Apprendre en s'amusant ou s'amuser en apprenant : évaluation d'un *serious game* pour l'enseignement du sauvetage au combat dans les armées

A. Vacher[a], J. Planchon[b], L. Bourgeon[a], F. Darses[a], C. Pot[c], J. Comblet[d], P. Pasquier[b]

a Unité sécurité, Département action et cognition en situation opérationnelle, Institut de recherche biomédicale des armées, BP 73 – 91223 Brétigny sur Orge Cedex.
b Département d'anesthésie-réanimation, Hôpital d'instruction des armées Percy, BP 406 – 92141 Clamart Cedex.
c Cellule d'instruction au secourisme militaire, 121e régiment du train, BP 60068 – 91315 Montlhéry.
d Centre médical des armées de Montlhéry, Route de Limours – 91310 Montlhéry.

Résumé

Les *serious games* sont des applications informatiques qui reprennent les attributs des jeux vidéo mais dont la finalité d'utilisation dépasse la seule dimension du divertissement. Leur usage croissant dans l'éducation et en santé fait de ce support pédagogique un dispositif d'intérêt pour l'enseignement du sauvetage au combat de niveau 1, premier maillon essentiel de la chaîne de survie du blessé de guerre. Notre étude randomisée conduite au sein du 121e Régiment du Train de Montlhéry a eu pour but d'évaluer l'efficacité du *serious game* 3D-SC1® comme support de formation complémentaire au sauvetage au combat de niveau 1. La performance de sauvetage au combat de deux groupes de participants a été comparée, lors d'une séance de simulation, avant et après le suivi d'une formation complémentaire : *serious game* 3D-SC1® pour le groupe Intervention (n = 50) et DVD pour le groupe Témoin (n = 39). La performance de sauvetage au combat s'est améliorée dans les deux groupes entre les deux mesures (p <°0,00001). Après formation complémentaire, cette performance était significativement plus élevée dans le groupe Intervention que dans le groupe Témoin (p <°0,001). Cette étude a confirmé l'intérêt du *serious game* 3D-SC1® comme support de formation complémentaire à l'enseignement du sauvetage au combat de niveau 1.

Mots-clés : Entraînement. Formation. Jeux sérieux. Sauvetage au combat. Simulation.

Abstract

LEARNING WHILE HAVING FUN OR HAVING FUN WHILE LEARNING: THE EVALUATION OF A SERIOUS GAME FOR TACTICAL COMBAT CASUALTY CARE TRAINING.

While *serious games* are computer applications that take on the attributes of video games, their purpose goes beyond entertainment. Their increasing use in education and health makes this educational medium a device of interest to teach level 1 tactical combat casualty care. The purpose of our study was to evaluate the efficiency of the 3D-SC1® *serious game* as an additional training tool for level 1 tactical combat casualty care. We conducted a randomized study in the *12e Régiment du Train* (Montlhéry, France) during the first semester of 2016. We compared the tactical combat casualty care performance of two groups of participants, evaluated on a low fidelity patient mannikin, before and after having attended an additional training by *serious game* 3D-SC1® for the Intervention group (n = 50) and by DVD for the Control group (n = 39). Additional tactical combat casualty care performance improved in both groups (p <°0.00001) and was significantly higher in the Intervention group than in the Control group (p <°0.001). This study confirms the pedagogical benefits of the 3D-SC1® *serious game* as an additional training tool to teach level 1 tactical combat casualty care.

Keywords: Education. Serious games. Simulation. Tactical Combat Casualty Care.Training.

Introduction

Près de 90 % des blessés au combat meurent dans les premières minutes qui suivent leurs blessures, avant même d'avoir atteint de la première structure de soins de l'avant (Unité médicale opérationnelle, UMO) (1). Environ un quart de ces décès – dont la plupart sont en lien avec des hémorragies des membres – pourrait être évité par la réalisation de gestes de sauvetage

A. VACHER, médecin en chef, praticien certifié. J. PLANCHON, médecin principal (TA), praticien confirmé. L. BOURGEON, capitaine, docteur en psychologie ergonomique. F. DARSES, professeur des universités en psychologie ergonomique, chef du département ACSO. C. POT, adjudant-chef, instructeur secourisme et sauvetage au combat de niveau 1. J. COMBLET, médecin principal, praticien des armées. P. PASQUIER, médecin en chef, praticien certifié.
Correspondance : Monsieur le médecin en chef A. VACHER, Institut de recherche biomédicale des armées, BP 73 – 91223 Brétigny sur Orge Cedex.
E-mail : anthony1.vacher@intradef.gouv.fr

compatibles avec les contraintes de l'environnement de combat (1, 2). Dans ce contexte, la préparation opérationnelle des militaires au Sauvetage au combat de niveau 1 (SC1) – un standard de soins conçu spécifiquement pour être appliqué en zone de combat par tout militaire afin d'assurer la mise en condition de survie du blessé de guerre jusqu'à sa prise en charge par une UMO – représente un enjeu majeur pour les armées.

