographiques,
- d'apporter un soutien aux équipes soignantes,
- d'améliorer la prestation des soins psychiatriques ainsi que leur accessibilité.

Pour l'American Psychiatric Association, cette technologie vise à renforcer l'accès aux soins pour les personnes éloignées géographiquement ou lors de pénurie locale d'offre de soins spécialisés. Il s'agit ainsi de l'utilisation des nouvelles technologies comme support aux soins cliniques et psychiatriques. Cette définition très globale fait référence à toutes les modalités techniques comme le téléphone, la télécopie, le courrier électronique, le réseau Internet et la visioconférence en temps réel (APA, 1998).

Depuis les années 1950, plusieurs expériences de télémédecine et en particulier de télésychiatrie ont vu le jour en Amérique du Nord. Une des premières activités de télésychiatrie concernait la mise en réseau de programmes de téléconsultations et de télé-éducation autour du Nebraska Psychiatric Institute. Par la suite, de nombreux projets se sont développés essentiellement aux Etats-Unis, au Canada ainsi qu'en Australie à partir des années 1990 (Massé, 2006).

Au niveau international, la pratique de la télépsychiatrie est actuellement documentée dans différents domaines tels que :

- toutes les formes de psychothérapies,
- à visée d'éducation thérapeutique,
- les urgences psychiatriques,
- les injonctions thérapeutiques et les expertises judiciaires,
- avec les détenus,
- en psychiatrie infanto-juvénile.

Les publications scientifiques disponibles concernent principalement l'évaluation des pratiques et les retours d'expérience (Astruc et al., 2012). Aux Etats-Unis, une méta-analyse a comparé en 2005 l'évaluation clinique effectuée en télépsychiatrie à la pratique traditionnelle en face à face. Les résultats ne montraient aucune différence entre les deux approches et la préférence des patients ou des cliniciens restait néanmoins la consultation en face à face (Hylar et al., 2005). Cinq années plus tard, une revue espagnole ayant examiné l'efficacité de la télépsychiatrie dans la prise en charge des troubles mentaux en tant que modèle de soins chez des patients souffrant de dépression, de trouble panique, de TSPT, de trouble du comportement alimentaire et de trouble du spectre de la schizophrénie ne retrouvait aucune preuve en faveur d'un bénéfice clinique de la télépsychiatrie mais rapportait des résultats positifs concernant la qualité de vie, la satisfaction des patients et l'adhésion au traitement (García-Lizana et Muñoz-Mayorga, 2010). La preuve d'une optimisation des coûts avec cette approche était faible mais elle pouvait néanmoins améliorer l'accès aux soins, servir à promouvoir l'éducation thérapeutique, faire gagner du temps et éviter des déplacements. Plus récemment, un corpus de travaux scientifiques parus en 2013 démontrait la capacité de la télépsychiatrie à augmenter la disponibilité et la qualité des soins psychiatriques sur différents territoires des Etats-Unis (Shore, 2013).

En France, la première expérience de télépsychiatrie est récente et date de 2001. Relatée dans une thèse (Canac, 2013), elle était pilotée par le professeur Pringuey au CHU de Nice et consistait en la mise en place de consultations spécialisées pour les médecins généralistes dans l'arrière-pays Niçois. Cet exemple de pratique interrompue quelques années plus tard était la seule en France en 2001 tandis que 25 programmes étaient recensés la même année aux États-Unis (Canac, 2013). Depuis cette première expérience, des initiatives de télépsychiatrie semblent peu à peu se mettre en place comme en témoigne le projet européen « eMEN » (« e-santé mentale ») qui regroupe six pays européens dont la France. Débuté en 2016, « eMEN » a

pour objectif d'accroître l'utilisation et la qualité des solutions numériques afin de promouvoir l'accessibilité et l'efficacité des soins en santé mentale (Interreg). Le programme européen, porté en France par le Centre collaborateur de l'organisation mondiale de la santé pour la recherche et la formation en santé mentale (CCOMS), aboutira à la création d'une plateforme d'échange européenne en e-santé mentale. Dans ce contexte, l'outil de prévention primaire du suicide « Stop Blues » français (Inserm) a été intégré au programme « eMEN » en 2017. Ainsi, même si les solutions numériques sont encore peu utilisées par les patients et les professionnels de santé en santé mentale avec des disparités importantes entre les pays (Interreg), un rapport de l'OMS paru en 2016 saluait la progression notable de ce secteur en Europe. En effet, 70% des pays avaient un plan national portant sur l'e-santé en 2016 et plus de 80% proposaient des formations initiales et continues sur l'e-santé. Ces chiffres témoignent bien de la volonté européenne de développer la télépsychiatrie (Peterson et al., 2016). Au niveau réglementaire (Astruc et al., 2012), la télépsychiatrie peut s'exercer en France dans le cadre :

- d'un programme national,
- des contrats pluriannuels d'objectifs et de moyens,
- des contrats ayant pour objet d'améliorer la qualité et la coordination des soins,
- d'un contrat signé par le directeur général de l'agence régionale de santé et le professionnel de santé libéral.

1.2.3 Nouvelles technologies et psychotraumatologie

1.2.3.1 Serious Game

Le concept de « Serious Game » (SG) ou « jeu sérieux » est défini comme une application informatique dont l'intention initiale est de combiner avec cohérence à la fois des aspects sérieux (« Serious ») tels l'enseignement, l'apprentissage, la communication ou encore l'information avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo (« Game ») (Alvarez, 2007). Le « serious gaming » consiste, lui, en l'utilisation d'un jeu développé à visée ludique dans un contexte « sérieux » comme par exemple l'emploi d'un jeu à visée pédagogique. La principale différence entre un « serious game » et le « serious gaming » dépend donc de l'intention initiale du créateur du jeu qui, dans les SG, figure dès leur conception.

Bien que les premières utilisations de logiciels assimilées à du SG datent des années 1950 (utilisation de jeux de stratégie par l'Armée américaine pour la formation militaire), le premier jeu considéré comme un véritable SG est né en 1971. Il s'agissait d'un jeu créé pour l'enseignement de l'histoire (« Oregon Trail »). Depuis, les champs d'application de ces

nouveaux outils se sont diversifiés et les domaines d'applications sont vastes tels la publicité (« advergames »), la politique (« political games »), la santé (« healthcare games »), la pédagogie (« edugames »), etc. L'apparition des SG semble ainsi coïncider avec la diffusion massive et la généralisation de l'utilisation des jeux vidéo au sein des sociétés aboutissant à ce que certains auteurs ont pu appeler une « gamification » de la société, c'est-à-dire, une intégration de mécanismes ludiques dans différents domaines de l'environnement (Ionifides, 2011).

Les premières applications médicales des SG se basaient essentiellement sur les effets bénéfiques de ces logiciels dans l'apprentissage et le maintien des compétences nécessaires à la gestion du quotidien chez des patients présentant une pathologie chronique afin d'améliorer leur prise en charge et leur qualité de vie. Les SG étaient donc majoritairement employés à visée d'éducation thérapeutique (ETP) (Fovet et al., 2016). Les pathologies concernées étaient au départ des maladies principalement chroniques (asthme, obésité, diabète, etc.) pour lesquelles l'ETP constitue un pilier de la prise en charge mais n'est cependant pas toujours accessible par tous. Pour assurer l'implication des patients dans ces dispositifs d'ETP et donc leur efficacité, les solutions numériques des SG proposent donc un univers ludique particulièrement attractif, notamment pour les générations de jeunes adultes nés après la diffusion des nouvelles technologies qui ont acquis une maîtrise intuitive de ce type de supports numériques et qui semblent sensibles à ce type d'approche. Les perspectives dans d'autres domaines de la santé sont nombreuses comme en médecine physique et en réhabilitation ou en rééducation après un accident vasculaire cérébral. Dans ce cas, la plupart des programmes sont axés sur la réhabilitation cognitive et/ou physique et utilisent des systèmes de reconnaissance de mouvement ou de caméra. Les interfaces ludiques des SG permettent alors de renforcer la motivation des patients. Récemment, les SG ont aussi montré leur intérêt dans la formation des professionnels de santé dans le domaine de la psychiatrie ou en chirurgie.

La place des technologies du numérique dans notre système de santé actuel s'inscrit donc dans une véritable politique de santé et fait d'ailleurs l'objet en France d'une stratégie nationale. Le plan « e-santé 2020 » a en effet pour ambition de mobiliser les ressources du numérique à grande échelle au service des usagers et des professionnels de santé ainsi que des acteurs économiques de la santé et du numérique en favorisant l'organisation et le pilotage du système de santé français.

1.2.3.2 Intelligence artificielle

Le terme « Intelligence Artificielle », souvent abrégé par le sigle IA (ou AI en anglais pour « Artificial Intelligence »), a été créé en 1956 par le mathématicien John Mc Carthy. Le

scientifique américain Marvin Lee Minsky définit l'IA comme une « construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique » (Russell et Norvig, 2002).

Dans un récent rapport publié en Mars 2018, le mathématicien Cédric Villani qualifie l'IA de « domaine de recherche scientifique bien défini, fondé autour d'un objectif de comprendre comment fonctionne la cognition humaine et la reproduire afin de créer des processus cognitifs comparables à ceux de l'être humain ».

Historiquement, l'Intelligence Artificielle trouve son point de départ dans les années 1950 avec les travaux du mathématicien anglais Alan Turing qui se demande, en préambule de l'une de ses publications les plus célèbres intitulée « Computing machinery and Intelligence » parue dans une revue philosophique, si une machine peut « penser ». L'auteur répondra par la suite à cette question philosophique en tant que mathématicien et élaborera le « test de Turing », un jeu d'imitation dans lequel la machine imiterait le comportement langagier d'un être humain et un juge comparerait le comportement écrit d'un humain à celui de la machine en posant des questions. A l'issue de ce test, une machine pourrait être alors déclarée intelligente ou non. A la parution de son article, Turing conjecturait que dans les cinquante années qui suivraient, les machines deviendraient assez puissantes pour tromper le juge trois ou quatre fois sur dix. Quelques années plus tard naissait la discipline de l'IA suite à la conférence de Dartmouth aux Etats-Unis à laquelle assistaient les principaux pionniers de la discipline. Le domaine de recherche en IA ne fera donc son apparition qu'après la mort de Turing mais, avec sa définition de l'intelligence, le mathématicien semble avoir influencé de nombreuses générations de chercheurs et débouché sur des travaux portant sur les moteurs de recherche, les réseaux sociaux, les analyses d'images ou les agents virtuels (CNRS, 2012).

Depuis, l'essor croissant des technologies informatiques et des techniques algorithmiques a permis la réalisation de programmes informatiques surpassant l'homme dans certaines de ses capacités cognitives emblématiques : le jeu d'échecs en 1997, le jeu de go en 2016 et le poker en 2017. Le développement de l'IA a été marqué par un contexte technologique basé sur la mise en données du monde ou « datafication » et les domaines de l'IA sont aujourd'hui nombreux (jeux, planification, systèmes à base de connaissances, traduction automatique, diagnostic médical, navigation autonome, fouille de données et identification vocale ou visuelle). Avec des puissances de calcul de plus en plus importantes et disponibles à des coûts toujours plus bas, des technologies de traitement des données de plus en plus matures,

une augmentation des capacités de stockage et un développement continu de nouvelles méthodes algorithmiques, l'IA connaît depuis 5 ans une accélération inédite. En France, les secrétaires d'Etat chargés de l'Industrie, du Numérique et de l'Innovation ainsi que de l'Enseignement supérieur et de la Recherche lançaient d'ailleurs en janvier 2017 la démarche « #France IA » avec pour objectif principal d'élaborer une stratégie nationale destinée à confirmer la place de la France au premier plan de l'IA, tout en facilitant l'appropriation des technologies par le tissu économique.

L'IA a rejoint le monde de la santé il y a déjà plusieurs années. Appelés agents conversationnels, systèmes d'aide à la décision, systèmes experts ou simplement Intelligence Artificielle, le principe reste le même : utiliser un corpus de données pour aboutir à une décision médicale automatisée normalement prise par un expert humain. L'intérêt clinique pour les agents artificiellement intelligents conçus pour interagir avec les humains remonte au travail de Joseph Weizenbaum, professeur à l'Institut de Technologies du Massachusetts (MIT) qui créait en 1966, un programme d'analyse nommé « ELIZA » conçu pour imiter un psychiatre. Cet apprenti « robot psychiatre » fût l'un des tous premiers agents conversationnels. Il possédait alors moins de 50 mots clés et reformulait la plupart des phrases de son « patient ». Le système permettait à un utilisateur d'interagir depuis son ordinateur avec un thérapeute virtuel en tapant des réponses simples aux questions du thérapeute informatisé (Weizenbaum, 1966). Plus récemment, la recherche et le développement ont permis la création d'humains virtuels (« Virtual Humans » ou VH) hautement interactifs, artificiellement intelligents et capables de langage naturel qui fonctionnent désormais avec 40 000 règles. Ces VH sont conçus pour percevoir et agir dans un monde virtuel 3D, de s'engager dans des dialogues face à des utilisateurs réels (et d'autres VH) et, dans certains cas, ils sont capables de simuler des expressions faciales semblables à celles de l'être humain. Les VH sont à ce jour des outils numériques utilisables pour une variété d'applications cliniques et de recherche comme l'aide au diagnostic ou la formation de cliniciens (Rizzo et al., 2011).

Ainsi, l'IA, l'informatique cognitive et l'apprentissage automatique sont de plus en plus présents dans les soins de santé. Une étude de Healthcare IT News et HIMSS Analytics parue en 2017 a d'ailleurs révélé qu'aux Etats-Unis, 35% des hôpitaux prévoyaient de déployer des outils d'IA dans un délai de 2 ans alors que plus de la moitié avaient l'intention de le faire dans les 5 ans. Aux Etats-Unis, la société américaine IBM® (International business machines) adaptait en 2015 ses services cognitifs au monde de la santé pour aider le corps médical à prendre des décisions adaptées en fonction des symptômes, du métabolisme et même du profil génétique de chaque patient. La société créait alors « Watson Health », une plateforme sécurisée

qui analyse des données de santé et permet le partage et la combinaison d'informations tout en masquant les identités des patients. Par la suite, la firme entend développer « Watson Personality », un programme d'IA utilisé lors de communications de patients avec des thérapeutes en téléconsultation. Un avatar virtuel, « Dr Watson », sera virtuellement présent dans un cabinet pour écouter les entretiens, prendre des notes et donner son avis au médecin. L'analyse devrait ensuite permettre de déduire les besoins thérapeutiques des patients. En France, le rapport du français Villani listait, en mars 2018, une vingtaine d'applications de l'IA dans le domaine de la santé comprenant :

- l'aide au diagnostic,
- la modélisation et la simulation,
- l'aide à la rédaction de comptes rendus médicaux,
- l'assistance à l'observance et au suivi thérapeutique.

Ainsi, la société DreamUp Vision® s'intéresse à la détection de la rétinopathie diabétique et Owkin® espère prédire l'efficacité d'un traitement anti-cancéreux en fonction des données du patient. Récemment, une équipe française bordelaise a montré qu'il était possible d'utiliser des VH pour diagnostiquer des troubles mentaux comme la dépression, les troubles du sommeil ou un trouble de l'usage de l'alcool en créant un agent conversationnel animé capable de conduire un entretien interactif intelligent (Philip et al., 2017).

1.2.3.3 Réalité virtuelle

Bien que les deux mots « Réalité Virtuelle » paraissent être antinomiques, il s'agit d'un ensemble de technologies permettant aux individus d'interagir efficacement et intuitivement avec un environnement virtuel en utilisant leurs sens naturels et leurs compétences (Riva et Wiederhold, 2002). La réalité virtuelle (VR) repose ainsi sur deux principes (Heeter, 1992) :

1. L'interaction en temps réel avec des objets ou des humains virtuels.
2. La présence, définie comme la sensation d'exister (l'impression « d'être là »), dans des environnements artificiellement générés par un ordinateur.

Le terme « environnement virtuel » a lui été introduit par les chercheurs du MIT au début des années 1990 comme synonyme de VR. Il est considéré comme le lieu suggéré par la VR pour accueillir un ou plusieurs utilisateurs et leur permettre d'accomplir certaines tâches avec l'impression d'être dans un cadre spécifique (Hachet, 2003). On considère classiquement qu'il existe différents types d'environnements virtuels selon le degré d'immersion qu'ils

procurent à l'utilisateur, immersion qui s'effectue généralement par le biais de visiocasques, d'écrans stéréoscopiques ou de salle immersive sphérique ou cubique (CAVE) couplés à un audiocasque et à un traqueur de position.

