



HAL
open science

Incidences du sommeil et des rêves sur les performances mnésiques : contenu onirique, qualité du sommeil et associations en mémoire chez des étudiants

Nicolas Ribeiro

► To cite this version:

Nicolas Ribeiro. Incidences du sommeil et des rêves sur les performances mnésiques : contenu onirique, qualité du sommeil et associations en mémoire chez des étudiants. Psychologie. Université de Picardie Jules Verne, 2021. Français. NNT : 2021AMIE0003 . tel-03624798

HAL Id: tel-03624798

<https://theses.hal.science/tel-03624798>

Submitted on 30 Mar 2022

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.



Thèse de Doctorat

*Mention : Psychologie
Spécialité : Neuropsychologie*

présentée à l'Ecole Doctorale en Sciences Humaines et Sociales (ED 586)

de l'Université de Picardie Jules Verne

par

Nicolas Ribeiro

pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Picardie Jules Verne

***INCIDENCES DU SOMMEIL ET DES RÊVES SUR LES
PERFORMANCES MNÉSQUES :***
CONTENU ONIRIQUE, QUALITE DU SOMMEIL ET ASSOCIATIONS EN MEMOIRE
CHEZ DES ETUDIANTS.

Soutenue le 08 janvier 2021

après avis des rapporteurs, devant le jury d'examen :

Mme Isabelle ARNULF , Professeure des Universités,	Sorbonne Université,	Présidente du jury
M. Fabrice GUILLAUME , Professeur des Universités,	Université Aix-Marseille,	Rapporteur
Mme Stéphanie MAZZA , Professeure des Universités,	Université Lumière Lyon 1,	Rapporteur
Mme Isabelle POIROT , Docteure en Médecine,	Hôpital Fontan (CHRU),	Examineur
M. Stéphane ROUSSET , Maître de Conférences,	Université Grenoble Alpes,	Examineur
M. Marco SPERDUTI , Maître de Conférences,	Université de Paris,	Examineur
M. Yannick GOUNDEN , Maître de Conférences,	Université de Picardie Jules Verne,	Co-directeur de thèse
Mme Véronique QUAGLINO , Professeure des Universités,	Université de Picardie Jules Verne,	Directrice de thèse

REMERCIEMENTS

Par ces quelques lignes, je tiens à remercier les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce projet de thèse.

J'adresse ma gratitude à mes deux directeurs. Merci pour toutes les clefs méthodologiques et théoriques que vous m'avez données. Merci de m'avoir présenté les nombreux défis de cette thèse et de m'avoir toujours accompagné dans leur réalisation. Merci en particulier pour ces échanges lors de l'élaboration et des relectures des articles. Je ne parviens pas à concevoir de direction plus exemplaire et stimulante. Véronique, je réalise que la portée de ma gratitude est irréductible aux quelques mots que je pourrais écrire ici. Merci de m'avoir fait confiance, d'avoir cru en ce projet et de m'avoir donné les moyens, notamment conceptuels, de réaliser ces investigations.

Je souhaite adresser également mes remerciements aux Pr Céline Masson et Dr Isabelle Poirot pour avoir nourri et élargi ma réflexion lors de mes comités de suivi de thèse. Je souhaite remercier les membres du jury, Pr Isabelle Arnulf, Dr Isabelle Poirot, Pr Stéphane Rousset, Dr Marco Sperduti, Pr Fabrice Guillaume et Pr Stéphanie Mazza qui me font l'honneur de participer à la soutenance de cette thèse.

Merci aux membres de l'UPJV pour ces moments d'échanges conviviaux notamment en E312, je pense en particulier à Aymeric, Damien, Davy, Vanessa, Laurent, Laure, Béatrice, Barbara, Mathieu et Olivier. Merci à Émilie d'avoir permis les recherches en réalité virtuelle et d'avoir suscité une collaboration sur l'une d'elles. Merci à mes collègues, doctorants ou jeunes chercheurs, d'avoir concouru à mon bien-être et mon épanouissement au labo. Merci à Alexandre, Aristide, Bukhet, Claire, Damien, Élodie, Élodie, Fabien, Fannie, Federica, Julie, Laurie, Léo, Louise, Marta, Milka, Niindulan, Noémie, Olive, Pauline, Perrine et Ugo, votre aide, vos questions et parfois simplement votre présence ont rendu cette aventure plus plaisante.