En France, l'enseignement du SC1 est dispensé par les cellules d'instruction au secourisme militaire des régiments, selon un référentiel validé par l'École du Val-de-Grâce (EVDG) (3). Cet enseignement comporte une formation initiale qui se déroule avant tout premier déploiement opérationnel et une formation récurrente de périodicité annuelle. Les formations initiales (8 heures) sont organisées en présentiel par groupes de 8 à 10 militaires. Elles associent des cours et des démonstrations (4 heures) ainsi que des mises en situation (4 heures). Les formations récurrentes (4 heures) peuvent être dispensées, soit en présentiel selon un format proche de la formation initiale, soit s'appuyer sur des supports audiovisuels tels que le DVD d'enseignement du SC1 conçu conjointement par le Commandement des forces terrestres, le Centre nationale de production d'images de Lyon et le Service de santé des armées (SSA). Le retour d'expérience montre que les formations récurrentes en présentiel peuvent être coûteuses en temps et en ressources pour les unités. Le plus souvent, il est difficile d'obtenir une disponibilité synchrone d'un maximum de participants et des instructeurs. Quant aux formations par DVD, elles sont limitées par leur manque d'interactivité, l'apprenant étant plutôt passif, soumis au déroulement de la séquence vidéo.

L'essor des serious games *dans le domaine de l'enseignement*

Les *Serious Games* (SG) sont « des applications développées à partir des technologies avancées du jeu vidéo, faisant appel aux mêmes approches de design et savoir-faire que le jeu classique (3D temps réel, simulation d'objets, d'individus, d'environnements,…) mais qui dépassent la seule dimension du divertissement » (4). L'utilisation des SG, développés à partir d'un processus de *gamification*, peut poursuivre des finalités multiples comme le marketing, la production, l'éducation, la qualité, la santé, ou encore le développement durable (5). Dans le domaine de l'enseignement, les SG peuvent être intégrés aux programmes de formation et d'entraînement (6). Leur usage est sous-tendu par l'hypothèse qu'utiliser des éléments de design des jeux vidéo permettrait à l'apprenant de transformer positivement son expérience d'apprentissage et sa relation au travail, notamment grâce à leur caractère ludique, engageant et motivant (7). Comme les autres moyens de simulation, les SG autorisent un mode d'apprentissage par essais et par erreurs, ce qui accroît leur intérêt dans les secteurs d'activité à risques. Ils offrent également une grande flexibilité d'utilisation (fréquence, lieu, niveau d'expertise et rythme d'acquisition des connaissances de l'apprenant), ce qui améliorerait la qualité de la formation dispensée à une population cible plus large et à un moindre coût (8). Les SG permettent également à l'organisme de formation de contrôler le contenu de la formation dispensée, notamment sa conformité aux recommandations professionnelles, et de suivre la progression des apprenants. Enfin, avec le développement de versions multi-joueurs, les SG deviennent un support pertinent pour le développement et l'entraînement des compétences non-techniques au sein des équipes professionnelles (9, 10).

Ces nombreux avantages ont conduit à un essor des SG en santé, où leur utilisation concerne désormais de nombreuses spécialités comme la traumatologie, la chirurgie, l'anesthésie, la médecine d'urgence, la gynécologie-obstétrique et même l'éducation thérapeutique des patients (11-15). Les SG pourraient donc être des supports de formation innovants et complémentaires à ceux existants pour l'apprentissage du SC1.

Le serious game *3D-SC1®*

En 2014, la Mission pour l'innovation participative de la Défense et le Service de santé des armées ont soutenu le développement d'un SG nommé 3D-SC1® destiné à compléter la formation au SC1 des combattants (16). Ce développement a été confié à une société spécialisée dans le développement de SG en santé (Medusims™). Le processus de conception a impliqué un groupe d'experts comprenant des membres du comité opérationnel d'enseignement du SC ainsi que des militaires et des médecins des forces ayant une expérience significative de déploiement en zone de combat.

Le SG 3D-SC1® est utilisable en mode mono-joueur sur ordinateur PC. Il s'adresse à tout personnel militaire concerné par le SC1. Les objectifs pédagogiques à atteindre ont été définis conformément aux recommandations nationales de SC. Dans le scénario développé, l'apprenant incarne un soldat d'une patrouille à pied, en zone désertique et hostile, impliquée dans une attaque par explosion d'un engin explosif improvisé lors du passage des premiers soldats (fig. 1). Le bilan de cette attaque retrouve un soldat mourant, un soldat légèrement étourdi, et un troisième soldat blessé grave, avec une amputation traumatique de la jambe.



Figure 1. Environnement proposé par 3D-SC1® – Capture d'écran. ©SSA/IRBA.

L'apprenant doit faire exécuter par son avatar, la séquence d'actions de SC1 qu'il a appris lors de sa formation, et cela le plus rapidement possible (fig. 2).



Figure 2. Exemple de choix de gestes proposés à l'apprenant – Capture d'écran 3D-SC1® – ©SSA/IRBA.

Une attention particulière a été portée à la qualité des gestes réalisés par l'avatar, grâce à l'utilisation de la technologie motion capture qui a permis de restituer les mouvements et les postures des experts qui réalisaient les gestes de SC1 (fig. 3).



Figure 3. Pose d'un garrot tactique par l'avatar. – Capture d'écran 3D-SC1® – ©SSA/IRBA.