Historiquement, les premières références à l'idée de réalité virtuelle telle que nous l'entendons aujourd'hui proviennent pour la plupart de la science-fiction (« Pygmalion's Spectacles » de Stanley Weinbaum, 1935) et le terme « réalité virtuelle » a été utilisé pour la première fois dans l'ouvrage « The Judas Mandala » (Damien Broderick) paru en 1982. Le premier casque de réalité virtuelle avait, lui, été créé préalablement aux Etats-Unis dans les années 1970 (Daniel Vickers). Par la suite, l'usage contemporain du terme réalité virtuelle a été largement popularisé, notamment par le biais de la société américaine VPL Research ® qui détient de nombreux brevets de VR. La recherche dans ce domaine s'est quant à elle intensifiée dans les années 1990 et le nombre de publications scientifiques sur ce sujet ne cesse depuis d'augmenter. La technologie de la VR s'est également étendue au grand public, notamment grâce à Google® et son « Oculus Rift » ou encore HTC® et son casque « Vive ».

En 1992, les chercheurs du Virtual Reality Technology Laboratory de l'université d'Atlanta aux Etats-Unis testaient pour la première fois l'utilisation de la VR à visée thérapeutique chez une patiente souffrant d'une phobie des transports en avion. L'idée principale était d'utiliser la technique de VR dans le cadre des fondements théoriques de la thérapie cognitivo-comportementale (TCC), traitement de référence des troubles anxieux (NICE, 2007). Les phases d'exposition *in vivo* aux situations et indices de rappel étaient ainsi remplacées par des situations homologues en images de synthèse et la patiente était confrontée à des stimuli artificiellement créés et contrôlés (North et al., 1997). A l'époque, l'utilisation de la thérapie d'exposition par réalité virtuelle (TVR) semblait principalement utile pour les troubles anxieux, bien qu'elle ait pu être employée par la suite pour les troubles liés à l'usage ou les troubles du spectre de l'autisme (Grynszpan et al., 2014 ; Lee et al., 2007).

Concernant les troubles psychotraumatiques, le premier programme thérapeutique basé sur la technique de VR a été développé aux Etats-Unis en 1997. Le projet, issu d'une étude conjointe entre des chercheurs de l'Université Emory du Georgia Institute of Technology et l'hôpital VA d'Atlanta, a mis au point un système de thérapie d'exposition assistée par réalité virtuelle pour traiter les vétérans du Vietnam souffrant de TSPT à l'aide d'un scénario virtuel « Virtual-Vietnam » (Hodges et al., 1999). La thérapie d'exposition par réalité virtuelle (TVR) est donc fondée sur les techniques comportementales d'exposition progressive et répétée à des objets ou lieux anxiogènes recommandées dans le traitement des troubles post-traumatiques qui permettent le processus « d'habituation », c'est-à-dire de diminuer, jusqu'à

extinction, les phénomènes de peur conditionnée et de comportement d'évitement (NICE, 2007).

Théoriquement, l'attribution d'une signification de danger à un stimulus autrefois sécuritaire ou neutre serait en effet à la base de l'apparition d'un stress post-traumatique et la confrontation à des situations de rappel du traumatisme, qui constituerait une expérience subjective teintée par le vécu émotionnel, serait le fondement thérapeutique de ces troubles (Foa et Kozak, 1986). L'exposition et l'intégration de l'évènement traumatique seraient cependant empêchées par des évitements cognitifs sous-tendus par l'activation d'une peur conditionnée. Dans le cadre de la prise en charge des troubles psychotraumatiques, le modèle théorique de Foa et Kozak (1986) axé sur le traitement émotionnel propose ainsi de revenir sur les faits traumatiques « à froid » en favorisant l'engagement émotionnel et l'activation de la peur dans un environnement thérapeutique sûr. Il a d'ailleurs été montré plus récemment que les sujets souffrants de TSPT seraient nombreux à ne pas demander d'aide thérapeutique (Kessler, 2005) ou bien seraient incapables d'engager leurs émotions lors de l'exposition imaginée en TCC traditionnelle.

Le développement des TVR pourrait ainsi répondre à la réticence des patients souffrant de TSPT à l'idée de s'exposer à des lieux anxiogènes réels ou de raconter leur vécu traumatique à plusieurs reprises. La TVR permettrait ainsi de délivrer directement des indices sensoriels multiples susceptibles d'évoquer la mémoire du traumatisme psychique. Les capacités imaginatives du patient seraient alors augmentées par des expériences de simulations visuelles, auditives, olfactives ou tactiles générées par un ordinateur. Cette immersion pourrait aussi accroître le sentiment « de présence » du patient dans l'environnement virtuel et atténuer les abandons de traitement en offrant une approche graduelle à travers la surveillance et l'adaptation des stimuli évités aux besoins individuels du patient (Hodges et al., 2001). Ce type de thérapie semble également intéressant chez les vétérans de guerre atteints de TSPT lié aux combats pour lesquels de telles situations semblent impossibles à placer dans la réalité d'une TCC classique.

Un article français paru en 2013 résume les avantages de la TVR (Malbos et al., 2013) :

1. Le degré de confidentialité et la possibilité de monitorer le participant (questionnaire, mesures comportementales, rythme cardiaque, etc.).
2. Le contrôle de l'exposition virtuelle par le clinicien.
3. La flexibilité et la variabilité des stimuli (nature et intensité).
4. L'exposition graduelle et répétée aux situations virtuelles.
5. La prévention de toute sensibilisation ou tout risque qui pourrait être encouru *in vivo*.
6. Le sentiment de confiance en l'intervention via la confidentialité, la sécurité, la présence du thérapeute, la sensation d'absence de menace réelle et la conscience relative que l'exposition ne se passe pas dans la réalité.
7. La motivation et l'alliance thérapeutique générées par cette nouvelle technologie.
8. L'économie en temps et en coût (exposition en cabinet, diminution des coûts du matériel informatique, des logiciels et des équipements de réalité virtuelle).

II. METHODOLOGIE

Notre travail comprend une revue de la littérature qui a été réalisée à partir de la base de données « PubMed » avec une combinaison des termes suivants : « Stress Disorders, Traumatic », « Technology », « Treatment ». Certains articles non disponibles sur ce système de recherche ont pu être trouvés via le moteur de recherche « Google Scholar ». D'autres références ont été ajoutées à notre revue au cours des lectures d'articles et de leurs bibliographies. Les articles en anglais et français parus entre 1999 et 2017 ont été privilégiés. D'autres références historiques plus anciennes ont été cependant ajoutées ainsi que des informations tirées de livres ou de conférences traitant de notre sujet. Nous avons par ailleurs recueilli des données légales ou démographiques concernant la télésanté sur différents sites Internet.

Au total, 33 articles ont été inclus dans le travail final, la majorité abordant le TSPT. Cette revue de la littérature nous a permis de distinguer 5 domaines d'interventions axées sur les nouvelles technologies : la visioconférence, les applications mobiles, les thérapies en ligne via Internet, la réalité virtuelle et l'intelligence artificielle. Les principaux résultats de notre recherche sont exposés en annexes 1, 2, 3 et 4.

III. APPORT THERAPEUTIQUE DES NOUVELLES TECHNOLOGIES EN PSYCHOTRAUMATOLOGIE

3.1. Psychothérapies délivrées en visioconférence

La visioconférence (VC) est un moyen technologique novateur en télésanté qui permet à des interlocuteurs répartis dans des lieux différents de communiquer en temps réel par la parole mais également via des documents graphiques ou des images animées sur un écran vidéo, d'ordinateur ou de tablette (Germain et al., 2009). Elle présente un certain nombre d'applications dans le domaine de la santé mentale comme l'évaluation clinique, la consultation, l'éducation thérapeutique ou la formation (Richardson et al., 2009). Cette technique s'avère être particulièrement intéressante pour les individus habitant des régions géographiques éloignées où des services de santé spécialisés sont inaccessibles.

3.1.1 En individuel

A ce jour, plusieurs études ont évalué l'efficacité d'une TCC par visioconférence (TVC) chez des sujets atteints de TSPT. Classiquement, le thérapeute est situé dans un centre de santé conséquent et échange avec un patient localisé dans un établissement satellite éloigné. Toutefois, certains auteurs se sont récemment intéressés à la pertinence d'une TVC administrée au domicile du patient et plusieurs recherches sont en cours (Morland et Ruzek, 2015). Alors que certains résultats cliniques suggèrent la supériorité des thérapies en face à face pour réduire la symptomatologie post-traumatique, la plupart des essais cliniques répertoriés ont démontré une efficacité thérapeutique de la TVC équivalente. Ces données sont issues d'études qui ont été réalisées dans différentes populations de sujets souffrant de TSPT et la majorité de ces essais ont utilisé une approche méthodologique de non-infériorité (Backhaus et al., 2012). La condition de contrôle est dans ce cas une thérapie individuelle menée face au clinicien. Les interventions décrites utilisent généralement des techniques cognitives et comportementales validées comprenant de la psychoéducation, un travail d'exposition (imaginée et/ou *in vivo*), un travail axé sur les distorsions cognitives et des techniques de gestion de l'anxiété (Foa et al., 2007). Durant la thérapie, les thérapeutes échangent généralement par téléphone ou emails avec les sujets traités via la VC.

En 2011, Hassija et Gray ont évalué l'efficacité thérapeutique de la TVC dans un essai non contrôlé réalisé chez des victimes de violences familiales et d'agression sexuelle résidant en milieu rural aux Etats-Unis. Les participantes étaient référées à un centre de crise spécialisé dans les violences domestiques et sexuelles. Les résultats mettaient en avant d'importantes

réductions de symptômes post-traumatiques et dépressifs chez les victimes traitées (Hassija et Gray, 2011). Les symptômes de TSPT étaient évalués via la *Post-traumatic Stress Disorder Checklist (PCL)* (Weathers et al., 1993) et les symptômes dépressifs étaient appréciés à travers la *Center for Epidemiological Studies Depression Scale (CES-D)* (Radloff, 1977). A la fin de la thérapie, les participantes signalaient un degré élevé de satisfaction à l'égard du traitement reçu par VC via le *Wyoming Telehealth Trauma Clinic Client Scale (WTTCCSS)*. Ce questionnaire permettait d'évaluer la qualité sonore et auditive de la VC, la confidentialité, la disponibilité du clinicien, l'adaptation du traitement aux besoins du patient et la qualité globale du traitement proposé à l'aide d'une échelle de type Likert (1-5).

Préalablement, les résultats d'un essai contrôlé non randomisé mené au Canada chez des survivants d'incidents traumatiques divers ayant développé un TSPT avaient déjà mis en évidence une amélioration des symptômes post-traumatiques ainsi que des éléments dépressifs et anxieux des sujets traités par TVC. Cette amélioration était comparable aux réductions symptomatiques obtenues avec une TCC conventionnelle et perdurait 6 mois. La poursuite du suivi thérapeutique était, quant à elle, similaire entre les deux groupes (Germain et al., 2009). Pour cet essai, les participants en face à face avaient été recrutés et traités dans la ville de Montréal, tandis que ceux en vidéoconférence étaient sélectionnés dans des régions éloignées (200 kilomètres de Montréal). Tous les thérapeutes se localisaient à Montréal pendant la thérapie. Étaient exclus les sujets qui présentaient un diagnostic de schizophrénie, de troubles cérébraux organiques, un trouble grave de la personnalité, une déficience intellectuelle, un trouble de l'usage ou une condition physique qui contre-indiquait l'exposition à la VC comme une maladie épileptique ou des problèmes de vision. Parmi les participants, huit ont abandonné le traitement par VC et douze ont abandonné le traitement en face à face. Les raisons mentionnées incluaient le déplacement à un autre endroit, la présence de multiples facteurs de stress ou le manque de temps. Au total, seule une personne a abandonné la thérapie en raison de l'inconfort lié à la technique VC.

L'efficacité thérapeutique d'une TVC a également été relatée chez des anciens combattants souffrant de TSPT lié aux combats. Les résultats d'une première étude montraient une diminution significative des symptômes autodéclarés de vétérans traités par VC par rapport à une thérapie d'exposition de référence administrée en face à face (Foa et al., 2007). Les conclusions confortaient à nouveau la sécurité d'emploi de ce type d'intervention en télémédecine. Les auteurs observaient cependant un taux d'abandon de la thérapie moins important chez les sujets traités en face à face par rapport aux sujets ayant reçu les séances par VC. Cette différence était cependant non significative (Tuerk et al., 2010).

Quelques années plus tard, les résultats d'un second essai contrôlé randomisé réalisé chez des anciens combattants atteints de TSPT situés en milieu rural confirmaient l'équivalence thérapeutique de la TVC par rapport à une thérapie classique (Morland et al., 2014). Une réduction significative des symptômes de TSPT après la thérapie ainsi qu'à 3 et 6 mois était en effet retrouvée. Le TSPT avait été diagnostiqué selon les critères du DSM 4 et la sévérité symptomatique était mesurée à l'aide de la *Clinician-Administered PTSD Scale* (Blake et al., 1995). Les participants rapportaient des niveaux élevés d'alliance et de compliance thérapeutique aussi bien pour la thérapie en face à face qu'en VC. En revanche, Gros et al. avaient signalé quelques années auparavant une amélioration des symptômes de TSPT et de dépression chez des vétérans traités par une thérapie d'exposition en personne (n=27) par rapport à une thérapie en VC (n=62) lors d'un essai comparatif non randomisé. En effet, le suivi symptomatique des vétérans montrait une diminution des scores de l'échelle *PTSD Checklist-Military* (Blanchard et al., 1996) douze semaines après avoir achevé une TVC mais l'amélioration symptomatique était significativement plus importante chez les sujets qui avaient bénéficié d'une thérapie d'exposition traditionnelle. Globalement, les conclusions de cette étude appuient l'utilité des services de télésanté à fournir des psychothérapies efficaces et fondées sur des données probantes à des victimes d'événements traumatiques présentant des troubles psychotraumatiques. Cependant, le défaut de randomisation tout comme l'absence de comparaison des taux d'achèvement des deux types de thérapie limitent ces résultats (Gros et al., 2011).

Plus récemment, un essai randomisé avec des analyses en intention de traiter révélait un renforcement de l'engagement et de l'observance pour des thérapies conventionnelles de vétérans atteints de TSPT résidant en milieu rural par la mise en place d'un modèle de soins en télésanté axé sur la collaboration professionnelle (Fortney et al., 2015). Dans cette étude, 265 anciens combattants suivis pendant 12 mois étaient randomisés à des thérapeutiques habituelles du TSPT ou à l'intervention TOP (« The Telemedicine Outreach for PTSD ». Ce modèle de soins comprenait une gestion globale par téléphone via des infirmiers, une évaluation et un suivi des prises médicamenteuses par des pharmaciens via des appels téléphonique et des échanges par emails, une thérapie cognitive en VC délivrée par des psychologues et des consultations médicales interactives par vidéo avec un psychiatre. A 12 mois, les résultats démontraient une diminution significativement plus importante des scores de la *Posttraumatic Diagnostic Scale* (35.0 à 30.1) chez les sujets attribués au groupe « TOP » par rapport au traitement usuel (33.5 à 31.7). Le modèle d'e-santé entraînait également une diminution significativement plus importante des diagnostics post-traumatiques à la fin du programme. Les vétérans appréciaient

la facilité d'accès aux thérapies traditionnelles du TSPT via ce programme de télésanté et la majorité d'entre eux adhéraient à cette forme de soins. Par contre, aucune différence significative n'était retrouvée entre les deux groupes en ce qui concerne le nombre de médicaments prescrits pour le TSPT et l'observance médicamenteuse mais la participation à huit séances ou plus de thérapie cognitive prédisait de façon significative l'amélioration des scores de la *Posttraumatic Diagnostic Scale* (Foa et al., 1997).

3.1.2 En groupe

Certains auteurs se sont aussi interrogés sur l'effet thérapeutique du groupe lors de thérapies menées en VC. Les premières données obtenues chez des anciens combattants atteints de TSPT semblent satisfaisantes.