Merci plus spécifiquement à Geoffrey, tu as ajouté à ta sympathie de formidables discussions, astuces et ressources (je pense à R, OSF, DeepL et « Jamovi c'est la vie »). Merci à tous les étudiants stagiaires du centre de recherche ayant contribué de près ou de loin aux passations. Merci donc à Anais, Benjamin, Cassandre, Cynthia, Kloé, Pauline, Pauline, Rémi, Valentin, Yanis et les autres. Merci à Nabila pour ta disponibilité, ta gentillesse et ton efficacité. Merci à Laurent, Christine et au personnel de l'école doctorale ou de l'UPJV pour l'aide sur les aspects administratifs. Merci beaucoup à Pauline et Maylis de m'avoir permis de conserver un regard passionné et curieux pour la psychologie clinique. Merci à Christophe Al-Saleh, Christophe Auriault et Charlotte Piau d'avoir permis les différentes actions de médiations scientifiques auprès du grand public. Enfin, je remercie le Dr Aurélie Basille Fantinato et Jeremy Fonseca d'avoir permis des stages complémentaires portant, notamment, sur le sommeil.

Merci à ces collègues devenus des amis. Camille, merci pour ta gentillesse, ta disponibilité, tes précieux conseils et pour avoir été un tel exemple. Cheyenne, merci pour ton soutien, tes questions, ta précieuse amitié et ton originalité. Merci Dimitri, pour ce millier d'heures que nous avons passé ensemble. Tu le sais, mon admiration est multiple et porte notamment sur ta capacité de travail et ta persévérance en général. Merci pour ta propension à me surprendre, m'étonner ou me challenger. Je suis impatient de connaître ton parcours.

Merci à mes amis et à ma famille de m'avoir aidé à garder les pieds sur terre, en particulier Julie, David, Pauline, Laetitia, Cyril, Alexandre, Anthony, Damien, Anne-Sophie, Émilie, Marc, Nathalie, Cédric, Kelly, Gaëlle. Merci également à Amélie Hégron et Clémence Rocher pour leur sympathie et les discussions sur les états de conscience.

Merci sincèrement à celles et ceux à qui j'ai pu témoigner ma reconnaissance de vive voix, mais que je ne nomme pas par souci de sobriété et de concision. Enfin, merci aux participants des différentes études présentées dans ce document.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	2
LISTE DES FIGURES	5
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	6
1. SOMMEIL.....	9
1.1. Organisation du sommeil.....	10
1.1.1. Rythmicité biologique	12
1.1.2. Architecture du sommeil	13
1.1.3. Chronotypie et sommeil.....	17
1.2. Qualité et habitude de sommeil : différences interindividuelles	18
1.2.1. Qualité du sommeil.....	19
1.2.2. Habitudes de sommeil chez les étudiants.....	21
2. CONSCIENCE ONIRIQUE	23
2.1. Approches structurées de la conscience	23
2.1.1. Conscience phénoménale et conscience d'accès.....	23
2.1.2. Vigilance et contenu de conscience.....	26
2.1.3. Rapportabilité des phénomènes de la conscience.....	28
2.2. Conscience onirique et contenu de rêve.....	30
2.2.1. Grandes théories sur les rêves	31
2.2.2. Rapportabilité des phénomènes oniriques	32
2.2.3. Méthodologie rétrospective et prospective.....	35
2.3. Influencer le rêve : l'exemple du rêve lucide	36
2.3.1. Qu'est-ce que le rêve lucide	37
2.3.2. Corrélats physiologiques du rêve lucide	39
2.3.3. Awareness et contrôle du rêve.....	41
2.3.4. Investiguer le rêve lucide ?	42
3. MÉMOIRE : EFFETS DU SOMMEIL ET DES RÊVES	47
3.1. Conceptions de la mémoire	47
3.1.1. Approche dynamique et fonctionnelle	47
3.1.2. Niveaux associatifs et relationnels	55
3.2. Mémoire et sommeil.....	58
3.2.1. Performances de mémoire et gradient de vigilance.....	58
3.2.2. Dialogue hippocampo-cortical : l'exemple des cellules de lieu	61
3.2.3. Mémoire et contenu du rêve.....	64
PARTIE EXPERIMENTALE	67
1. PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE	67
2. PRÉSENTATION DES PRODUCTIONS SCIENTIFIQUES	69
Etude 1 : Qualité subjective du sommeil	71
Problématique, Objectif et hypothèses	72
Méthode	73
Résultats principaux et Discussion	74
Conclusion	77
Article en version originale (Soumis)	78
Etude 2 : Fréquence des rêves et qualité du sommeil.....	89
Problématique, Objectif et hypothèses	90
Méthode	90
Résultats principaux et Discussion	91