Le processus de *gamification* de 3D-SC1® a compris : i) la conception d'une interface qui reprend les codes du jeu vidéo et incite le joueur à atteindre les objectifs pédagogiques fixés, ii) l'élaboration d'une grille de performance qui permet le calcul d'un score de SC1 et la personnalisation du débriefing par un instructeur virtuel, iii) l'attribution d'une récompense (médaille) selon le score obtenu et le temps total mis pour réaliser les gestes de SC, et iv) deux niveaux de difficultés (débutant et avancé).

Problématique et hypothèses

Dans le domaine de la santé, les connaissances sur l'utilité et l'efficacité des SG demeurent encore parcellaires et limitées (8). Peu d'études ont exploré la capacité des SG à permettre un transfert des connaissances acquises par les apprenants lors des formations aux situations de travail réelles ou simulées (17). Ainsi, avant le déploiement du SG 3D-SC1® et son enrichissement par de nouveaux scénarios pédagogiques, la Direction centrale du service de santé des armées a demandé à ce qu'une étude soit conduite pour évaluer la plus-value pédagogique de ce nouveau support de formation (18).

L'objectif principal de notre étude a donc été d'évaluer l'efficacité de 3D-SC1® comme support de formation complémentaire à l'apprentissage du SC1. Son objectif secondaire a été d'explorer l'acceptabilité de nouveau support. Nous avons fait l'hypothèse que 3D-SC1® serait un support de formation plus efficace et mieux accepté par les apprenants que le support audiovisuel classique (DVD).

Méthodologie

Type d'étude

Nous avons conduit une étude expérimentale prospective, randomisée, en deux groupes parallèles (Témoin et Intervention), comprenant deux mesures de la performance de SC1 en environnement de combat tactique simulé. Une première mesure était réalisée avant (Mesure 1) et une seconde après (Mesure 2) le suivi d'une formation complémentaire au SC1. Le support de formation était le DVD d'enseignement du SC1 pour le groupe Témoin et le SG 3D-SC1® pour le groupe Intervention. Le recueil des données s'est déroulé entre le 1er janvier et le 13 juillet 2016. L'étude a reçu l'avis favorable du Comité d'évaluation éthique de l'INSERM (avis INSERM/IRB00003888 du 8 décembre 2015).

Participants

Les participants étaient des militaires du 121e Régiment du Train (RT) de Montlhéry, recrutés à l'issue de leur formation initiale au SC1. Celle-ci était organisée dans le cadre de la préparation opérationnelle du régiment qui se déroulait du 1er janvier au 1er juillet 2016.

Les critères d'inclusion étaient : i) avoir suivi la formation initiale au SC1 pendant la période de l'étude et, ii) ne pas avoir de contraintes opérationnelles empêchant la présence aux séances de formation complémentaire ou lors de la Mesure 2. Les critères d'exclusion étaient : i) un âge inférieur à 18 ans, ii) l'appartenance à une spécialité soignante (professions médicales, paramédicales, sauveteurs au combat de niveau 2), et iii) être inapte aux opérations intérieures et extérieures ou non à jour de son instruction au tir de combat.

Protocole expérimental et intervention (fig. 4)

Évaluation de la performance de SC1 avant formation complémentaire

Après chaque session de formation initiale, la première mesure de la performance de SC1 était réalisée par un binôme d'évaluateurs constitué d'un médecin et d'un instructeur de secourisme militaire (Mesure 1). Ce binôme n'avait pas participé à la formation des