En effet, les résultats d'un petit essai contrôlé randomisé réalisé chez des vétérans américains ne retrouvaient aucune différence significative concernant l'amélioration des symptômes du TSPT et le suivi des participants ayant bénéficié d'une intervention en VC axée sur la gestion de la colère et le « coping » proposée en groupe ou en face à face (Morland et al., 2004). À la fin de l'étude, la plupart des sujets (89%) « TVC en groupe » avait achevé le programme thérapeutique qui durait huit semaines alors que la moitié des participants « TVC en face à face » avait abandonné la thérapie. Les données ne retrouvaient cependant pas de différences significatives concernant les taux de participation aux séances thérapeutiques et la mémorisation d'informations entre les deux modes d'intervention. De même, les patients et les cliniciens déclaraient des niveaux de satisfaction équivalents. Ces conclusions étaient confirmées lors d'analyses ultérieures (Greene et al., 2010). Il semble tout de même important de souligner que les vétérans qui avaient bénéficié des sessions thérapeutiques de VC en solitaire signalaient une alliance et une croyance en l'efficacité du traitement plus importantes.

De façon similaire, les taux d'accomplissement d'une TVC délivrée en personne ou en groupe étaient à nouveau comparables dans une seconde étude menée chez des vétérans avec TSPT qui exprimaient une satisfaction équivalente pour les deux modes d'intervention. Les sujets qui avaient bénéficié des séances de thérapie VC en individuel rapportaient cependant plus d'aisance à échanger avec leur thérapeute (Frueh et al., 2007).

3.2 Applications mobiles

Des applications utilisables sur smartphones ou tablettes électroniques ont été développées pour la prise en charge des troubles post-traumatiques. Globalement, ce type de

technologie semble être utilisée dans le domaine de la santé puisque qu'une enquête (« Mobile Health ») menée aux Etats-Unis montrait qu'en 2010, 17% des utilisateurs de téléphones portables avaient utilisé cet outil pour rechercher de l'information de santé dont 9% d'entre eux détenaient des applications mobiles qui les aidaient à suivre ou à gérer leur santé (Fox, 2010).

Concernant les troubles psychotraumatiques, la plupart des applications existantes fournissent des informations diagnostiques, facilitent le dépistage et/ou l'évaluation symptomatique ou favorisent l'autogestion thérapeutique à coût réduit. Elles offrent également un lien social. Un nombre important de ces applications ont été conçues pour les anciens combattants et militaires mais peuvent être utilisées par toute personne éprouvant des symptômes physiques, cognitifs et/ou émotionnels liés à un psychotraumatisme. Elles sont détaillées sur le site de la « Brainline » (lien : <https://www.brainline.org/article/12-free-military-apps-managing-life-brain-injury>).

Des publications sont retrouvées dans la littérature scientifique et sont focalisées sur la description d'applications nouvellement développées ainsi que sur l'évaluation des perceptions des fournisseurs et des patients à l'égard de ces technologies. À ce jour, une seule étude s'est penchée sur l'utilité diagnostique d'une application mobile, « Metricwire » (Ontario, Canada), pendant la période post-traumatique (Price et al., 2017). Les résultats ont été obtenus auprès de 23 personnes recrutées dans un service d'urgences ayant vécu un événement traumatique défini selon le DSM 5 (APA, 2013). Il leur était demandé de répondre quotidiennement pendant 30 jours à un questionnaire de dépistage des symptômes du TSPT basé sur l'échelle *PTSD Checklist-5* délivré via « Metricwire ». Les participants étaient également évalués par téléphone à l'aide d'hétéro-questionnaires pendant 1 à 3 mois. Les résultats répertoriaient 44,9% de réponses quotidiennes sur une période de 30 jours. Le nombre de réponse n'était pas corrélé aux symptômes post-traumatiques lors de l'évaluation téléphonique. Les participants signalaient une aide « modérée » de cette application mobile lors de la période post-traumatique néanmoins perçue comme facilement utilisable.

L'application la plus utilisée dans le domaine du trouble de stress post-traumatique se nomme « PTSD Coach ». Elle a été téléchargée plus de 180 000 fois dans 89 pays (Morland et Ruzek, 2015). Cette application a été conçue pour éduquer les utilisateurs sur le TSPT, leur permettre l'autoévaluation et l'autogestion des symptômes post-traumatiques tout en leur fournissant des informations sur les traitements associés ainsi que des outils de dépistage et de gestion des symptômes de stress. Ses fonctionnalités favorisent aussi l'adaptation du sujet à travers un soutien social communautaire. « PTSD Coach » a également été conçue pour être utilisée pendant une thérapie d'exposition menée avec un clinicien (Reger et al., 2013). Elle

présente la capacité d'enregistrer les séances avec le thérapeute, de planifier les sessions thérapeutiques et de compléter et d'autogérer les expositions graduelles et les exercices au domicile. L'évolution symptomatique y est aussi intégrée en cours de traitement. Les premiers résultats de son utilisation par des vétérans américains souffrant de TSPT semblent satisfaisants.

En effet, Kuhn et al. (2014) ont recueillis les perceptions de 45 anciens combattants traités pour leur TSPT concernant « PTSD Coach ». Après avoir utilisé l'application au cours d'une brève période de trois jours, la quasi-totalité (près de 90%) des vétérans étaient « modérément » ou « extrêmement » satisfaits de l'application qui était considérée comme utile. Les résultats montraient d'ailleurs que les degrés d'utilisation et de satisfaction n'étaient pas corrélés à l'âge des vétérans.

Parallèlement, une enquête plus vaste réalisée auprès de 188 vétérans recevant un traitement du TSPT en ambulatoire a révélé que 85% d'entre eux étaient intéressés par l'utilisation de ce type d'applications pour leur traitement. L'accès à la technologie était satisfaisant car 76% des interrogés signalaient posséder un smartphone ou une tablette. De plus, même si l'âge était corrélé positivement à la possession d'un appareil numérique, il n'était pas associé à l'utilisation d'applications à visée thérapeutique (Erbes et al., 2014).

Un sondage a ensuite permis de recueillir la perception de 163 cliniciens en santé mentale concernant « PTSD Coach » qui leur semblait compatible avec la prise en charge des patients et facile d'emploi. L'enquête était néanmoins réalisée avant le lancement de l'application : les avis étaient donc obtenus à travers les descriptions écrites des fonctionnalités plutôt que sur les expériences d'utilisation. Les jeunes cliniciens (âgés de moins de 40 ans) attribuaient une note nettement plus favorable à « PTSD Coach » par rapport à leurs pairs plus âgés et déclaraient une intention d'utilisation supérieure (Kuhn et al., 2014).

3.3 Interventions en ligne

3.3.1 Education thérapeutique

Des outils en ligne offrent un moyen pratique de fournir des informations sur le TSPT, de permettre un dépistage ou une autoévaluation symptomatique et de proposer une intervention ou un soutien social aux sujets exposés à des événements traumatiques qui n'auraient pas accès à un traitement conventionnel (Amstadter et al., 2009). L'une des applications courantes sur Internet est la recherche d'informations sur la santé (Herbert et Brunet, 2009). Une étude nord-américaine datant de 2013 a montré que 72% des adultes américains avaient consulté Internet l'année précédant l'enquête dans le but d'obtenir des informations sur leur santé ou celle de

leurs proches. Parmi eux, plus de 20% auraient recherché des informations sur la santé mentale (« Health Online 2013 ») (Fox et Dugan, 2013). Si l'on confronte ces résultats aux données issues des études épidémiologiques sur les traumatismes psychiques, nous pouvons penser qu'un grand nombre de personnes souffrant de troubles post-traumatiques seraient susceptibles de rechercher ce type d'informations sur Internet.

La popularité d'Internet comme ressource sur les troubles post-traumatiques peut être illustrée par l'élaboration de sites Internet destinés aux survivants de traumatismes psychiques par de nombreuses sociétés scientifiques internationales comme le National Center for PTSD, l'International Society of Traumatic Stress Studies ou l'Anxiety and Depression Association of America. Ainsi, le site de l'Anxiety and Depression Association of America recevait environ 5 millions de visite par mois en 2009 (Herbert et Brunet, 2009) et, la même année, une enquête montrait qu'aux Etats-Unis, 87% des visiteurs du site de l'association avaient vécu un événement traumatique au moment de leur recherche et 38% d'entre eux présentaient un TSPT (Nicholls et al., 2006). Il apparaît donc essentiel que l'information délivrée par les sites Internet soit de qualité devant une telle influence dans la décision des consultants. En France, le Conseil National de l'Ordre des Médecins s'intéressait une année plus tard à l'usage d'Internet et à son incidence sur l'évolution de la relation patients-médecins. Il ressortait d'une enquête de 2010 que les médecins seraient considérés comme étant la source d'informations de santé la plus fiable mais que 71% des français consulteraient Internet pour la recherche d'informations de santé. Parmi eux, seulement 12% ne consultaient que des sites certifiés.

Ainsi, les résultats d'un essai non contrôlé mené aux Etats-Unis auprès de 497 proches familiaux de militaires souffrant de symptômes post-traumatiques montraient une amélioration significative de leurs connaissances sur le TSPT après une seule consultation d'un site Internet éducatif concernant le TSPT. Les résultats observaient un nombre de réponses positives à un questionnaire de connaissance évalué à 34% (Roy et al., 2012). A 10 jours, 217 interrogés avaient d'ailleurs consulté le site à nouveau et plus de la moitié d'entre eux déclaraient avoir discuté de la symptomatologie post-traumatique avec le proche concerné ou l'avait persuadé de débiter une prise en charge spécifique. La plupart des sujets questionnés estimaient que leurs actions étaient bénéfiques.

Un second essai ouvert montrait l'aide bénéfique que peut avoir un programme de dépistage et d'information en ligne à la recherche de soins en santé mentale pour des troupes féminines militaires nord-américaines de retour de déploiement (Sadler et al., 2013). La quasi majorité des interrogées rapportait des expositions traumatiques liées au combat et la moitié d'entre elles déclaraient avoir été victimes d'agressions sexuelles durant leur mission.

L'enquête révélait qu'un tiers d'entre elles décrivaient se sentir plus aptes à rechercher des soins appropriés après la consultation du site et prévoient une évaluation par un spécialiste en santé mentale. Autre point, une crainte de stigmatisation et un manque de connaissances sur les offres de soins étaient les principales raisons pour lesquelles les sujets interrogés n'avaient pas consulté un médecin spécialiste auparavant.

3.3.2 Psychothérapies en ligne

Les expériences de psychothérapies en ligne pour les sujets présentant une pathologie en santé mentale, dont le TSPT, semblent se multiplier depuis plusieurs années (Andersson et al., 2014). Les premières expériences de thérapie en ligne ont été les psychothérapies par courriers électroniques mais peuvent être également mises en œuvre sous d'autres formes d'interactions entre le patient et le thérapeute comme par exemple via un « *chat* ». Ce type de technique part du postulat que mettre en mots son évènement traumatique aurait des effets positifs sur l'évolution du trouble post-traumatique (Pennebaker et Beall, 1986). Une étude a d'ailleurs montré que les patients qui bénéficient de psychothérapies en ligne auraient tendance à livrer d'avantage d'éléments personnels que lors de thérapies classiques. Les thérapies par Internet présentent également l'avantage de pouvoir être effectuées à n'importe quel moment de la journée souhaité (Joinson, 2007).

« Interapy » est une intervention thérapeutique pour le TSPT basée sur l'exposition accessible en ligne. Les séances sont axées sur l'éducation thérapeutique, le bénéfice du lien social, la confrontation à l'évènement traumatique et la restructuration cognitive via des exercices d'écriture pendant 5 semaines. Les sujets échangent avec leurs thérapeutes par e-mail qui leur donnent un retour écrit après chaque exercice reçu. Trois essais ont évalué l'efficacité thérapeutique d'« Interapy » chez des personnes présentant des symptômes de stress post-traumatique.

Une équipe de chercheurs de l'université d'Amsterdam a d'abord étudié la qualité du soin offert le programme « Interapy » lors d'un essai contrôlé. Trente thérapeutes ont ainsi suivi 184 patients à qui il était demandé de rédiger leurs émotions ou de lire les instructions et les informations délivrées par les thérapeutes via Internet. Les résultats montraient une diminution de l'intensité des symptômes post-traumatiques et plus particulièrement des symptômes d'évitement ainsi que des symptômes dépressifs comorbides chez les sujets ayant achevé la thérapie. L'efficacité thérapeutique a été évaluée à la fin du traitement ainsi qu'à 6 semaines et les bénéfices étaient similaires à ceux obtenus avec une TCC classique. En revanche, si la majorité des participants appréciaient l'anonymat de ce mode d'intervention, 40% d'entre eux

regrettaient le manque d'interaction humaine. Cette technique d'intervention pourrait donc être une alternative intéressante pour les sujets réticents à s'engager dans une thérapie classique ou éloignés géographiquement (Lange et al., 2003).

Deux autres essais contrôlés et randomisés européens réalisés chez des sujets exposés à un évènement traumatique le mois précédent (Knaevelsrud et Maercker, 2007) et chez des parents ayant perdu un enfant pendant la grossesse (Kersting et al., 2013) montraient par la suite un taux d'achèvement d'« Interapy » supérieur à 84%, associé à des améliorations significatives des symptômes de TSPT (évalués par l'intermédiaire de l'*Impact of Event Scale-Revised*) (Weiss et Marmar, 1997) et des symptômes d'anxiété et de dépression (évalués par le *Brief Symptom Inventor*) (Derogatis, 1993) par rapport aux groupes contrôles (attente du programme « Interapy ») à la fin du programme. Les auteurs avaient utilisé le *Working Alliance Inventory* (WAI) à l'aide d'une échelle de Likert (1-7) (Horvath et Greenberg, 1989) pour évaluer l'alliance thérapeutique. Dans les deux études, une augmentation des cotations des patients pour le WAI était observée au cours du traitement et des perceptions positives de la proximité avec leurs thérapeutes via les échanges par e-mails étaient rapportées. Une forte alliance thérapeutique avec le clinicien était d'ailleurs significativement corrélée à une amélioration symptomatique. Cette alliance thérapeutique associée à un faible taux d'abandon suggèrent qu'une relation thérapeutique stable peut être retrouvée dans une psychothérapie en ligne et le contact par courriel semble une composante importante.

Une seconde intervention de TCC assistée par e-mail nommée « PTSD Online » est disponible pour les sujets souffrant de TSPT. Le programme comprend 10 séances interactives basées sur les techniques de TCC recommandées dans le traitement du TSPT (Foa et al., 2007). Un essai ouvert mené chez 22 participants ayant reçu un diagnostic de TSPT selon les critères du DSM 4 (APA, 1994) suite à des expositions traumatiques hétérogènes a validé l'intérêt thérapeutique de « PTSD Online » en montrant une amélioration significative des symptômes de TSPT autodéclarés via la *PCL-C* (Weathers et al., 1993) et évalués par le clinicien avec la thérapie (Klein et al., 2010). Les thérapeutes avaient envoyé une moyenne de 15 réponses par email à chaque participant et avaient été sollicités sur une durée totale estimée à 3 heures et 14 minutes. On peut remarquer que ce temps de sollicitation semble bien inférieur à celui dédié au patient lors d'une TCC conventionnelle. Dans l'ensemble, 69% des bénéficiaires déclaraient avoir été satisfaits du traitement avec un degré d'alliance thérapeutique estimé à 87,5% selon le *Therapeutic Alliance Questionnaire* (Luborsky et al., 1996).

Plus spécifiquement, Litz et al. (2007) ont évalué l'efficacité d'un protocole en ligne nommé « DE-STRESS » (« DELivery of Self Training and Education for Stressful Situations »)

pour le traitement du TSPT lié au combat ou à la terreur chez des militaires exposés au conflit en Iraq et en Afghanistan ou aux attaques du 11 septembre 2001 aux Etats-Unis. Dans leur essai, les auteurs ont comparé l'efficacité thérapeutique de « DE-STRESS » (n=24) par rapport à une thérapie de soutien habituelle (n=21) en ligne. On peut remarquer que cette étude est la seule à ce jour à comparer un programme en ligne à un autre type de thérapie. « DE-STRESS » est un programme de TCC assistée disponible sur Internet comprenant des techniques de gestion du stress et des situations anxiogènes rappelant l'évènement traumatique, des sessions d'écriture et un travail d'exposition graduée (*in vivo*). Durant le programme, chaque participant devait se connecter sur le site Internet sécurisé et compléter un questionnaire sur ses symptômes post-traumatiques et suivre des exercices d'exposition et de stratégie d'adaptation (« coping »). Un thérapeute pouvait vérifier les données le concernant à tout moment et correspondre avec lui par email. Le taux d'abandon était estimé à 30% et le programme conduisait à une diminution significative des scores journaliers de la *PTSD Checklist* (Weathers et al., 1993). Bien qu'il n'y ait pas eu de différence significative entre les deux groupes lors du suivi à 3 mois, « DE-STRESS » entraînait une réduction significativement plus importante des symptômes post-traumatiques, de dépression et d'anxiété à 6 mois. A ce jour, d'autres études comparant ce type d'intervention à des approches traditionnelles à l'efficacité démontrée sont nécessaires pour conforter ces premiers résultats.