Conclusion	91
Article en version originale (publié)	93
Etude 3 : Méthodes d'évaluation de la fréquence du rêve lucide	101
Problématique, Objectif et hypothèses	102
Méthode	102
Résultats principaux et discussion	103
Conclusion	104
Article en version originale (publié)	105
Etude 4 : Fréquences des rêves : évaluations rétrospectives et longitudinales.	114
Problématique, Objectif et hypothèses	115
Méthode	116
Résultats principaux et Discussion	116
Conclusion	116
Article en version originale (publié)	117
Commentaires : induction du rêve lucide	121
Introduction	121
Méthode	122
Résultats.....	123
Discussion et conclusion	124
Etude 5 : Une nuit de sommeil améliore les performances associatives	125
Problématique, Objectif et hypothèses	126
Méthode	130
Résultats et Discussion	133
Conclusion	134
Article en version originale (publié)	136
Etude 6 : Effet du repos sur les performances associatives, une étude en Réalité virtuelle.....	136
Problématique, Objectif et hypothèses	138
Méthode	139
Résultats et Discussion	141
Conclusion	142
Article en version originale (publié)	143
DISCUSSION GÉNÉRALE ET ORIENTATIONS FUTURES	144
1. Sommeil, rêve et traces mnésiques.....	149
2. Hétérophénoménologie et rapports des rêves.....	155
3. Qualité de sommeil chez les étudiants.....	161
CONCLUSION GÉNÉRALE	164
BIBLIOGRAPHIE.....	144
ANNEXES.....	166

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Hypnogramme illustrant l'alternance des cycles de sommeil.....	14
Figure 2 Hypothèse d'homéostasie synaptique	17
Figure 3 Deux dimensions la conscience : Awareness et Arousal.....	27
Figure 4 Niveau de conscience et le contenu de la conscience	37
Figure 5 Labilité de la trace mnésique.....	52
Figure 6 Régions d'associations distribuées et hypothèse de l'ancrage	57
Figure 7 Les courbes H et Mc. Adapté de Jenkins and Dallenbach (1924)	59
Figure 8 Réactivations pendant l'éveil et les différents stades du sommeil	64
Figure 9 Heure du coucher et du réveil, la semaine, le week-end et idéalement	75
Figure 10 Difficultés de sommeil.....	76
Figure 11 Instructions du test de réalité.....	123
Figure 12 Scores aux facteurs de l'échelle LuCid	124
Figure 13 Représentation simplifiée de la tâche d'inférence transitive relationnelle.....	127
Figure 14 Bases de la tâche d'inférence associative.....	128
Figure 15 Vues des versions 1 et 2 du journal de rêve	132
Figure 16 Blueprint d'une fonction	140
Figure 17 Codage par blueprint.....	141
Figure 18 Environnement en réalité virtuelle.....	141
Figure 19 Processus aboutissant au récit d'un rêve d'après Guénolé (2009).....	158
Figure 20 Processus de développement des logiciels.....	166
Figure 21 Inclusion de l'étude 1 dans la littérature	171

INTRODUCTION GÉNÉRALE

« Je dois rejeter tous les doutes de ces jours passés, comme hyperboliques et ridicules, particulièrement cette incertitude si générale touchant le sommeil, que je ne pouvais distinguer de la veille : car à présent j'y rencontre une très notable différence, en ce que notre mémoire ne peut jamais lier et joindre nos rêves les uns aux autres et avec toute la suite de notre vie, ainsi qu'elle a de coutume de joindre les choses qui nous arrivent étant éveillés. »

René Descartes

« Les visions que nous avons en songe peuvent se définir, je crois : la représentation aux yeux de notre esprit des objets qui occupent notre pensée »

Léon d'Hervey de Saint-Denys

L'histoire de la psychologie et celle de l'étude du sommeil sont fortement intriquées (Ross, 2014). Par exemple, les travaux fondateurs d'Ebbinghaus (1909 ; 1885), essentiels pour la psychologie expérimentale, traçaient les contours du lien entre le sommeil et la mémoire. En effet, à l'occasion de ses recherches, Ebbinghaus s'interrogeait sur le fait que l'on puisse se croire, en toute sincérité, en train d'accompagner Jules Verne dans un voyage vers la lune quand nous rêvons. Puis, il soulignait les raisons qu'il aurait de trouver l'idée d'un tel voyage irréel et incroyable lors de l'éveil. Au début du XXe siècle, Ebbinghaus (1909, p. 157) proposait donc que dans l'état de rêve, la connaissance nécessaire à cette critique logique ne soit pas convocable et ne participe pas à l'expérience consciente. Il évoquait comment la vie humaine est traversée par des états de conscience dans lesquels les individus expérimentent le monde différemment tant du point de vue de la subjectivité que du fonctionnement cognitif.