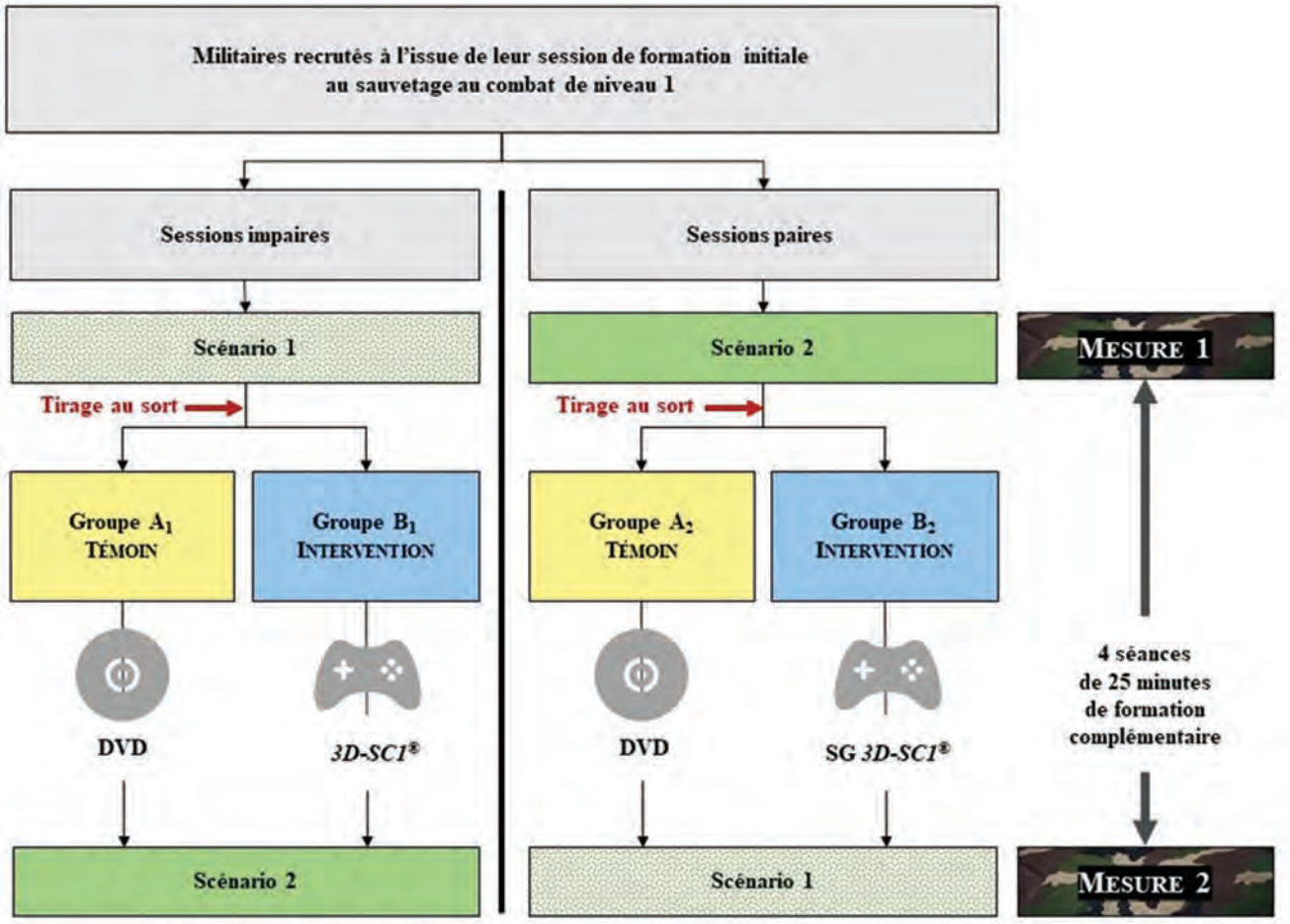


Figure 4. Protocole expérimental.

participants et n'était pas informé de leur groupe d'appartenance. L'évaluation consistait en une mise en situation sur mannequin simulateur patient basse fidélité (Dumont Sécurité™, Ambérieux en Bugey, France) sur un premier scénario de SC1, en environnement de combat tactique simulé (fig. 5). Les participants portaient leurs équipements de combat et une trousse individuelle du combattant d'exercice fournie par la Direction des approvisionnements en produits de santé des armées (DAPSA). L'évaluation a été réalisée à partir d'une grille d'évaluation et d'un score attribué à chaque participant et qui constituait le critère de jugement principal.



Figure 5. Évaluation de la performance de sauvetage au combat. – © SSA/IRBA.

Les deux scénarii conçus pour l'étude correspondaient à deux situations où la réalisation des gestes de SC1 était indispensable pour assurer la survie du blessé jusqu'à l'arrivée des secours médicalisés ; à savoir, une plaie par balle hémorragique d'un membre inférieur pour le Scénario 1 et une amputation d'un membre inférieur avec blast pulmonaire suite à un tir de roquette pour le Scénario 2. La séquence de gestes de SC1 à mettre en œuvre face aux deux scénarios était enseignée aussi bien dans le DVD que dans 3D-SC1®.

La grille d'évaluation de la performance comportant huit items a été conçue pour chaque scénario à partir du référentiel de SC édité par l'EVDG (tab. I).

La performance de SC1 correspondait à la somme obtenue par le participant pour les huit items, soit un score total sur une échelle de 16 points. Les scénarii et leur grille d'évaluation ont été validés par 5 experts (3 médecins et 2 instructeurs de secourisme militaires) et au cours d'une étude pilote (19). De façon à contrebalancer un effet lié l'ordre de passation des scénarios, les participants des sessions impaires (sous-

Tableau I. Grille d'évaluation de la performance de sauvetage au combat pour les deux scénarios de l'étude.

Critère de performance de SC1	Action		
	Non réalisée	Réalisation partielle	Réalisation complète
1. Réaliser un dégagement d'urgence de la victime en zone sûre après avoir évalué la dangerosité de la situation	0	1	2
2. Poser un garrot tactique	0	1	2
3. Déséquiper le blessé et vérifier l'absence d'autres lésions	0	1	2
4. Injecter la syrette de morphine	0	1	2
5. Placer la victime en position d'attente	0	1	2
6. Transmettre un compte rendu sur l'état de la victime et les gestes réalisés	0	1	2
7. Tracer l'heure de pose du garrot et d'injection de la morphine	0	1	2
8. Ordonnancer correctement la séquence des gestes de SC1	0	1	2
Total	/16		

groupes A1 et B1) étaient évalués sur le Scénario 1 lors de la Mesure 1 puis sur le Scenario 2 lors de la Mesure 2, et inversement pour les participants des sessions paires (Scénario 2 puis Scénario 1).