3.4 Réalité virtuelle

La réalité virtuelle (VR) s'avère être un outil technologique novateur dans la prise en charge des troubles psychotraumatiques. La littérature recense un petit nombre d'études ayant évalué la thérapie d'exposition assistée en VR dans cette population. Les travaux publiés sont récents ce qui indique une croissance rapide de la recherche dans ce domaine. Des preuves émergentes suggèrent que les cliniciens comme les patients considèrent ce type d'intervention comme une alternative de choix par rapport aux thérapies traditionnelles. De même, les patients réticents à s'engager dans une thérapie en face à face pourraient présenter de meilleures dispositions à cette forme d'exposition graduée (Wilson et al., 2008). Les défis futurs relatifs à l'utilisation de cette technologie incluent le coût des systèmes et la nécessité de créer de nouveaux environnements virtuels pour chaque évènement traumatique. En outre, les progrès dans ce domaine ont déjà permis de réduire le prix du matériel au cours des dix dernières années.

L'intérêt thérapeutique des TVR a été initialement évalué en population militaire. Rothbaum et ses collègues (Rothbaum et al., 1999 ; Rothbaum et al., 2001) ont été les premiers à démontrer l'utilité de la VR pour traiter des vétérans atteints de TSPT lié aux combats. La

plate-forme « Virtual Vietnam » a été développée et utilisée dans le cadre de travaux menés aux Etats-Unis à partir de 1999. Elle proposait à l'époque 2 environnements virtuels avec des indices sensoriels :

- un environnement ressemblant au paysage du Vietnam,
- l'intérieur d'un hélicoptère militaire de l'époque avec survol de paysages tropicaux.

Le participant était alors entièrement libre de se déplacer et d'agir en temps réel. Au cours des essais, il était demandé aux patients de fournir un récit à la première personne de la mémoire du traumatisme psychique lorsqu'ils naviguaient dans l'environnement virtuel. Les effets sensoriels de chaque environnement étaient manipulés par un clinicien qui maintenait un contact oral avec l'utilisateur. Les expositions virtuelles se poursuivaient jusqu'à ce que des réductions de détresse soient observées. Le nombre de sessions hebdomadaires pouvait varier selon les sujets.

Une première étude de cas se déroulait chez un ancien pilote d'hélicoptère pendant la guerre du Vietnam qui présentait au moment de l'étude, soit 26 ans après la fin du conflit, des symptômes post-traumatiques et dépressifs. Un diagnostic de TSPT et de trouble dépressif récurrent avait pu être posé selon le DSM 4 (APA, 1994) (Rothbaum et al., 1999). Les résultats montraient une diminution d'au moins 30% des scores totaux de la *Clinician-administered PTSD Scale* (Blake et al., 1995) après la TVR et on pouvait noter également une amélioration des symptômes dépressifs reflétée par une diminution du score de la *Beck Depression Inventory* (Beck et al., 1961). Le pilote avait déjà bénéficié d'une thérapie de groupe auparavant et n'avait jamais reçu de thérapie d'exposition. Il était traité par un traitement antidépresseur au moment de l'étude. Etonnement, les auteurs remarquaient une augmentation du score de l'*Impact of Events Scale (IES)* (Horowitz et al., 1979) pour les symptômes intrusifs lors d'une évaluation en milieu de thérapie qui était associée à une diminution de ce score pour les symptômes d'évitement. Cette majoration symptomatique pouvait être liée à la réexposition traumatique selon les auteurs. Ces symptômes d'évitement et intrusifs disparaissaient lors du suivi à 6 mois avec un *IES* total évalué étonnement comme nul.

Par la suite, d'autres études de cas ont analysé l'efficacité thérapeutique de cet outil technologique. Ces travaux concernaient diverses populations présentant des troubles post-traumatiques liés aux combats, à la terreur ou à des accidents de la voie publique (Schnurr et al., 2001). Bien que les différences concernant le type de population étudié, le type d'incident traumatique, la plateforme de VR et l'observance du protocole contribuaient à la variabilité de la réponse thérapeutique, les résultats étaient généralement encourageants. En effet, chez les

sujets ayant achevé les TVR, la diminution des scores de l'échelle de sévérité symptomatique *Clinician-Administered PTSD Scale* (Blake et al., 1995) était significative pour la majorité des participants avec une diminution qui pouvait varier de 34,4% à 100% selon les études.

Des essais cliniques non contrôlés sont également retrouvés dans la littérature scientifique et les résultats semblent apporter un soutien supplémentaire à l'efficacité thérapeutique de la TVR pour des victimes d'évènements traumatiques. Trois années après leur première étude, Rothbaum et al. démontraient ainsi l'amélioration significative des symptômes post-traumatiques d'évitement, intrusifs et de réviviscence associée à des diminutions significatives du score total de la *Clinician-Administered PTSD Scale* (Blake et al., 1995) chez 16 vétérans souffrant de TSPT ayant bénéficié du programme « Virtual Vietnam » (Rothbaum et al., 2001). Les évaluations de suivis à 3 mois (n = 5) et 6 mois (n = 8) retrouvaient un maintien de l'effet thérapeutique avec une réduction des symptômes perçus allant de 15% à 67% du score de la *CAPS*. Les auteurs notaient qu'aucun des participants n'avait été hospitalisé pendant l'étude pour des complications liées à l'exposition virtuelle.

En 2006, un second essai non contrôlé similaire (Ready et al., 2006) documentait une réponse positive au traitement en VR (programme « Virtual Vietnam ») de 21 vétérans du conflit vietnamien souffrant de TSPT. En effet, les résultats mettaient en avant une diminution significative des scores de la *Clinician-Administered PTSD Scale* (Blake et al., 1995) à 3 mois chez les participants ayant achevé la thérapie.

Depuis la création de « Virtual Vietnam », d'autres expériences supplémentaires d'exposition graduée sous forme de VR ont été développées. La majorité des études ont utilisé des équipements VR en visiocasque et des systèmes VR spécifiques aux échantillons. Une seule étude a utilisé un environnement virtuel automatique appelé « EMMA's World » (Botella et al., 2010). Ce système permet une immersion virtuelle profonde pour le participant mais aussi pour le thérapeute et l'utilisation d'un équipement non spécifique et adaptable permet de confronter le participant à différents stimuli de la mémoire traumatique. A ce jour, aucune autre étude n'a cependant utilisé la méthodologie de l'environnement virtuel automatique ce qui ne permet pas de distinguer la méthodologie thérapeutique la plus efficace. Des environnements virtuels de plus en plus flexibles et innovés ont donc été introduits, s'adaptant à divers types d'évènements traumatiques plus ou moins récents et partagés par des populations spécifiques confrontées à des contextes traumatisants similaires. L'enjeu de l'exposition virtuelle par rapport à l'exposition traditionnelle serait ainsi de personnifier l'intervention et donc de « recréer » un contexte qui se réfère le plus précisément à la mémoire traumatique de chaque participant.

Les progrès technologiques ont aussi permis de tester l’outil de VR chez des populations de jeunes militaires atteints de troubles post-traumatiques. Ainsi « Virtual Iraq / Afghanistan » est un programme conjoint entre l’Office of Naval Research aux Etats-Unis et un institut affilié à l’armée nord-américaine qui a pour objectif de réexposer graduellement (vue, odeur, son) des militaires américains revenant de la guerre en Iraq et en Afghanistan. Le programme offre des scénarii virtuels destinés à plonger les militaires dans des environnements familiers et de recréer progressivement les circonstances et les conditions de l’exposition traumatique antérieure. La VR fournit des conversations dans un marché, de rues ou de routes du pays iraquien sur laquelle une attaque de convoi peut être reproduite aisément. Équipé d’écouteurs et d’un visiocasque permettant de voir à 360°, le sujet est placé en immersion totale et va mener des missions types (patrouilles, convois, etc.). Sa mémoire sensorielle est mise à forte contribution à l’aide de stimulations grandissantes comme des sons évocateurs (bazar), des vibrations (explosion) et parfois même des odeurs (épices, caoutchouc brûlé, essence, etc.) anxiogènes. Ce protocole de thérapie d’exposition assisté en VR a été adapté aux thérapies d’exposition classiquement décrites et validées scientifiquement (Foa et al., 2007). Des exercices de réécoute de chaque séance d’exposition traumatique sont aussi demandés. Au final, le thérapeute peut personnaliser et contrôler l’exposition par étapes, amenant le patient à contrôler son anxiété.

Cliniquement, le projet « Virtual Iraq / Afghanistan » reste en cours de développement et les recherches se limitent actuellement à des essais non contrôlés (Rizzo et al., 2009 ; Rizzo et al., 2010 ; Reger et al., 2011). Dans ces trois études, des effets significatifs sur la réduction des symptômes post-traumatiques ont été observés, reflétés par l’amélioration des scores de la *Clinician Administered PTSD Scale* (Blake et al., 1995) et du questionnaire *PCL-M* (Weathers et al., 1993) chez les militaires ayant achevé le protocole. Il est intéressant de noter que dans l’étude de Reger et al. (2011), plus de la moitié des participants (n=13) qui avaient déjà reçu un ou plusieurs traitements ciblés sur la symptomatologie post-traumatique, à savoir 3 patients traités par EMDR, 4 patients qui avaient reçus une thérapie d’exposition, 6 patients avaient bénéficié d’une thérapie de soutien et 4 patient qui avaient participé à un programme de TCC, n’avaient pas rapporté de bénéfices cliniques. Ces résultats confortent donc l’effet bénéfique de la TVR en population militaire jeune encore en activité. De même, l’essai de Rizzo et al. retrouvait une amélioration de plus de 50% du score du questionnaire *PCL-M* (Weathers et al., 1993) chez 17 des 20 participants (vétérans de guerre) atteints TSPT résistants aux traitements pharmacologiques et à la thérapie de soutien. En outre, 16 sujets ne remplissaient plus les critères du TSPT après l’intervention et ces effets étaient maintenus lors des suivis postérieurs. Par contre, la moitié des patients n’avait pas achevé la thérapie : 7 militaires avaient abandonné

avant la première session, 6 avaient démissionné après la première session et 7 avaient abandonné au début de la thérapie. Ces premières études montrent qu'une majorité de sujets qui étaient réticents à ré-expérimenter des aspects traumatiques voient diminuer l'intensité et la fréquence des symptômes post-traumatiques via cette innovation technologique. Les jeunes militaires, souvent familiarisés avec l'univers du « gaming » et empreints aux sources de stimulation lors de leurs entraînements militaires, sembleraient ainsi plus disposés à participer à cette forme de thérapie. Il apparaît en effet plus aisé pour eux de suivre une session virtuelle explicite que de verbaliser leurs symptômes et leur gêne fonctionnelle en stimulant leur imaginaire et leur mémoire de rappel lors d'une prise en charge conventionnelle (Rizzo et al., 2007).

Parallèlement, ce type de thérapie d'exposition a également été développé pour d'autres types de population souffrant de séquelles traumatiques même si la plupart des travaux recensés ont été menés en population militaire (soldats actifs et vétérans), ce qui pourrait être expliqué par la forte prévalence du TSPT dans cette population (Wood et al., 2009). En 2007, Beck et al. ont mené un essai clinique non contrôlé parmi six accidentés de la voie publique souffrant de TSPT (Beck et al., 2007). Les auteurs ont utilisé un questionnaire de présence (Witmer et Singer, 1998) qui permettait d'évaluer le degré « d'immersion » ressentie par les participants dans l'environnement virtuel. Des scénarii de conduite étaient créés pour lesquels les participants rapportaient des niveaux élevés de « réalité perçue ». Étaient associés à l'exposition virtuelle de la psychoéducation, des exercices de relaxation et une évaluation des situations de conduite anxiogènes. Au total, 80 scénarii d'exposition avaient d'ailleurs été accomplis dont 72 avec un score de *SUDS (Subjective Units of Distress Scale and immersion)* supérieur à 20. Les résultats montraient des réductions significatives des symptômes de reviviscence, d'évitement et d'anesthésie affective avec la thérapie selon les réponses à la *Clinician-Administered PTSD Scale* (Blake et al., 1995). Les scores des auto-mesures *Posttraumatic Stress Scale-Self Report* (Foa, et al., 1993) et *Impact of Event Scale-Revised* (Weiss et Marmar, 1997) confirmaient cette efficacité. Des symptômes de désorientation étaient néanmoins rapportés par les participants mais la majorité des sujets étaient satisfaits du traitement : un seul participant avait arrêté la thérapie pour cause de stress et une autre participante pour des questions logistiques.

Le bénéfice de la TVR pour les troubles psychotraumatiques a également été étudié avec des conditions contrôles. Ainsi, l'équipe de Difede et al. publiait en 2007 les résultats de travaux menés chez des sujets exposés aux attentats du World Trade Center de septembre 2001. Les stimuli de l'environnement virtuel comprenaient cette fois des enregistrements audio obtenus à

partir de réseaux d'information nationaux, des avions volant dans les deux tours, des explosions ainsi que des avatars humains tombant des tours. Pendant l'exposition, chaque sujet devait coter la *Subjective Units of Distress Scale and immersion (SUDS)* (Wolpe, 1969) toutes les 5 minutes et chaque session était répétée tant que le score *SUDS* n'avait pas été réduit de moitié.

Un premier essai contrôlé a été réalisé chez des intervenants (secouristes et civils) qui avaient été directement exposés aux attaques et qui présentaient un diagnostic de TSPT (Difede et al., 2007). Sur les 13 sujets recevant la TVR, 10 avaient achevé le programme et un seul sujet avait abandonné une fois le traitement débuté ce qui prouve une adhésion thérapeutique satisfaisante. Les résultats montraient une diminution significative du score de la *CAPS* évalué à 39% avec la TVR. Les sujets traités présentaient une amélioration symptomatique significative par rapport au groupe contrôle (liste d'attente) et ces effets persistaient à 6 mois. Point intéressant, deux des cinq sujets qui avaient déjà reçu une thérapie d'exposition au préalable présentaient une réduction de plus de la moitié du score *CAPS* à la fin de la thérapie.

Quelques années plus tard, les auteurs d'un essai contrôlé randomisé réalisé chez des anciens vétérans portugais constataient des réductions marginales des scores de la *Clinician Administered PTSD Scale* (Blake et al., 1995) après un traitement par TVR (Gamito et al., 2010). Dix combattants souffrant de troubles post-traumatiques, symptômes anxieux et dépressifs liés à des combats coloniaux 30 ans auparavant avaient été inclus et répartis au hasard en trois groupes: thérapie d'exposition en VR (n=5), thérapie d'exposition imaginée (n=2) ou attente d'une thérapie d'exposition en VR (n=3). Les résultats ne retrouvaient pas de différence statistiquement significative entre les groupes pour l'analyse des scores de l'échelle *CAPS*. De plus, l'amélioration des symptômes évalués par le *Symptoms Checklist Revised* (Derogatis, 1994) n'était significative que pour les scores de dépression. Une réduction de 8% du score de l'échelle *CAPS* était observée dans le groupe traité par TVR comparée à une réduction de 1% pour le groupe de vétérans affectés à l'exposition imaginée et de 6% pour les sujets en attente. Malgré la petite taille d'échantillon, le manque de suivi à plus long terme et l'absence d'effet groupe retrouvés dans cette étude par rapport aux vétérans traités par thérapie d'exposition en face à face ou en attente de traitement, ces résultats suggèrent que des vétérans âgés atteints de TSPT chronique pourraient avoir tout de même accès à ce type de traitement.

La même année, des résultats mitigés étaient aussi retrouvés dans un second essai contrôlé réalisé chez des anciens vétérans de la guerre du Vietnam (Ready et al., 2010). Les participants étaient cette fois-ci randomisés au programme « Virtual Vietnam » ou à une thérapie cognitive « axée sur le présent et la symptomatologie traumatique ». Les scores de la *Clinician Administered PTSD Scale* (Blake et al., 1995) étaient améliorés chez les participants

à la thérapie « Virtual Vietnam » après le traitement et lors d'un suivi effectué à 6 mois. Cependant, cette amélioration n'était pas statistiquement significative. De même, aucune différence significative de la *CAPS* n'était observée entre les deux types de traitements. Les auteurs expliquaient ce défaut de différence statistiquement significative par la petite taille d'échantillon utilisée.