Le sommeil peut sensiblement varier entre les individus notamment en fonction de différents facteurs tels que leur génétique, leur âge ou leurs occupations. Nous avons identifié un manque d'informations disponibles concernant ces variations et notamment concernant les appréciations que peuvent formuler les étudiants français à propos de leur sommeil. Nous avons donc cherché à établir quelles sont les caractéristiques du sommeil dans cette population dans laquelle nous allions également recruter pour les évaluations portant sur la mémoire. Par conséquent, nous avons évalué ce que pouvaient indiquer les individus concernant leur satisfaction

subjective liée au sommeil, leur horaire et leur quantité de sommeil et leur parasomnie puisque ce sont ces évaluations, lorsque conjuguées, qui permettent d'appréhender la qualité du sommeil. Nous avons donc conduit ces recherches dans le but, d'une part, de compléter les informations disponibles au sujet de leur sommeil et, d'autre part, d'identifier de façon exploratoire les éventuelles caractéristiques de celui-ci susceptibles d'interférer avec nos évaluations ultérieures.

Le sommeil dépend et influence de nombreux mécanismes cérébraux qui coïncident, subjectivement, avec des états de conscience à même de générer des rêves. Le rêve est par essence un récit intime et subjectif, résistant aux observations objectives. Donner de l'importance à ce récit requiert de convoquer des concepts issus de la philosophie des sciences et de la conscience afin de contextualiser les investigations. Dans notre développement théorique, cette contextualisation s'est focalisée en particulier sur des travaux de Daniel Dennett (2005) et Francisco Varela (1999) portant sur la phénoménologie de la conscience et des rêves.

Un type de rêve particulier, appelé rêve lucide, permet d'influencer le contenu des rêves selon des objectifs pouvant être fixés préalablement lors de l'éveil. À ce titre, il a été proposé que le rêve lucide puisse être considéré comme un outil méthodologique potentiel notamment parce qu'en rêve lucide les individus présentent les caractéristiques physiologiques du sommeil paradoxal tout en ayant conscience de rêver (La Berge et al., 1981; Mota-Rolim & Araujo, 2013; Stumbrys et al., 2011). En particulier, nous avons exploré les composantes, la représentativité, la fréquence et les moyens de provoquer les rêves lucides. Ensuite, considérant que les rêves typiques et ces rêves lucides semblent survenir sur le même continuum d'expériences oniriques, nous avons cherché les meilleurs moyens d'évaluer le contenu des rêves au plus près du sommeil (Blagrove, 2011 ; Moss, 1986). Nous avons notamment investigué les influences distinctes d'une approche longitudinale et rétrospective et développé un outil de recueil sous la forme d'une application numérique multiplateforme (smartphone et PC). Ensuite, sur la base de ces développements et investigations préliminaires, nous avons exploré les liens entre une période de sommeil, les expériences subjectives qui y prennent place et les performances de mémoire des individus.

La contribution d'Ebbinghaus est plus particulièrement notable pour le champ de la mémoire (Nicolas, 1992). Il a notamment mis au point un paradigme expérimental

mettant en lumière le décours temporel de l'oubli. Avec ce paradigme, Ebbinghaus a constaté les effets bénéfiques du sommeil sur la mémoire. Il a cependant considéré que ces résultats étaient probablement un effet passif du sommeil sur la mémoire et la résultante de la baisse des interférences. La considération de l'activité cérébrale importante lors du sommeil paradoxal au milieu du XXe siècle a permis de passer de cette vision passive du sommeil à celle suggérant un rôle actif du sommeil sur la mémoire (Dement, 1957 ; Jouvet, 1959).