Intervention

À l'issue de la Mesure 1, les participants étaient répartis aléatoirement au sein de l'un des deux groupes (Témoin ou Intervention) et bénéficiaient chacun de 4 séances de 25 minutes de formation complémentaire durant les 14 jours suivant la formation initiale. Celles-ci se déroulaient sous la forme de sessions de 8 à 10 militaires et dans des conditions identiques pour les deux groupes : même salle informatique, participant face à un ordinateur, pas d'interactions entre les participants. Le support de formation était le SG 3D-SC1® pour le groupe Intervention et le DVD d'enseignement du SC1 co-produit par l'EVDG et le CeFOS pour le groupe Témoin. Ce DVD, d'une durée de 25 minutes, comportait une succession de séquences vidéo, chacune alternant une présentation de la situation de SC et une mise en situation (dégagement d'urgence, gestion d'une hémorragie, usage de la syrette de morphine, etc.).

Évaluation de la performance de SC1 après formation complémentaire

À l'issue de la période de quatorze jours, une seconde mesure de la performance de SC1 était réalisée dans les mêmes conditions que la Mesure 1, avec un second scénario de SC1 (Mesure 2).

Acceptabilité des supports de formation

À l'issue de la Mesure 2, chaque participant a complété une adaptation du questionnaire d'acceptation d'une nouvelle technologie dans laquelle il exprimait son degré d'accord avec 21 affirmations sur une échelle de Likert (20).

Nombre de participants nécessaires

Le nombre de participants nécessaires a été établi à partir des résultats de l'étude pilote et sur la capacité de l'étude à mettre en évidence la différence pertinente d'un point entre le score moyen du groupe Témoin et celui du groupe Intervention. Ainsi, au risque α de 5 % et avec une puissance (1-β) de 90 %, le nombre de participants nécessaire a été estimé à environ 120 (soit 60 par groupe).

Analyse des données

Les caractéristiques des participants ont été présentées sous la forme de leur Moyenne (Moy) et de leur Écart-type (ET) pour les variables quantitatives et d'une proportion pour les variables catégorielles. La performance de SC1 des deux groupes lors des deux mesures est présentée sous la forme d'une Médiane (Mdn) et d'un Écart interquartile (EI). Un test de Wilcoxon pour données appariées a été utilisé pour comparer les scores médians de SC1 obtenu par chaque groupe, avant (Mesure 1) et après formation complémentaire (Mesure 2). Un test non paramétrique bilatéral de Wilcoxon – Mann – Whitney a été utilisé pour comparer le score médian de SC1 du groupe Témoin et du groupe Intervention pour la Mesure 1 et pour la Mesure 2.

Un test du chi deux bilatéral a comparé la proportion de participants en accord avec les items du questionnaire d'acceptation d'une nouvelle technologie entre les deux groupes. Le seuil de significativité des tests statistiques a été fixé à 5 %. L'analyse a été réalisée avec le logiciel Stata (STATA for Windows. Version 12.1: StataCorp, 2012).

Résultats

Caractéristiques des participants

La figure 6 présente le flux des participants au cours de l'étude. Cinq cent soixante-trois militaires du 121e RT ont bénéficié d'une formation initiale au SC1 durant la période de l'étude. Quatre cent soixante-sept d'entre eux n'ont pas été inclus dont 460 au motif de leur indisponibilité pour raisons opérationnelles dans les 15 jours suivant la formation initiale (opération Sentinelle en cours) et sept qui n'ont pas souhaité participer. Au total, 96 participants ont été inclus. Sept d'entre eux ont été perdus de vue (quatre dans le groupe Témoin et trois dans le groupe Intervention) ; tous étant des cadres de proximité.

L'échantillon de participants inclus dans l'analyse (n = 89) était constitué de 6 femmes et 83 hommes.