En revanche, McLay et al. signalaient en 2011 une amélioration de la symptomatologie post-traumatique significativement plus importante chez des militaires actifs souffrant de symptômes de stress post-traumatique liés aux combats ayant bénéficié d'une TVR (« Virtual Bagdad ») par rapport à des traitements traditionnels du TSPT dans la cadre d'un petit essai contrôlé randomisé. L'efficacité thérapeutique était évaluée via l'échelle *Clinician Administered PTSD Scale* (Blake et al., 1995) après dix semaines de traitement. Les participants attribués au groupe contrôle recevaient un ensemble de traitements traditionnels recommandés dans le TSPT, comprenant thérapie d'exposition prolongée, thérapie cognitive, EMDR, thérapie de groupe, psychotropes, hospitalisation et aide à la réhabilitation. Des réductions globales des scores de la *CAPS* étaient significativement plus importantes chez les combattants bénéficiant du programme de TVR que pour les soins standards : à la fin du traitement VR, 7 des 10 participants présentaient des améliorations supérieures à 30% des scores de l'échelle *CAPS* alors qu'un seul des 9 participants ayant complété le traitement habituel présentait cette même amélioration. Par contre, les deux types de traitements montraient une efficacité thérapeutique et il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les groupes.

3.5 Serious Gaming

Une récente étude a testé l'efficacité de l'utilisation du jeu Tetris® comme tâche de travail aux exigences visuo-spatiales élevées dans la prévention de la survenue de reviviscences traumatiques du TSPT (Holmes et al., 2009). Les auteurs se sont appuyés sur un paradigme expérimental validé utilisant un traumatisme par film en laboratoire comme modèle d'exposition à un traumatisme dans la vie réelle et se sont basés sur les théories neurocognitives de la consolidation du souvenir et la possibilité d'interférer avec leur encodage mnésique. Il était demandé aux sujets sélectionnés de regarder un film de 12 minutes contenant des scènes traumatiques (blessures, des morts violentes, etc.). Après une pause de 30 minutes, les participants étaient ensuite randomisés en un groupe au sein duquel ils devaient jouer au jeu Tetris® pendant 10 minutes (n=20) comparés à un groupe sans tâche donnée (n=20). Les sujets devaient ensuite remplir un calendrier évaluant la fréquence des reviviscences et la symptomatologie post-traumatique était évaluée à l'aide de l'*Impact of Events Scale* (Weiss et

Marmar, 1997) une semaine après l'exposition aux scènes traumatiques. Les sujets du groupe « serious gaming » présentaient des symptômes de reviviscences significativement moins fréquents par rapport aux sujets du groupe témoin. Les traces mnésiques du film traumatique étaient néanmoins identiques dans les deux groupes. Les auteurs qualifiaient le jeu Tetris® de « vaccin cognitif » contre la survenue de flashbacks après exposition à un traumatisme facilement disponible et de faible coût.

Un second essai contrôlé et randomisé a aussi examiné l'effet préventif d'une intervention comportementale précoce de serious gaming (utilisation du jeu Tetris®) sur les reviviscences post-traumatiques (Lyadurai et al., 2017). Là-aussi, les auteurs se sont basés sur la théorie de la consolidation mnésique. Au total, 71 adultes admis dans un service d'urgence six heures suivant un accident de la route ont été sélectionnés. Les participants étaient répartis selon s'ils jouaient à Tetris® pendant 20 minutes dans le service d'urgences tout en se rappelant un souvenir visuel négatif de l'accident. Les sujets du groupe contrôle réalisaient l'intervention dans un second temps. Il était demandé à chaque participant de noter les souvenirs traumatiques intrusifs (images, odeurs ou sons) dans un journal quotidien la semaine suivant l'accident. L'*Impact of Event Scale-Revisited* (Weiss et Marmar, 1997) était également utilisée pour évaluer la détresse associée aux symptômes intrusifs ainsi que des symptômes thymiques et anxieux. Les sujets du groupe Tetris® présentaient en moyenne trois fois moins de souvenirs intrusifs pour les sujets contrôles la semaine suivant l'accident. La diminution de l'incidence était plus rapide pour les sujets Tetris®. Aucune différence significative n'était néanmoins retrouvée concernant la détresse post-traumatique, les symptômes anxieux et de dépression lors des évaluations à une et quatre semaines. L'intervention était par contre considérée comme facilement applicable et sûre selon les participants.

En pratique, ces premiers résultats montrent l'intérêt thérapeutique d'associer l'univers ludique retrouvé dans les SG et les « serious gaming » à une tâche visuo-spatiale mobilisatrice d'attention. On pourrait ainsi voir se développer ce type d'intervention appliquée dans la prise en charge des psychotraumatismes de l'enfant.

3.6 Intelligence Artificielle

3.6.1 « Tiatros Post Traumatic Growth for Veterans »

Le « Tiatros Post Traumatic Growth for Veterans » est un logiciel d'IA adressé aux anciens combattants souffrant de trouble de stress post-traumatique. Le programme a été élaboré par Tiatros Inc®, une société de santé numérique fondée en 2011 qui exploite les

technologies numériques afin d'améliorer la pratique des soins en santé comportementale. Le groupe s'est essentiellement basé sur l'intérêt thérapeutique du soutien social dans le cadre du TSPT en créant des environnements sociaux privés développés pour les vétérans. Le programme dure 8 semaines. Il donne accès à un réseau social en ligne et une thérapie cognitive et comportementale recommandée dans les troubles post-traumatiques (NICE, 2007). Chaque semaine, il est demandé aux participants de partager sur la plateforme sociale trois récits écrits concernant leur passé traumatique. Les participants connectés peuvent alors les commenter et contribuer aux discussions en cours. En utilisant « Watson Personality Insights » et « Tone Analyzer » (IBM®), le programme de Tiatros analyse les publications et les commentaires partagés, évalue les émotions associées à ces interactions et délivre, à son tour, une TCC personnalisée. Un environnement en ligne permanent, qui intègre des cours éducatifs ainsi que des exercices thérapeutiques, est également accessible. Grâce aux technologies d'IA, les programmations sont adaptées à chaque individu : cet outil cognitif transforme ainsi la façon de prodiguer des soins aux vétérans. Bien que les résultats d'études quantitatives soient encore incomplets, le programme « Tiatros » pourrait avoir des implications importantes. En effet, des études ont démontré que 70% à 80% des anciens combattants souffrant de TSPT pourraient se rétablir lorsqu'ils terminent une thérapie (Najavits, 2015). Pourtant, ils ne seraient que 10% à achever une psychothérapie l'année suivant le diagnostic de TSPT (Ministère des Anciens Combattants aux Etats-Unis). Selon IBM Watson Health® et Tiatros Inc®, l'intégration de l'analyse de Watson dans le programme « Tiatros » avait permis aux vétérans souffrant de TSPT d'atteindre, en 2017, un taux de réalisation du programme thérapeutique estimé à 73% (Armonk, 2017). Cette technologie innovante se présente donc, avec ces premiers résultats, comme un atout thérapeutique majeur dans le domaine de la psychotraumatologie.

3.6.2 « Sentimetrix »

La société d'analyse de données spécialisée dans l'analyse des sentiments a mis au point un programme informatique capable de repérer des symptômes post-traumatiques à partir de conversations de militaires publiées en ligne (Kagan et al., 2013). L'objectif est de dépister les personnes à risque de TSPT plus rapidement que les êtres humains. En analysant un passage écrit publié sur internet (blogs, « tweets » ou mises à jour Facebook), l'algorithme de SentiMetrix cherche des preuves corrélées à l'un des 13 critères du TSPT. Le logiciel peut également détecter des symptômes physiologiques, tels que des troubles du sommeil. A ce jour, quatre symptômes associés au trouble ne sont pas encore extraits par SentiMetrix comme « avoir l'impression que votre avenir pourrait être écourté » ou « éviter les situations qui

rappellent une expérience stressante du passé ». Le programme présente la capacité d'évaluer chaque symptôme par l'intermédiaire d'une échelle dichotomique. Un score élevé est corrélé à une plus grande probabilité que le sujet présente le symptôme repéré. « Sentimetrix » repose sur la technologie de traitement du langage naturel qui permet de déduire le sens de propos écrits même si certains termes clés n'ont pas été explicitement mentionnés. « SentiMetrix » dispose d'une base de données sur les expériences passées stressantes fréquemment discutées par les personnes souffrant de TSPT qu'il recherche dans les passages analysés. La version la plus récente du logiciel pour le TSPT affiche un taux de précision diagnostique proche de celle du clinicien (80%).

3.6.3 « SimCoach »

Le projet « SimCoach » vise à développer des agents humains virtuels interactifs et artificiellement intelligents capables de percevoir, d'agir et de dialoguer avec des utilisateurs réels souffrant d'une symptomatologie post-traumatique pour promouvoir l'accès à l'information sur les soins en santé mentale et encourager le personnel militaire et les membres de leur famille à initier des soins. L'expérience « SimCoach » est en cours de conception et est financée par le US Defense Centers of Excellence for Psychological Health and Traumatic Brain Injury (DCoE) aux Etats Unis qui souhaite promouvoir le développement de services de santé virtuels interactifs en ligne (Rizzo et al., 2011).

« SimCoach » permet aux utilisateurs de dialoguer avec un humain virtuel interactif conçu pour utiliser la parole, le geste et l'émotion afin de solliciter et d'obtenir des informations sur le passé du participant ainsi que ses préoccupations cliniques et psychosociales. « SimCoach » n'a pas d'objectif diagnostique ou thérapeutique. Sur la base des questions définies dans l'entretien initial, l'utilisateur aura alors accès à une variété d'informations générales sur le système de soins en santé militaire. « SimCoach » sera capable de « se souvenir » des informations acquises lors des échanges précédents. Le projet souhaite offrir un cadre propice à la recherche d'aide chez des sujets qui peuvent ressentir de la stigmatisation et de l'insécurité concernant leur état clinique (Annon, 1976). Le programme cherche aussi à favoriser l'engagement des individus dans les soins en se basant sur le soutien social et le divertissement ludique.

CONCLUSION

Les sujets atteints de troubles post-traumatiques peuvent aujourd'hui bénéficier de traitements validés via la télémédecine. Ces expériences vont probablement se multiplier dans les prochaines années avec l'essor de pratiques largement reconnues, disponibles et diffusées de nos jours.

Les résultats de notre revue montrent l'efficacité des outils d'e-santé à réduire les symptômes post-traumatiques de diverses populations. Dans l'ensemble, ces innovations permettent d'élargir la disponibilité d'interventions, d'accroître l'observance et l'acceptabilité des traitements et de surmonter les obstacles rencontrés avec les thérapies traditionnelles. Des perceptions positives sont rapportées par les bénéficiaires (Klein et al. 2010) et les taux d'abandon semblent similaires aux thérapies en face à face (Kavanaugh, 2010). Plusieurs résultats soutiennent l'efficacité thérapeutique de la visioconférence pour la prestation de TCC axées sur le traumatisme et démontrent l'efficacité des psychothérapies sur Internet. En revanche, le bénéfice thérapeutique des applications mobiles telles que « PTSD Coach » n'a été que peu étudié à l'heure actuelle mais elles offrent des informations de psychoéducation, appuient la prestation de traitements établis et favorisent l'adhésion aux soins. Parallèlement, la technologie de VR est de plus en plus utilisée et semble attrayante pour les populations jeunes permettant de pallier à l'évitement ou la difficulté de se réexposer à une situation traumatique. La technologie d'IA semble elle s'implanter progressivement dans le domaine de la santé et montre un avenir prometteur en terme de recherche.

Pourtant, l'utilisation de la télémédecine est relativement récente et les travaux inclus n'ont pas toujours été rigoureusement étudiés. En effet, les données existantes sont souvent limitées à de petits échantillons et le groupe contrôle utilisé est rarement le traitement de référence des troubles psychotraumatiques. Il semble donc important de poursuivre les recherches dans ce domaine notamment l'étude d'échantillons plus larges et plus généralisables.

A ce jour, les nouvelles technologies peuvent donc être considérées comme de véritables outils thérapeutiques et leur utilisation dans le domaine de la psychiatrie semble excitante. L'applicabilité de ces techniques reste certainement à évaluer mais elles ouvrent des perspectives intéressantes dans la prise en charge des sujets traumatisés, que ce soit en immédiat avec l'utilisation de jeux à exigence visuo-cognitive élevée ou à distance avec les thérapies en ligne. Les cliniciens peuvent désormais s'appuyer sur des traitements innovants dans le domaine de la psychotraumatologie dont la place et l'évolution restent cependant à déterminer.

ANNEXES

Annexe 1. Tableau synthétique des principaux résultats des études portant sur la thérapie assistée en réalité virtuelle.

Auteurs de l'étude Année de publication	Echantillon	n	Traitement	TSPT	Comparaison	Echelles	Taux d'abandon traitement	% femmes
Rothbaum et al., 2001 ^a USA	Vétérans Vietnam	16	8 à 16 séances « Virtual Vietnam »	Oui	-	CAPS	62,5%	0
Ready et al., 2006 ^a USA	Vétérans Vietnam	21	8 à 20 séances « Virtual Vietnam »	Oui	-	CAPS	28%	NR
Reger et al., 2011 ^a USA	Militaires OEF/OIF	24	3 à 12 séances	Oui	-	PCL-M	NR	4%
Rizzo et al., 2010 ^a USA	Vétérans OIF/OEF	20	10 séances « Virtual Iraq »	Oui	-	PCL-M	0	5%
Beck et al., 2007 ^a USA	AVP	8	10 séances	Oui	-	CAPS, IES-R, PSS-SR	25%	87,5%

TSP : Trouble de stress posttraumatique ; TVR : thérapie d'exposition assistée en réalité virtuelle ; AVP : accident de la voie publique ; CAPS : Clinician-Administered PTSD Scale ; IES-R : Impact of Events Scale-Revised ; PCL-M : PTSD Checklist-Military Version ; PSS-SR : PTSD Symptom Scale-Self-Report Version ; OEF/OIF : operation Iraqi freedom/operation enduring freedom ; NR : non renseigné ; USA : united state of america. a = essai non contrôlé ; b = essai non randomisé ; c = essai contrôlé randomisé.

Annexe 2. Tableau synthétique des principaux résultats des études portant sur la thérapie assistée en réalité virtuelle.

Auteurs de l'étude Année de publication	Echantillon	n	Traitement	TSPT	Comparaison	Echelles	Taux d'abandon traitement		% femmes	
							T	LA	T	LA
Difede et al., 2007 ^b USA	Intervenants attentats	13	6 à 13 séances	Oui	LA (n=8)	CAPS	T 23	LA 0	T 16	LA 12,5
Gamito et al., 2010 ^c POR	Vétérans portugais	5	12 séances	Oui	12 séances TE (n=2) ou LA (n=3)	CAPS, IES, SCL-90	NR		0	
Botella et al., 2010 ^c ESP	Mixte	NR	9 à 12 séances « Emma's World »	Oui	9 à 12 séances TCC-T	CAPS, DTS, PTCI	NR		80	
Ready et al., 2010 ^c USA	Vétérans Vietnam	6	10 séances	Oui	Thérapie centrée sur le présent (n=5)	CAPS	T 16%	C 20%	NR	
McLay et al., 2011 ^c USA	Militaires OEF/OIF	10	4 à 20 séances	Oui	TU (n=10)	CAPS	T 0	C 0	T 10	C 0

TSPT : Trouble de stress posttraumatique ; TVR : thérapie d'exposition assistée en réalité virtuelle ; AVP : accident de la voie publique ; T : groupe traitement ; C : groupe contrôle ; TU : traitement usuel ; LA : liste d'attente ; NR : non renseigné ; CAPS : Clinician-Administered PTSD Scale ; IES : Impact of Events Scale ; PCL-M : PTSD Checklist-Military Version ; SCL-90 : Symptom Checklist-90 ; DTS : Davidson Trauma Scale ; PTCI : Posttraumatic Cognitions Inventory ; TCC-T : thérapie cognitivo-comportementale centrée sur trauma ; TE : thérapie d'exposition ; TU : traitement usuel ; OEF/OIF : operation Iraqi freedom/operation enduring freedom ; USA : united state of america ; POR : Portugal ; ESP : Espagne.

a = essai non contrôlé ; b=essai non randomisé ; c = essai contrôlé randomisé.