Nous nous sommes intéressés à ce rôle actif et aux modifications des performances mnésiques consécutives à une période de sommeil. Pour ce faire, nous avons adopté une conception dynamique de la mémoire considérant que les changements de performances observés résultent de modifications intervenant sur des traces mnésiques largement distribuées en fonction du décours de l'expérience. Les modifications des performances mnésiques dépendent d'une interaction entre de nouvelles expériences et des expériences antérieures. Dans ce cadre nous avons donc mené une série d'étude permettant de montrer le rôle du sommeil dans la consolidation des traces mnésiques, en particulier dans les liens associatifs et relationnels.

Dans un premier temps, nous débuterons cette introduction par l'évocation du sommeil en présentant, d'une part, les éléments qui participent à son organisation en évoquant les facteurs rythmiques qui déterminent son architecture et sa chronologie. D'autre part, nous présenterons des éléments qui permettent de caractériser le sommeil en fonction des appréciations subjectives que peuvent formuler les individus. Nous nous intéresserons notamment aux spécificités qui peuvent exciter concernant sa qualité, ses horaires et sa quantité chez les étudiants français puisque ceux-ci ont été impliqués dans les études ultérieures. Dans un deuxième temps, nous présenterons plusieurs aspects conceptuels portant sur la conscience qui permettent de structurer l'approche de la conscience et de son contenu notamment en ce qui concerne les récits de rêve. Nous évoquerons ensuite le rêve lucide au travers des opportunités qu'il offre pour la compréhension de l'interaction entre les rêves et la mémoire. Enfin, dans un troisième temps, nous présenterons une approche dynamique de la mémoire qui nous conduit à considérer que les performances mnésiques sont susceptibles de dépendre de réorganisations se produisant au cours du sommeil se reflétant, potentiellement, dans les rêves. Nous nous focaliserons notamment sur les niveaux

associatifs et relationnels des performances dont nous pensons qu'ils témoignent de la capacité de réorganisation des traces mnésiques selon le déroulé de l'expérience. Nous évoquerons également l'interaction hippocampo-cortical à l'œuvre dans les processus de consolidation et de reconsolidation, particulièrement pour les informations relatives à la spatialité.

Notre objectif général est de caractériser l'implication du sommeil dans les changements de mémoire tels qu'ils peuvent être déduits des performances de rappel dans un contexte expérimental. Ces travaux de thèse témoignent d'une trajectoire qui conduit à cette évaluation. Cet objectif a donc été déployé autour de trois axes principaux. Premièrement, établir les caractéristiques du sommeil et du rêve dans notre population afin de déterminer si leur sommeil était singulier ; deuxièmement, déterminer quelles méthodes de collecte et d'investigation pourraient de préférence être utilisées pour évaluer les expériences de rêve afin, troisièmement, d'évaluer comment une période de sommeil modifie la mémoire et entraîne des changements de performance, en particulier au niveau associatif et relationnel. À la fin de cette introduction, nous présenterons six études publiées ou proposées pour publication qui ont abordé ces trois axes.

1. SOMMEIL

Une personne typique dort entre 7 et 9 heures par jour. Pour une personne âgée de 60 ans, cela correspond à plus de 20 ans de sommeil (Hirshkowitz et al., 2015). Cela suggère que le sommeil est important pour l'organisme. Signe de cette importance, la privation de sommeil affecte le fonctionnement normal des individus et peut entraîner la mort. En effet, la majorité des êtres humains présentent des signes d'altérations cognitives après une seule nuit de privation et, après trois jours privations de sommeil, ces performances cognitives sont bien inférieures à la normale (Mikulincer, Babkoff, Caspy, & Sing, 1989).

La considération de l'importance du sommeil pour le reste du fonctionnement des individus est pourtant relativement récente. Dans la mythologie grecque, Hypnos et Thanatos sont frères et sont respectivement dieu du sommeil et dieu de la mort. Ce rapprochement se retrouve également dans la liturgie biblique où la mort est appelée

repos éternel. La conceptualisation de la veille et du sommeil a donc longtemps été de considérer que l'une était marquée par une activité intense et l'autre par une absence d'activité. Pourtant, lorsque l'individu dort, son cerveau passe par plusieurs modalités de fonctionnement distinctes appelées stades de sommeil qui contrastent avec une vue du sommeil comme un moment d'inactivité cérébrale (Shepard et al., 2005).