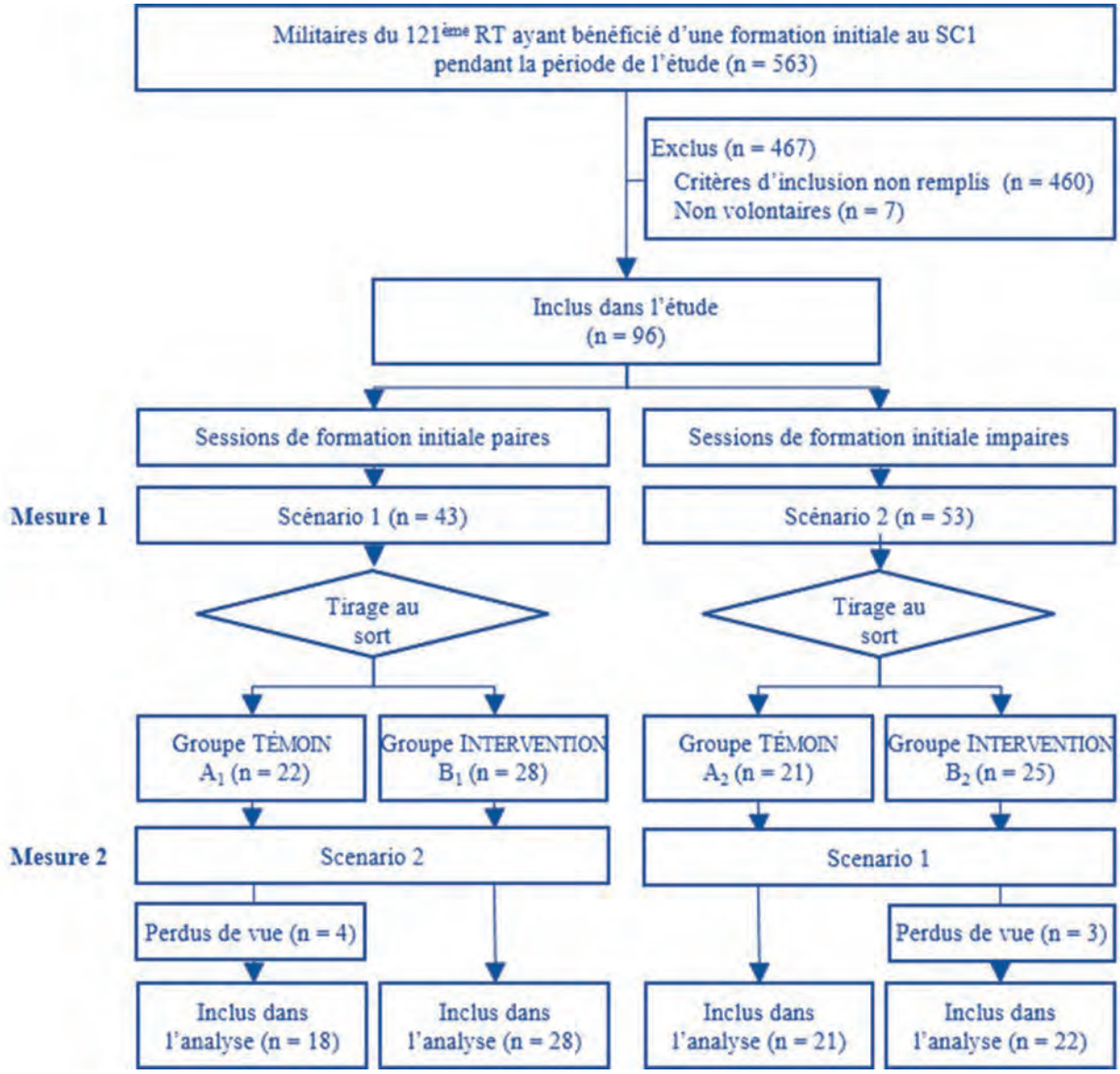


Figure 6. Diagramme du flux des participants.

Il s'agissait d'adultes jeunes, d'âge moyen 22 ans (ET = 3,1). Majoritairement de grade soldat (94,4 %), ayant moins d'un an d'ancienneté (88,8 %) et utilisateurs réguliers de jeux vidéo (Moy = 7,8 heures/semaine ; ET = 11,3). Ces caractéristiques ne différaient pas entre le groupe Témoin (n = 39) et le groupe Intervention (n = 50) (tab. II).

Performance de SC1 avant formation complémentaire

Lors de la Mesure 1, les scores médians de SC1 du groupe Témoin (Mdn = 10 ; [ET] = 5) et du groupe Intervention (Mdn = 11 ; ET = 4) ne présentaient pas de différence statistiquement significative (p = 0,38).

Effet d'une formation complémentaire sur la performance de SC1

Pour les deux groupes, la performance de SC1 était significativement plus élevée lors de la Mesure 2 que lors de la Mesure 1 (p < 0,00001), avec un score médian qui évoluait de 10 (EI = 5) à 12 (EI = 2) pour le groupe Témoin et de 11 (EI = 4) à 14 (EI = 1) pour le groupe Intervention, lors de la Mesure 1 et de la Mesure 2 respectivement.

Effet du support de formation complémentaire sur la performance de SC1

Lors de la Mesure 2, la performance de SC1 était significativement plus élevée (p < 0,001) dans le groupe

Tableau II. Caractéristiques des participants.

Caractéristiques	Total (n = 89)	Groupe Témoin (n = 39)	Groupe Intervention (n = 50)	*p*
-Âge (Moy, ET)	21,8 (3,1)	22,0±3,7	21,6±2,6	0,57
Genre (homme/femme) (n, %)	83(93,3)/6(6,7)	37(94,9)/2(5,1)	46(92,0)/4(8,0)	0,59
Ancienneté (n, %)				0,79
< 1 an	79 (88,8)	35 (89,7)	44 (88,0)	
≥1 an	10 (11,2)	4 (10,3)	6 (12,0)	
Grade (n, %)				0,42
Soldat	86 (96,6)	37 (94,9)	49 (98,0)	
Sous-officier	3 (3,4)	2 (5,1)	1 (2,0)	
Jeux vidéo (heures/semaine) (Moy, ET)	7,8 (11)	7,5 (9)	8,1 (14)	0,82

Moy : Moyenne ; ET : écart-type

Intervention (Mdn = 14 ; EI = 1) que dans le groupe Témoin (Mdn = 12 ; EI = 2). La performance de SC1 obtenue par chaque groupe lors de chacune des deux mesures est présentée dans la figure 7.