Annexe 3. Tableau synthétique des principaux résultats des études portant sur les interventions en e-santé.

Auteurs de l'étude Année de publication	Echantillon	n	Traitement	TSPT	Comparaison	Echelles	Taux d'abandon		% femmes	
							T	C	T	C
Frueh et al., 2007 ° USA	Vétérans	17	14 séances TCC-T	Oui	TCC-T en face à face (n=21)	PCL-M, BDI-II	T 47%	C 43%	0	
Germain et al., 2009 ° CAN	Population générale adultes	16	16 à 25 séances TCC-T	Oui	TCC-T en face à face (n=32)	MPSS total	T 39%	NR	T 62,5	C 59
Hassija et Gray, 2011 ° USA	Femmes AS, VD	15	13 séances TCC-T	Oui	-	PCL, CES-D, WTTCCSS	0		100	
Morland et al., 2014 ° USA	Vétérans ruraux	61	12 séances TCC-T	Oui	TCC-T en face à face (n=64)	CAPS	NR		NR	
Morland et al., 2004 ° USA	Vétérans	9	8 séances en groupe « Stratégies d'adaptation au stress »	Oui	8 séances en groupe en face à face Stratégie d'adaptation au stress (n=8)	PCL-M	T 11%	C 50%	0	
Morland et al., 2011 ° USA	Vétérans Vietnam, OEF/OIF	6	12 séances TCC-T	Oui	TCC-T en face à face (n=7)	CAPS	T 16%	C NR	0	
Tuerk, 2010 ° USA	Militaires Vietnam, OEF/OIF	12	8 à 15 séances TE	Oui	TE en face à face (n=35)	PCL-M, BDI-II	T 25%	C 17%	T 0	C 9

TSPT : Trouble de stress posttraumatique ; VD : violence domestique ; AS : agression sexuelle ; T : groupe traitement ; C : groupe contrôle ; NR : non renseigné ; TCC-T : thérapie cognitivo-comportementale centrée sur trauma ; TE : thérapie d'exposition ; NR : non renseigné ; PCL : PTSD Checklist ; MPSS : Modified PTSD Symptom Scale ; PCL-M : PTSD Checklist-Military Version ; CES-D : Center for Epidemiological Studies Depression Scale ; WTTCCSS : Wyoming Telehealth Trauma Clinic Client Satisfaction Scale ; BDI-II : Beck Depression Inventory-II ; CAPS : Clinician Administered Posttraumatic stress disorder Scale ; USA : united state of america ; CAN : canada. a = essai non contrôlé ; b=essai non randomisé ; c = essai contrôlé randomisé.

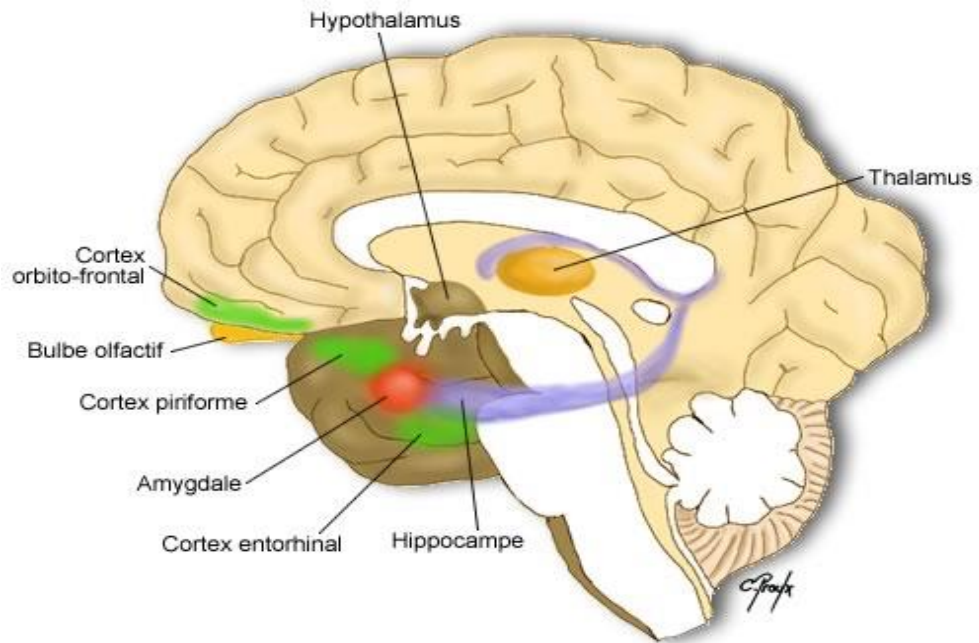
Annexe 4. Tableau synthétique des principaux résultats des études portant sur les interventions en e-santé.

Auteurs de l'étude Année de publication	Echantillon	n	Traitement	TSPT	Comparaison	Echelles	Taux d'abandon		% femmes	
							T	C	T	C
Knaevelsrud et Maercker, 2007 ^c ALL	Mixte Communauté	49	10 séances TCC-T	Non	LA (n=47)	IES-R, BSI	NR		T 83	C 95
Lange et al., 2003 ^c PB	Population générale adultes	122	10 séances « Interapy »	Non	LA (n=62)	IES-R, SCL-90	T 36%	C NR	NR	
Litz et al., 2007 ^c USA	Militaires DoD	24	8 séances « DE- STRESS »	Oui	Thérapie de soutien (n=21)	PSS-I, BDI-II	T + TS 49%		T 25	C 19
Kersting et al., 2013 ^c ALL	Population générale adultes	115	10 séances TCC-T	Non	LA (n=113)	IES-R, ICG, BSI	T 14%	C 13%	T 94	C 90
Gros et al., 2011 ^b USA	Vétérans	62	12 séances Stratégies d'adaptation au stress	Oui	TCC-T face à face (n=27)	PCL-M, BDI-II, DASS, IIRS	T 61%	C NR	T 6,5	C 11
Klein et al., 2010 ^a AUS	Population générale adultes	22	« PTSD Online »	Oui	-	PCL-C	27%		77%	

TSPT : Trouble de stress posttraumatique ; LA : Liste d'attente ; T : groupe traitement ; C : groupe contrôle ; DoD : Department of Defense ; ICG : Inventory of Complicated Grief) ; TCC-T : thérapie cognitivo-comportementale centrée sur trauma ; PCL : PTSD Checklist ; IES-R : Impact of Events Scale-Revised ; SCL-90 : Symptom Checklist-90 ; BSI : Brief Symptom Inventory ; BDI-II : Beck Depression Inventory-II ; PSS-I : PTSD Symptom Scale-Interview Version ; DASS : Depression Anxiety Stress Scales ; IIRS : Illness Intrusiveness Ratings Scale ; USA : united state of america ; ALL : allemagne ; PB : pays-bas, AUS : australie.

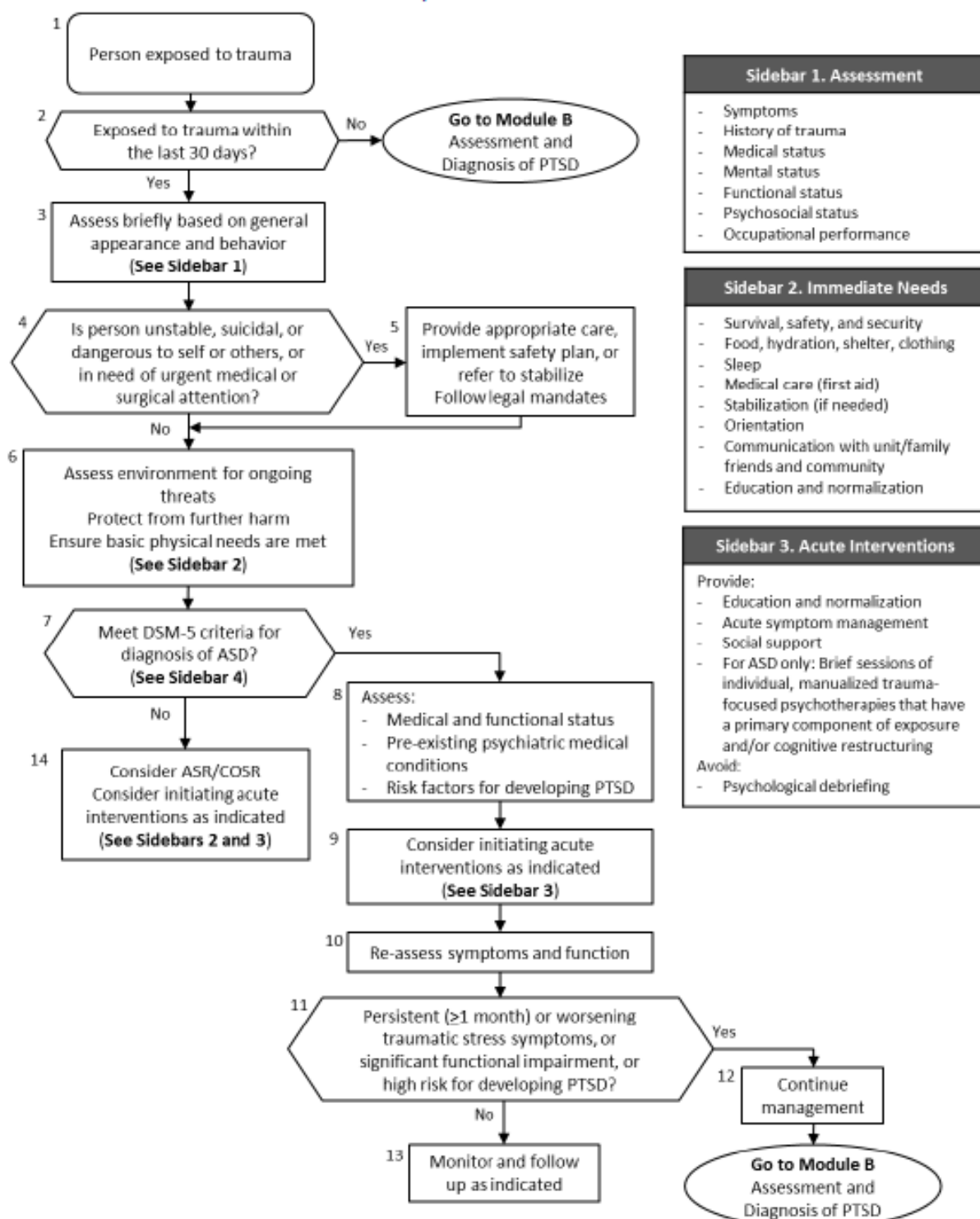
a = essai non contrôlé ; b=essai non randomisé ; c = essai contrôlé.

Annexe 5 : le circuit limbique (issu de « CogniFit »)



Annexe 6 : Algorithmes selon les recommandations du VA/DoD

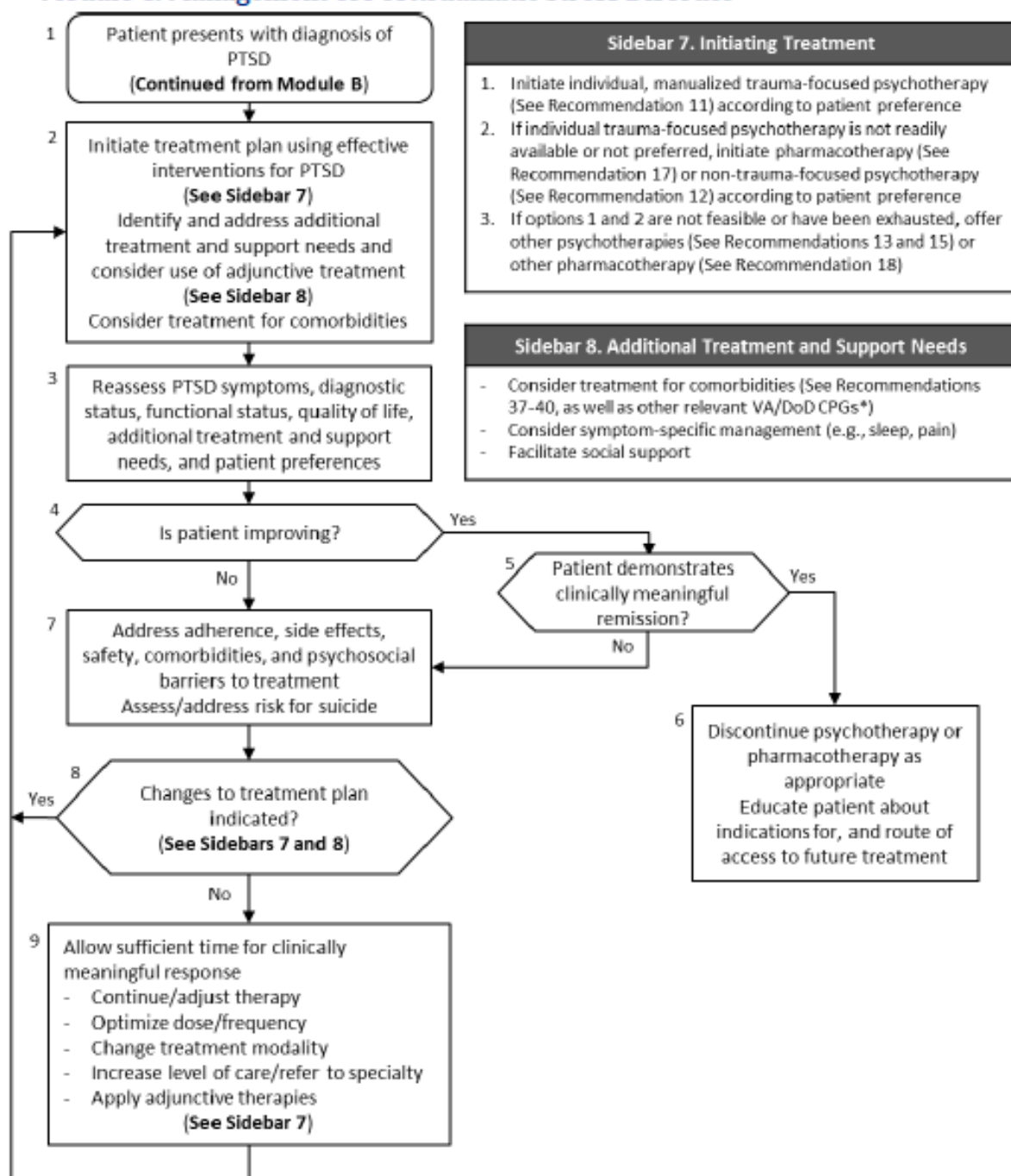
Module A: Acute Stress Reaction/Disorder



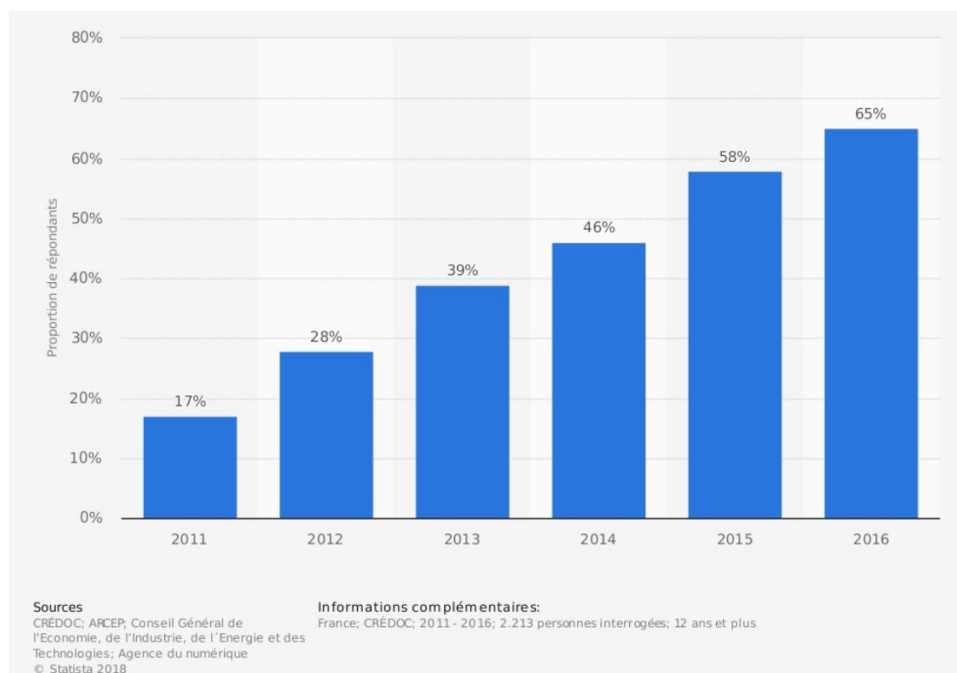
Abbreviations: ASD: acute stress disorder; ASR: acute stress reaction; COSR: combat and operational stress reaction; DSM: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders; PTSD: posttraumatic stress disorder