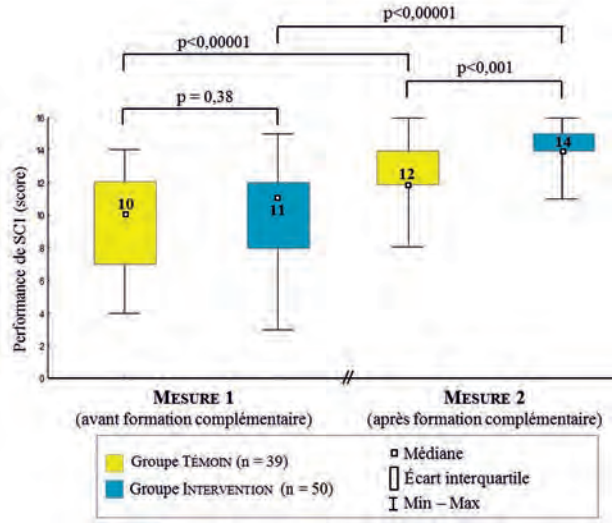


Figure 7. Scores de sauvetage au combat de niveau 1 (SC1) du groupe Témoin (n = 39) et du groupe Intervention (n = 50) lors de la mesure avant (Mesure 1) et après (Mesure 2) formation complémentaire au SC1.

Acceptabilité du support de formation complémentaire au SC1

Quel que soit le groupe, une grande majorité des participants a considéré le support de formation complémentaire utile pour l'enseignement du SC1 (95 % et 98 % pour le groupe Témoin et Intervention respectivement), facile d'utilisation (97 % et 95 % pour le groupe Témoin et Intervention respectivement) et permettant d'être plus performant au SC1 (97 % et 96 % pour le groupe Témoin et Intervention respectivement). La proportion de participants qui jugeaient le support divertissant était plus élevée (p < 0,0001) dans le groupe Intervention (94 %) que dans le groupe Témoin (64 %). De même, la proportion de participants qui prédisaient qu'ils utiliseraient le support de formation dans les 12 prochains mois était significativement plus élevée (p < 0,01) dans le groupe Intervention (84 %) que dans le groupe Témoin (59 %).

Discussion

Nos résultats montrent que la performance de SC1, évaluée lors d'une séance de simulation sur mannequin basse-fidélité en environnement de combat tactique simulé, s'améliore après le suivi d'une formation complémentaire au SC1, que le support soit le DVD d'enseignement du SC1 ou le SG 3D-SC1®. Nos résultats suggèrent également que cette performance est significativement plus élevée dans le groupe du SG 3D-SC1® que dans celui du DVD (Mesure 2). De plus, l'acceptabilité de 3D-SC1 par les apprenants semble plus importante que celle du support classique (DVD). Cette étude montre ainsi tout l'intérêt du SG 3D-SC1® comme support de formation complémentaire au SC1.

Une étude de Sotomayor (21) portant sur l'efficacité d'un SG destiné à l'enseignement de l'équivalent américain du SC (*Tactical Combat Casualty Care*) avait montré un bénéfice de ce support sur les deux premiers niveaux de l'échelle d'évaluation des formations de Kirkpatrick (22), à savoir la réaction des apprenants (via un questionnaire) et l'acquisition de savoirs (via des vignettes cliniques). Notre étude va plus loin, en suggérant une capacité d'un *serious game* à permettre un transfert des connaissances acquises lors de la formation (savoir) en savoir-faire (modification des attitudes et des comportements) lors de séances de simulation pleine échelle en environnement relativement écologique.

Plusieurs limites de cette étude doivent être mentionnées. La première est que le nombre de participants initialement prévu dans chaque groupe n'a pas été atteint avant la fin de la période de mise en condition opérationnelle du régiment, en raison d'un accroissement de l'activité de la cellule d'instruction au secourisme au profit d'unités participant au dispositif Sentinelle. Ces unités n'étaient pas disponibles dans

les 14 jours suivants la formation initiale. La deuxième est l'absence d'un groupe ne bénéficiant d'aucune formation complémentaire entre les deux mesures. Un tel groupe n'a pas pu être constitué pour les mêmes raisons conjoncturelles qui viennent d'être citées. Enfin, une troisième limite est liée au SG lui-même qui ne contient qu'un seul scénario de SC1 qui porte sur la cause la plus fréquente de décès évitable au combat (blessé hémorragique) et ne permet pas de généraliser les résultats à d'autres situations de SC.

Conclusion

Cette étude confirme l'intérêt pédagogique du SG 3D-SC1® comme support de formation complémentaire pour l'apprentissage du SC1. Il s'agit d'une solution technologique innovante, efficace, bien acceptée des apprenants et dont le coût de développement et de maintenance reste relativement modique au regard de sa grande flexibilité d'utilisation et de la large population cible qu'il peut atteindre. Le déploiement de 3D-SC1® au sein de l'ensemble des Armées permettrait de renforcer l'apprentissage du SC1, premier maillon qui concourt à la mise en condition de survie du blessé de guerre. Ce déploiement est d'ores et déjà effectif au sein des régiments de l'armée de Terre. De nouveaux scénarios de SC1 mériteraient d'être développés pour que 3D-SC1® puissent couvrir davantage de situations de SC rencontrées par les combattants en OPEX ; ces nouveaux scénarios faisant varier à la fois le contexte tactique (ambiance urbaine, nuit) et le type de blessures (plaie par balle, plaie thoracique soufflante, traumatisme crânien, brûlures, etc.). Enfin, les outils de simulation informatique étant utilisés de façon croissante par les forces (par exemple, logiciel Virtual Battlespace 3), il semble indispensable d'envisager l'intégration, ou au minimum l'interopérabilité, des SG d'enseignement du SC1 aux outils de simulation de missions, pour que cet enseignement soit dispensé au plus près du contexte des missions des militaires.

Remerciements : les auteurs remercient la Mission pour l'innovation participative pour son soutien au développement du *serious game* 3D-SC1® et le 121e Régiment du Train de Montlhéry pour sa participation à l'étude.

Les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt concernant les données présentées dans cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Eastridge BJ, Mabry RL, Seguin P, Cantrell J, Tops T, Uribe P, et al. Death on the battlefield (2001-2011): implications for the future of combat casualty care. J Trauma Acute Care Surg. 2012;73(6 Suppl 5):S431-7.
2. Kotwal RS, Montgomery HR, Kotwal BM, Champion HR, Butler FK, Jr., Mabry RL, et al. Eliminating preventable death on the battlefield. Arch Surg. 2011;146(12):1350-8.
3. École du Val-de-Grâce. Enseignement du Sauvetage au Combat dans le Service de santé des armées. Référentiel de formation enregistré sous le numéro – 0309 / EVDG/DPMO du 30 mars 2012. 2012.
4. Eduscol. Jeux sérieux et mondes virtuels. 2015 Eduscol Eds:Available from: http://eduscol.education.fr/numerique/dossier/apprendre/jeuxserieux.
5. Detering S, Dixon D, Khaled R, Nacke L, editors. From Game Design Element to Gamefulness: Defining "gamification". 15th International Academic MindTrek Conference; 2011; Tampere, Finland. New York, NY, USA: ACM.
6. Stokes B. Video games have changed: time to consider ''serious games''. Dev Educ. J. 2005;11:108.
7. Marache-Francisco C, Brangier É. Gamification and human-machine interaction: A synthesis. Trav Hum. 2015;78(2):165-89.
8. Graafland M, Dankbaar M, Mert A, Lagro J, De Wit-Zuurendonk L, Schuit S, et al. How to systematically assess serious games applied to health care. JMIR serious games. 2014;2(2):e11.
9. Graafland M, Schraagen JM, Schijven MP. Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. Br J Surg. 2012;99(10):1322-30.
10. Wendel V, Gutjahr M, Göbel S, Steinmetz R. Designing collaborative multiplayer serious games. Educ Inform Tech. 2013;18(2):287-308.
11. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, et al. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. Ann Surg. 2002;236(4):458-63.
12. McLaughlin S, Fitch MT, Goyal DG, Hayden E, Kauh CY, Laack TA, et al. Simulation in graduate medical education 2008: a review for emergency medicine. Acad Emerg Med. 2008;15(11):1117-29.
13. de Wit-Zuurendonk LD, Oei SG. Serious gaming in women's health care. BJOG. 2011;118(3):17-21.
14. Thompson D, Baranowski T, Buday R. Conceptual model for the design of a serious video game promoting self-management among youth with type 1 diabetes. J Diabetes Sci Technol. 2010;4(3):744-9.
15. Charlier N, Zupancic N, Fieuws S, Denhaerynck K, Zaman B, Moons P. Serious games for improving knowledge and self-management in young people with chronic conditions: a systematic review and meta-analysis. Jamia. 2016;23(1):230-9.
16. Pasquier P, Merat S, Malgras B, Petit L, Queran X, Bay C, et al. A Serious Game for Massive Training and Assessment of French Soldiers Involved in Forward Combat Casualty Care (3D-SC1): Development and Deployment. JMIR serious games. 2016;4(1):e5.
17. Graafland M, Bemelman WA, Schijven MP. Game-based training improves the surgeon's situational awareness in the operation room: a randomized controlled trial. Surg Endosc. 2017. doi.org/10.1007/s00464-017-5456-6.
18. Direction centrale du Service de santé des armées. Note N°510960/DEF/DCSSA/PS/SCS du 28 mai 2015 relative au relevé de décisions du Comité exécutif du 7 avril 2015.
19. Planchon J, Vacher A, Comblet J, Pot C, Darses F, Mignon A, et col. Apport du serious game 3D-SC1® dans l'apprentissage du Sauvetage au Combat : résultats d'une étude pilote. 7e Biennale de la recherche du Service de santé des armées ; École du Val-de-Grâce, Paris, France 2016.
20. Venkatesh V, Morris GM, Davis GB, Davis FD. User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS Quarterly. 2003;27(3):425-78.
21. Sotomayor TM. Teaching tactical combat casualty care using the TC3 sim game-based simulation: a study to measure training effectiveness. Stud Health Technol Inform. 2010;154:176-9.
22. Kirkpatrick D. Great ideas revisited. Techniques for evaluating training programs. Revisiting Kirkpatrick's four-level model. Training Dev. 1996;50(1):54-9.