Annexe 7 : Algorithmes selon les recommandations du VA/DoD

Module C: Management of Posttraumatic Stress Disorder



Annexe 8 : taux d'équipement en smartphone en France de 2011 à 2016



BIBLIOGRAPHIE

1. Alvarez J. Du jeu vidéo au serious game : approches culturelle, pragmatique et formelle [Internet]. Toulouse 2; 2007.
2. American Psychiatric Association. DSM 1 Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, first edition. Washington : APA, 1952.
3. American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, second edition. Washington : APA, 1968.
4. American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, third edition. Washington : APA, 1980.
5. American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, fourth edition. Washington : APA, 1994.
6. American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, fifth edition. Washington : APA, 2013.
7. American Psychiatric Association. Ressource Document on Telepsychiatry Videoconferencing. APA : 1998. <http://www.psych.org-pract/tp-paper.cfm>.
8. Amstadter AB, Broman-Fulks J, Zinzow H, Ruggiero KJ, Cercone J. Internet-based interventions for traumatic stress-related mental health problems: a review and suggestion for future research. Clin Psychol Rev. juill 2009;29(5):410-20.
9. Andersson G, Cuijpers P, Carlbring P, Riper H, Hedman E. Guided Internet-based vs. face-to-face cognitive behavior therapy for psychiatric and somatic disorders: a systematic review and meta-analysis. World Psychiatry. oct 2014;13(3):288-95.
10. Aron C, Delacour J. Neurobiologie des comportements. Paris: Hermann; 1984.
11. Association des psychiatres du Canada. Document de travail. La télépsychiatrie. http://ww1.cpa-apc.org/French_Site/Publications/Position_Papers/telepsychiatry_fr.asp.
12. Astruc B, Henry C, Masson M. Intérêt de la télé-psychiatrie pour la prise en charge des patients : enjeux et questions d'une pratique nouvelle. Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/en/article/792486>.
13. Backhaus A, Agha Z, Maglione ML, Repp A, Ross B, Zuest D, et al. Videoconferencing psychotherapy: a systematic review. Psychol Serv. mai 2012;9(2):111-31.
14. Beck AT, Ward CH, Mendelson M, Mock J, Erbaugh J. An inventory for measuring depression. Arch Gen Psychiatry. juin 1961;4:561-71.
15. Beck JG, Palyo SA, Winer EH, Schwagler BE, Ang EJ. Virtual Reality Exposure Therapy for PTSD symptoms after a road accident: an uncontrolled case series. Behav Ther. mars 2007;38(1):39-48.
16. Becker CB, Zayfert C, Anderson E. A survey of psychologists' attitudes towards and utilization of exposure therapy for PTSD. Behav Res Ther. mars 2004;42(3):277-92.

17. Besnard A, Caboche J, Laroche S. Reconsolidation of memory: a decade of debate. *Prog Neurobiol.* oct 2012;99(1):61-80.
18. Birmes P, Brunet A, Benoit M, Defer S, Hatton L, Sztulman H, et al. Validation of the Peritraumatic Dissociative Experiences Questionnaire self-report version in two samples of French-speaking individuals exposed to trauma. *Eur Psychiatry.* mars 2005;20(2):145-51.
19. Bisson JI, Roberts NP, Andrew M, Cooper R, Lewis C. Psychological therapies for chronic post-traumatic stress disorder (PTSD) in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 13 déc 2013;(12):CD003388.
20. Blake DD, Weathers FW, Nagy LM, Kaloupek DG, Gusman FD, Charney DS, et al. The development of a Clinician-Administered PTSD Scale. *J Trauma Stress.* 1 janv 1995;8(1):75-90.
21. Blanchard EB, Jones-Alexander J, Buckley TC, Forneris CA. Psychometric properties of the PTSD Checklist (PCL). *Behav Res Ther.* août 1996;34(8):669-73.
22. Blevins, C. A., Weathers, F. W., Davis, M. T., Witte, T. K., & Domino, J. L. (2015). The Posttraumatic Stress Disorder Checklist for DSM-5 (PCL-5): Development and initial psychometric evaluation. *Journal of Traumatic Stress, 28,* 489-498. doi: 10.1002/jts.22059.
23. Bomyea J, Lang AJ. Emerging Interventions for PTSD: Future Directions for Clinical Care and Research. *Neuropharmacology.* févr 2012;62(2):607-16.
24. Botella C, García-Palacios A, Guillen V, Baños RM, Quero S, Alcaniz M. An adaptive display for the treatment of diverse trauma PTSD victims. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* févr 2010;13(1):67-71.
25. Brown R, Kulik J. Flashbulb memories. *Cognition.* 1 janv 1977;5(1):73-99.
26. Brunet A, Weiss DS, Metzler TJ, Best SR, Neylan TC, Rogers C, et al. The Peritraumatic Distress Inventory: a proposed measure of PTSD criterion A2. *Am J Psychiatry.* sept 2001;158(9):1480-5.
27. Brunet A, St-Hilaire A, Jehel L, King S. Validation of a French version of the impact of event scale-revised. *Can J Psychiatry.* févr 2003;48(1):56-61.
28. Bryant, R. A., Harvey, A. G., Dang, S. T., & Sackville, T. (1998). Assessing acute stress disorder: Psychometric properties of a structured clinical interview. *Psychological Assessment, 10,* 215-220.
29. Cahill L, Alkire MT. Epinephrine enhancement of human memory consolidation: interaction with arousal at encoding. *Neurobiol Learn Mem.* mars 2003;79(2):194-8.
30. Canac B. Admission directe en court séjour gériatrique: difficultés rencontrées par les médecins généralistes des Alpes-Maritimes. :54.
31. Carlson EB, Smith SR, Palmieri PA, Dalenberg C, Ruzek JI, Kimerling R, et al. Development and validation of a brief self-report measure of trauma exposure: the Trauma History Screen. *Psychol Assess.* juin 2011;23(2):463-77.
32. Charcot JM. *Archives de neurologie.* Paris : Lecrosnier et Babé, 1909.

33. Conseil National de l'Ordre des Médecins – Les conséquences des usages d'internet sur les relations patients – médecins. Avril 2010. https://www.conseil-national.medecin.fr/sites/default/files/sondage_internet_CNOM_2010_0.pdf.
34. CNRS. Le journal. L'héritage d'Alan Turing. Hors-série Mai 2012. <http://www.cnrs.fr/fr/pdf/jdc/Turing.pdf>.
35. Crocq L. Traumatismes psychiques: Prise en charge psychologique des victimes. 2e édition. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2014. 352 p.
36. CRÉDOC. (2016). Enquête sur les « Conditions de vie et les Aspirations ». <http://www.credoc.fr/pdf/Rapp/R333.pdf>
37. Difede J, Cukor J. Virtual Reality Exposure Therapy for the Treatment of Posttraumatic Stress Disorder Following September 11, 2001. *The Journal of Clinical Psychiatry*. 15 nov 2007;68(11):1682-9.
38. Dégeilh F, Viard A, Dayan J, Guérolé F, Egler PJ, Baleyte JM, Eustache F, Guillery-Girard. Altérations mnésiques dans l'état de stress posttraumatique : résultats comportementaux et neuro-imagerie. *Rev Neuropsychol* 2013 ; 5 (1) : 45-55 doi:10.1684/nrp.2013.0252.
39. Derogatis, L.R.(1993). BSI Brief Symptom Inventory: Administration, Scoring, and Procedure Manual (4th Ed.). Minneapolis, MN: National Computer Systems.
40. Ducrocq F, Vaiva G. Traumatisme psychique et état de stress post-traumatique : de la prévention au traitement pharmacologique. :6.
41. Ehlers A, Clark DM. A cognitive model of posttraumatic stress disorder. *Behav Res Ther*. avr 2000;38(4):319-45.
42. Erbes CR, Stinson R, Kuhn E, Polusny M, Urban J, Hoffman J, et al. Access, utilization, and interest in mHealth applications among veterans receiving outpatient care for PTSD. *Mil Med*. nov 2014;179(11):1218-22.
43. Etkin A, Wager TD. Functional neuroimaging of anxiety: a meta-analysis of emotional processing in PTSD, social anxiety disorder, and specific phobia. *Am J Psychiatry*. oct 2007;164(10):1476-88.
44. Fillon F. Décret_n°2010-1229_du_19_octobre_2010_version_initiale. France JORF; 2010. <http://www.has-sante.fr>.
45. Foa EB, Kozak MJ. Emotional processing of fear: exposure to corrective information. *Psychol Bull*. janv 1986;99(1):20-35.
46. Foa EB, Cashman L, Jaycox L, Perry K. The validation of a self-report measure of posttraumatic stress disorder: The Posttraumatic Diagnostic Scale. *Psychological Assessment*. 1997;9(4):445-51.
47. Foa EB, Hembree EA, Rothbaum BO. Prolonged exposure therapy for PTSD: Emotional processing of traumatic experiences therapist guide (Treatments that work) Oxford University Press; USA: 2007.
48. Foa EB, Riggs DS, Dancu CV, Rothbaum BO. Reliability and validity of a brief instrument for assessing post-traumatic stress disorder. *J Trauma Stress*. 1 oct 1993;6(4):459-73.

49. Forbes D, Creamer M, Bisson JI, Cohen JA, Crow BE, Foa EB, et al. A guide to guidelines for the treatment of PTSD and related conditions. *J Trauma Stress*. oct 2010;23(5):537-52.
50. Fortney JC, Pyne JM, Kimbrell TA, Hudson TJ, Robinson DE, Schneider R, et al. Telemedicine-based collaborative care for posttraumatic stress disorder: a randomized clinical trial. *JAMA Psychiatry*. janv 2015;72(1):58-67.
51. Fovet T, Micoulaud-Franchi J-A, Vaiva G, Thomas P, Jardri R, Amad A. Le serious game : applications thérapeutiques en psychiatrie. *L'Encéphale*. 1 oct 2016;42(5):463-9.
52. Fox S. Mobile Health 2010, Associate Director October 19, 2010. <http://pewinternet.org/Reports/2010/Mobile-Health-2010.aspx>.
53. FranceIA. Rapport de synthèse France intelligence Artificielle. http://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/2017/Rapport_synthese_France_IA_.pdf.
54. Freud S, Breuer J. Etudes sur l'hystérie. Traduit de l'Allemand par Anne Berman. Paris : Presses universitaires de France, 1956.
55. Frueh BC, Monnier J, Yim E, Grubaugh AL, Hamner MB, Knapp RG. A randomized trial of telepsychiatry for post-traumatic stress disorder. *J Telemed Telecare*. 2007;13(3):142-7.
56. Gamito P, Oliveira J, Rosa P, Morais D, Duarte N, Oliveira S, et al. PTSD elderly war veterans: a clinical controlled pilot study. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. févr 2010;13(1):43-8
57. García-Lizana F, Muñoz-Mayorga I. What About Telepsychiatry? A Systematic Review. *Prim Care Companion J Clin Psychiatry* [Internet]. 2011.
58. Germain V, Marchand A, Bouchard S, Drouin M-S, Guay S. Effectiveness of cognitive behavioural therapy administered by videoconference for posttraumatic stress disorder. *Cogn Behav Ther*. 2009;38(1):42-53.
59. Greene CJ, Morland LA, Macdonald A, Frueh BC, Grubbs KM, Rosen CS. How does tele-mental health affect group therapy process? Secondary analysis of a noninferiority trial. *J Consult Clin Psychol*. oct 2010;78(5):746-50.
60. Gros DF, Yoder M, Tuerk PW, Lozano BE, Acierno R. Exposure therapy for PTSD delivered to veterans via telehealth: predictors of treatment completion and outcome and comparison to treatment delivered in person. *Behav Ther*. juin 2011;42(2):276-83.
61. Grynszpan O, Weiss PLT, Perez-Diaz F, Gal E. Innovative technology-based interventions for autism spectrum disorders: a meta-analysis. *Autism*. mai 2014;18(4):346-61.
62. Hachet M. Interaction avec des environnements virtuels affichés au moyen d'interfaces de visualisation collective [Internet]. Bordeaux 1; 2003.
63. Hassija C, Gray MJ. The effectiveness and feasibility of videoconferencing technology to provide evidence-based treatment to rural domestic violence and sexual assault populations. *Telemed J E Health*. mai 2011;17(4):309-15.
64. Haute Autorité de Santé. Guide HAS-affections psychiatriques de longue durée. Troubles anxieux graves. 2007. http://www.hassante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/guide_medecin_troubles_anxieux..

65. Heeter C. Being There: The Subjective Experience of Presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 1 janv 1992;1(2):262-71.
66. Herbert C, Brunet A. Psychotraumatismes : quel rôle pour internet ? 2009;10.
67. Hodges L, Anderson P, Burdea G. VR as a tool in the treatment of psychological and physical disorders. *IEEE Computer Graphics and Applications - CGA*. 1 janv 2001.
68. Hodges LF, Rothbaum BO, Alarcon R, Ready D, Shahar F, Graap K, et al. A Virtual Environment for the Treatment of Chronic Combat-Related Post-Traumatic Stress Disorder. *CyberPsychology & Behavior*. 1 févr 1999;2(1):7-14.
69. Hoge CW, Auchterlonie JL, Milliken CS. Mental health problems, use of mental health services, and attrition from military service after returning from employment to Iraq or Afghanistan. *JAMA*. 1 mars 2006;295(9):1023-32.
70. Holmes EA, James EL, Coode-Bate T, Deerprouse C. Can Playing the Computer Game “Tetris” Reduce the Build-Up of Flashbacks for Trauma? A Proposal from Cognitive Science. *PLOS ONE*. 7 janv 2009;4(1):e4153.
71. Horowitz M, Wilner N, Alvarez W. Impact of Event Scale: a measure of subjective stress. *Psychosom Med*. mai 1979;41(3):209-18.
72. Horvath AO, Greenberg LS. Development and validation of the Working Alliance Inventory. *Journal of Counseling Psychology*. 1989;36(2):223-33.
73. Hyler SE, Gangure DP, Batchelder ST. Can telepsychiatry replace in-person psychiatric assessments? A review and meta-analysis of comparison studies. *CNS Spectr*. mai 2005;10(5):403-13.
74. Ionifides C. Gamification: The Application of Game Design in Everyday Life. [Copenhagen, Denmark]: IT University; 2011.
75. Ipser JC, Stein DJ. Evidence-based pharmacotherapy of post-traumatic stress disorder (PTSD). *Int J Neuropsychopharmacol*. juill 2012;15(6):825-40.
76. Janet P. L’automatisme psychologique. Essai de psychologie expérimentale sur les formes inférieures de l’activité humaine. Paris : Harmatlan, 1889.
77. Jehel L, Brunet A, Paterniti S, Guelfi JD. [Validation of the Peritraumatic Distress Inventory’s French translation]. *Can J Psychiatry*. janv 2005;50(1):67-71.
78. Joinson A. Causes and implications of disinhibited behavior on the Internet. *Psychology and the internet: intrapersonal, interpersonal, and transpersonal implications*. 1 janv 2007.
79. Kagan V, Rossini E, Sapounas D. Sentiment Analysis for PTSD Signals [Internet]. New York: Springer-Verlag; 2013.
80. Kazdin AE, Blase SL. Rebooting Psychotherapy Research and Practice to Reduce the Burden of Mental Illness Rebooting Psychotherapy Research and Practice to Reduce the Burden of Mental Illness. *Perspect Psychol Sci*. 1 janv 2011;6(1):21-37.

81. Kersting A, Dölemeyer R, Steinig J, Walter F, Kroker K, Baust K, et al. Brief Internet-based intervention reduces posttraumatic stress and prolonged grief in parents after the loss of a child during pregnancy: a randomized controlled trial. *Psychother Psychosom.* 2013;82(6):372-81.
82. Kessler RC, Berglund P, Demler O, Jin R, Merikangas KR, Walters EE. Lifetime prevalence and age-of-onset distributions of DSM-IV disorders in the National Comorbidity Survey Replication. *Arch Gen Psychiatry.* juin 2005;62(6):593-602.
83. Klein B, Mitchell J, Abbott J, Shandley K, Austin D, Gilson K, et al. A therapist-assisted cognitive behavior therapy internet intervention for posttraumatic stress disorder: pre-, post- and 3-month follow-up results from an open trial. *J Anxiety Disord.* août 2010;24(6):635-44.
84. Knaevelsrud C, Maercker A. Internet-based treatment for PTSD reduces distress and facilitates the development of a strong therapeutic alliance: a randomized controlled clinical trial. *BMC Psychiatry.* 19 avr 2007;7:13.
85. Kubany ES, Haynes SN, Leisen MB, Owens JA, Kaplan AS, Watson SB, et al. Development and preliminary validation of a brief broad-spectrum measure of trauma exposure: the Traumatic Life Events Questionnaire. *Psychol Assess.* juin 2000;12(2):210-24.
86. Kuhn E, Eftekhari A, Hoffman JE, Crowley JJ, Ramsey KM, Reger GM, et al. Clinician perceptions of using a smartphone app with prolonged exposure therapy. *Adm Policy Ment Health.* nov 2014;41(6):800-7.
87. Kuhn E, Greene C, Hoffman J, Nguyen T, Wald L, Schmidt J, et al. Preliminary evaluation of PTSD Coach, a smartphone app for post-traumatic stress symptoms. *Mil Med.* janv 2014;179(1):12-8.
88. Lange A, Rietdijk D, Hudcovicova M, van de Ven J-P, Schrieken B, Emmelkamp PMG. Interapy: a controlled randomized trial of the standardized treatment of posttraumatic stress through the internet. *J Consult Clin Psychol.* oct 2003;71(5):901-9.
89. Lecrubier Y, Sheehan D, Weiller E, Amorim P, Bonora I, Harnett Sheehan K, et al. The Mini International Neuropsychiatric Interview (MINI). A short diagnostic structured interview: reliability and validity according to the CIDI. *European Psychiatry.* 1 janv 1997;12(5):224-31.
90. LeDoux JE. Emotion circuits in the brain. *Annu Rev Neurosci.* 2000;23:155-84.
91. Lee J-H, Kwon H, Choi J, Yang B-H. Cue-exposure therapy to decrease alcohol craving in virtual environment. *Cyberpsychol Behav.* oct 2007;10(5):617-23.
92. Litz BT, Engel CC, Bryant RA, Papa A. A Randomized, Controlled Proof-of-Concept Trial of an Internet-Based, Therapist-Assisted Self-Management Treatment for Posttraumatic Stress Disorder. *AJP.* 1 nov 2007;164(11):1676-84.
93. Louville Patrice, Salmona Muriel. Clinique du psychotraumatisme. *Santé mentale.* 2013;176:30-3.
94. Luborsky L, Barber JP, Siqueland L, Johnson S, Najavits LM, Frank A, et al. The Revised Helping Alliance Questionnaire (HAQ-II). *J Psychother Pract Res.* 1996;5(3):260-71.
95. Lyadurai L, Blackwell SE, Meiser-Stedman R, Watson PC, Bonsall MB, Geddes JR, et al. Preventing intrusive memories after trauma via a brief intervention involving Tetris computer

game play in the emergency department: a proof-of-concept randomized controlled trial. *Molecular Psychiatry*. mars 2018;23(3):674-82.

96. Malbos E, Boyer L, Lançon C. L'utilisation de la réalité virtuelle dans le traitement des troubles mentaux. /data/revues/07554982/v42i11/S0755498213005629/ [Internet]. 6 déc 2013.

97. Marmar CR, Weiss DS, Metzler TJ. The Peritraumatic Dissociative Experiences Questionnaire. In: *Assessing psychological trauma and PTSD*. New York, NY, US: Guilford Press; 1997. p. 412-28.

98. Massé G, Frappier A, Kannas S. Plaidoyer pour la naissance d'une télépsychiatrie française, An appeal for the birth of French telepsychiatry. *L'information psychiatrique*. 2006;me 82(10):801-10.

99. McGaugh JL. The amygdala modulates the consolidation of memories of emotionally arousing experiences. *Annu Rev Neurosci*. 2004;27:1-28.

100. McLay RN, Wood DP, Webb-Murphy JA, Spira JL, Wiederhold MD, Pyne JM, et al. A randomized, controlled trial of virtual reality-graded exposure therapy for post-traumatic stress disorder in active duty service members with combat-related post-traumatic stress disorder. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. avr 2011;14(4):223-9.

101. Ministère des Affaires sociales et de la Santé. Stratégie nationale e-santé 2020. Le numérique au service de la modernisation et de l'efficacité du système de santé. http://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/strategie_e-sante_2020.pdf.

102. Morland LA, Hynes AK, Mackintosh M-A, Resick PA, Chard KM. Group cognitive processing therapy delivered to veterans via telehealth: a pilot cohort. *J Trauma Stress*. août 2011;24(4):465-9.

103. Morland LA, Mackintosh M-A, Greene CJ, Rosen CS, Chard KM, Resick P, et al. Cognitive processing therapy for posttraumatic stress disorder delivered to rural veterans via telemental health: a randomized noninferiority clinical trial. *J Clin Psychiatry*. mai 2014;75(5):470-6.

104. Morland LA, Pierce K, Wong MY. Telemedicine and coping skills groups for Pacific Island veterans with post-traumatic stress disorder: a pilot study. *J Telemed Telecare*. 2004;10(5):286-9.

105. Morland L, Ruzek J, Rosen C. Technology and PTSD Care: An Update. 2015;26(2):10.

106. Najavits LM. The problem of dropout from "gold standard" PTSD therapies. *F1000Prime Rep* [Internet]. 2 avr 2015.

107. Nicholls PJ, Abraham K, Connor KM, Ross J, Davidson JRT, Anxiety Disorders Association of America. Trauma and posttraumatic stress in users of the Anxiety Disorders Association of America Web site. *Compr Psychiatry*. févr 2006;47(1):30-4.

108. North MM, North SM, Coble JR. Virtual reality therapy: an effective treatment for psychological disorders. *Stud Health Technol Inform*. 1997;44:59-70.

109. Nutt DJ. The psychobiology of posttraumatic stress disorder. *J Clin Psychiatry*. 2000;61 Suppl 5:24-9; discussion 30-32.

110. OMS. A health telematics policy in support of WHO's Health-for-all strategy for global health development : report of the WHO Group Consultation on Health Telematics, 11-16 December, Geneva, 1997. Disponible sur: <http://www.who.int/iris/handle/10665/63857>).
111. Organisation mondiale de la Santé et Haut-Commissariat des Nations unies pour les réfugiés. Évaluation et prise en charge des affections spécifiquement liées au stress : module Guide d'intervention mhGAP (version 1.0). Genève : OMS, 2013.
112. Oppenheim H. Die traumatischen Neurosen, nach den in der Nervenlinik der Charité in den letzten 5 Jahren gesammelten Beobachtungen. Hirschwald; 1889.
113. Pennebaker JW, Beall SK. Confronting a traumatic event: toward an understanding of inhibition and disease. *J Abnorm Psychol.* août 1986;95(3):274-81.
114. Peterson CB, Hamilton C, Hasvold P. From innovation to implementation: eHealth in the WHO European region. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe; 2016. 98p.
115. Phelps EA, LeDoux JE. Contributions of the amygdala to emotion processing: from animal models to human behavior. *Neuron.* 20 oct 2005;48(2):175-87.
116. Philip P, Micoulaud-Franchi J-A, Sagaspe P, Sevin ED, Olive J, Bioulac S, et al. Virtual human as a new diagnostic tool, a proof of concept study in the field of major depressive disorders. *Scientific Reports.* 16 févr 2017;7:42656.
115. Phelps EA, LeDoux JE. Contributions of the amygdala to emotion processing: from animal models to human behavior. *Neuron.* 20 oct 2005;48(2):175-87.
117. Pietrzak RH, Johnson DC, Goldstein MB, Malley JC, Southwick SM. Perceived Stigma and Barriers to Mental Health Care Utilization Among OEF-OIF Veterans. *PS.* 1 août 2009;60(8):1118-22.
118. Pitman RK, Rasmusson AM, Koenen KC, Shin LM, Orr SP, Gilbertson MW, et al. Biological studies of post-traumatic stress disorder. *Nat Rev Neurosci.* nov 2012;13(11):769-87
119. Price M, van Stolk-Cooke K, Ward HL, O'Keefe M, Gratton J, Skalka C, et al. Tracking post-trauma psychopathology using mobile applications: A usability study. *J Technol Behav Sci.* mars 2017;2(1):41-8.
120. Radloff LS. The CES-D Scale: A Self-Report Depression Scale for Research in the General Population. *Applied Psychological Measurement.* 1 juin 1977;1(3):385-401.
121. Ready DJ, Pollack S, Rothbaum BO, Alarcon RD. Virtual Reality Exposure for Veterans with Posttraumatic Stress Disorder. *Journal of Aggression, Maltreatment & Trauma.* 1 mai 2006;12(1-2):199-220.
122. Ready DJ, Gerardi RJ, Backscheider AG, Mascaro N, Rothbaum BO. Comparing virtual reality exposure therapy to present-centered therapy with 11 U.S. Vietnam veterans with PTSD. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* févr 2010;13(1):49-54.
123. Reger GM, Hoffman J, Riggs D, Rothbaum BO, Ruzek J, Holloway KM, et al. The « PE coach » smartphone application: an innovative approach to improving implementation, fidelity, and homework adherence during prolonged exposure. *Psychol Serv.* août 2013;10(3):342-9.

124. Reger GM, Holloway KM, Candy C, Rothbaum BO, Difede J, Rizzo AA, et al. Effectiveness of virtual reality exposure therapy for active duty soldiers in a military mental health clinic. *J Trauma Stress*. févr 2011;24(1):93-6.
125. Resick PA, Schnicke MK. Cognitive processing therapy for sexual assault victims. *J Consult Clin Psychol*. oct 1992;60(5):748-56.
126. Richardson LK, Frueh BC, Grubaugh AL, Egede L, Elhai JD. Current Directions in Videoconferencing Tele-Mental Health Research. *Clin Psychol (New York)*. 1 sept 2009;16(3):323-38.
127. Riva G, Wiederhold BK. Introduction to the special issue on virtual reality environments in behavioral sciences. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*. sept 2002;6(3):193-7.
128. Rizzo AA, Difede J, Rothbaum BO, Johnston S, McLay RN, Reger G, et al. VR PTSD exposure therapy results with active duty OIF/OEF combatants. *Stud Health Technol Inform*. 2009;142:277-82.
129. Rizzo AA, Graap K, Mclay RN, Perlman K, Rothbaum BO, Reger G, et al. Virtual Iraq: Initial Case Reports from a VR Exposure Therapy Application for Combat-Related Post Traumatic Stress Disorder. In *IEEE*; 2007. p. 124-30. Disponible sur: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4362152/>.
130. Rizzo AA, Lange B, Buckwalter JG, Forbell E, Kim J, Sagae K, et al. An intelligent virtual human system for providing healthcare information and support. *Stud Health Technol Inform*. 2011;163:503-9.
131. Rizzo A, Kenny P, Parsons TD. Intelligent Virtual Patients for Training Clinical Skills. *JVRB [Internet]*. 24 févr 2011;8(2011)(3).
132. Rizzo AS, Difede J, Rothbaum BO, Reger G, Spitalnick J, Cukor J, et al. Development and early evaluation of the Virtual Iraq/Afghanistan exposure therapy system for combat-related PTSD. *Ann N Y Acad Sci*. oct 2010;1208:114-25.
133. Rothbaum BO, Hodges L, Alarcon R, Ready D, Shahar F, Graap K, et al. Virtual reality exposure therapy for PTSD Vietnam Veterans: a case study. *J Trauma Stress*. avr 1999;12(2):263-71.
134. Rothbaum BO, Hodges LF, Ready D, Graap K, Alarcon RD. Virtual reality exposure therapy for Vietnam veterans with posttraumatic stress disorder. *J Clin Psychiatry*. août 2001;62(8):617-22.
135. Roy MJ, Taylor P, Runge W, Grigsby E, Woolley M, Torgeson T. Web-based post-traumatic stress disorder education for military family members. *Mil Med*. mars 2012;177(3):284-90.
136. Russell and Norvig, *Artificial Intelligence : A Modern Approach*, third edition. Prentice Hall, 2002.
137. Sadler AG, Mengeling MA, Torner JC, Smith JL, Franciscus CL, Erschens HJ, et al. Feasibility and desirability of web-based mental health screening and individualized education for female OEF/OIF reserve and national guard war veterans. *J Trauma Stress*. juin 2013;26(3):401-4.

138. Salmona M. Les conséquences psychotraumatiques des violences: mécanismes neurobiologiques. Paris: L'Harmattan; 2010 ;
139. Schnurr PP, Friedman MJ, Lavori PW, Hsieh FY. Design of Department of Veterans Affairs Cooperative Study no. 420: group treatment of posttraumatic stress disorder. *Control Clin Trials*. févr 2001;22(1):74-88.
140. Sheehan DV, Lecrubier Y, Sheehan KH, Amorim P, Janavs J, Weiller E, et al. The Mini-International Neuropsychiatric Interview (M.I.N.I.): the development and validation of a structured diagnostic psychiatric interview for DSM-IV and ICD-10. *J Clin Psychiatry*. 1998;59 Suppl 20:22-33;quiz 34-57.
141. Shore JH. Telepsychiatry: videoconferencing in the delivery of psychiatric care. *Am J Psychiatry*. mars 2013;170(3):256-62.
142. Spitzer RL, Williams JB, Gibbon M, First MB. The Structured Clinical Interview for DSM-III-R (SCID). I: History, rationale, and description. *Arch Gen Psychiatry*. août 1992;49(8):624-9.
143. Squire LR. Memory systems of the brain: a brief history and current perspective. *Neurobiol Learn Mem*. nov 2004;82(3):171-7.
144. Stein MB, McQuaid JR, Pedrelli P, Lenox R, McCahill ME. Posttraumatic stress disorder in the primary care medical setting. *Gen Hosp Psychiatry*. août 2000;22(4):261-9.
145. Terr LC. Childhood traumas: an outline and overview. *Am J Psychiatry*. janv 1991;148(1):10-20.
146. Tuerk PW, Yoder M, Ruggiero KJ, Gros DF, Acierno R. A pilot study of prolonged exposure therapy for posttraumatic stress disorder delivered via telehealth technology. *J Trauma Stress*. févr 2010;23(1):116-23.
147. Turing. *Collected Works of A. M. Turing, volume Mechanical Intelligence*, ed. Darrel Ince, ISBN 978-0-444-88058-1.
148. Vaiva G, Jehel L, Cottencin O, Ducrocq F, Duchet C, Omnes C, et al. Prévalence des troubles psychotraumatiques en France métropolitaine. *L'Encéphale*. 1 déc 2008;34(6):577-83.
149. Weiss DS, Marmar CR. The Impact of Event Scale—Revised. In: *Assessing psychological trauma and PTSD*. New York, NY, US: Guilford Press; 1997. p. 399-411.
150. Weizenbaum J. ELIZA—a Computer Program for the Study of Natural Language Communication Between Man and Machine. *Commun ACM*. janv 1966;9(1):36–45.
151. Wilson JAB, Onorati K, Mishkind M, Reger MA, Gahm GA. Soldier attitudes about technology-based approaches to mental health care. *Cyberpsychol Behav*. déc 2008;11(6):767-9.
152. Witmer BG, Singer MJ. Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 1 juin 1998;7(3):225-40.
153. Weathers, F., Litz, B., Herman, D., Huska, J., & Keane, T. (October 1993). The PTSD Checklist (PCL): Reliability, Validity, and Diagnostic Utility.

154. Weathers, F. W., Blake, D. D., Schnurr, P. P., Kaloupek, D. G., Marx, B. P., & Keane, T. M. (2013). The Life Events Checklist for DSM-5 (LEC-5) – Standard. [Measurement instrument]. Available from <http://www.ptsd.va.gov/>.
155. Wolpe, Joseph (1969), *The Practice of Behavior Therapy*, New York: Pergamon Press, ISBN 0080065635.
156. Wood DP, Murphy J, McLay R, Koffman R, Spira J, Obrecht RE, et al. Cost effectiveness of virtual reality graded exposure therapy with physiological monitoring for the treatment of combat related post traumatic stress disorder. *Stud Health Technol Inform*. 2009;144:223-9.

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité.

Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés.

Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances.

Je ne prolongerai pas abusivement les agonies.

Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission.

Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences.

Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque.