Nous évoquerons ci-après comment s'organise le sommeil chez l'homme, tant sur le plan de son alternance avec la veille que dans sa structuration interne en stades de sommeil. L'objectif est, ensuite, d'indiquer quels sont les propriétés et les troubles du sommeil les plus proéminents. Cette évocation a notamment pour but de spécifier si la population étudiante présente des caractéristiques de sommeil spécifiques relativement à la population générale. Les possibles incidences d'une telle spécificité, pour la construction des protocoles de recherches qui évaluent le lien sommeil et mémoire, seront également envisagées.

1.1. Organisation du sommeil

Notre planète, en tournant sur elle-même, provoque des changements de température, de lumière et de disponibilité alimentaire dans l'environnement. Cette rotation cyclique a conduit les espèces à développer des spécialisations qui leur permettent de fonctionner dans ces différentes conditions. La vie semble avoir pris une direction évolutive spécifique : celle d'être occupée une partie sa journée, tout en étant beaucoup moins efficace au cours d'une autre partie. Une sélection des individus en fonction de leur moment d'activité s'est opérée (Leung et al., 2019). La majorité des êtres vivants présente donc une alternance d'action et de repos sur un cycle de 24 heures (Vitaterna et al., 2001). Cela suggère deux principes intéressants : le sommeil contribue (ou pour le moins n'est pas délétère) à une bonne adaptation au monde et il est particulièrement intégré au fonctionnement cognitif.

L'apparition et la sélection du sommeil ont probablement permis aux espèces de mettre à profit ces temps de repos où l'énergie est moins mobilisée pour améliorer leur adaptation au monde. Dans ce cadre, ces espèces ont probablement bénéficié d'un saut évolutif, transformant une période d'inactivité potentiellement préjudiciable en une période de maintien et d'entretien du corps (Nunn et al., 2016). Puisque la sélection naturelle a produit des intervalles de repos et d'activité périodiques, il est

opportun de s'interroger sur ce qui se passe pendant ces états alternatifs, notamment du point de vue cognitif.

Pendant le sommeil, le corps remplit un large éventail de fonctions essentielles sans lesquelles les performances comportementales et cognitives se détériorent (Alhola & Polo-Kantola, 2007). La plus longue période cliniquement vérifiée d'absence de sommeil chez l'homme est de 264,4 heures soit 11 jours et 24 minutes (Gulevich et al., 1966). L'étudiant qui n'a pas dormi durant cette période a subi des modifications transitoires sur le plan comportemental et cognitif. Il existe donc des contraintes associées à la maintenance physiologique qui survient pendant le sommeil : elles doivent se produire en séquence à un certain moment du cycle de repos et d'activité et elles doivent survenir de façon régulière sinon des altérations de performances, notamment cognitives, deviennent être perceptibles (Cirelli & Tononi, 2008). S'attacher à définir la contribution du sommeil sur les phénomènes mnésiques nécessite donc préalablement de prendre en compte ces expériences et également de définir les facteurs qui organisent l'apparition du sommeil.

Le sommeil a longtemps été envisagé de façon monolithique et n'était pas considéré comme dépendant d'une structuration en plusieurs stades organisés entre eux. Le sommeil était vu comme un phénomène inerte et apparenté à la mort (p. ex., l'étymologie de cimetière est dortoir). Dans son évolution conceptuelle, le sommeil est devenu en moins d'un siècle un état de fonctionnement se caractérisant par une activité cérébrale importante, plurielle et intense, susceptible d'influencer grandement les performances des personnes à l'éveil (Shepard et al., 2005). Particulièrement, c'est la démonstration, à l'aide de l'électroencéphalographie, de l'activité cérébrale lors du sommeil paradoxal qui a fait évoluer pour les chercheurs la perception du sommeil et qui, historiquement, a permis de renouveler l'intérêt sur les liens entre sommeil et cognition (Webb, 1994).

Nous évoquerons la manière dont l'alternance veille/sommeil est régulée de façon rythmique. La présentation de l'architecture du sommeil permettra également de poser un cadre lexical. Enfin les phénomènes d'horloges biologique et sociale sur lesquelles s'appuie cette architecture seront également présentés.

1.1.1. Rythmicité biologique

Des décharges du potentiel d'action des neurones à la respiration et aux battements cardiaques, une grande partie du fonctionnement physiologique humain est influencée par une rythmicité. Des phénomènes d'horloge, basés sur l'alternance du jour et de la nuit, permettent de déclencher les processus biologiques dans la bonne séquence temporelle. En effet, pour que les cellules fonctionnent, les gènes doivent s'exprimer ou être désactivés selon des patterns précis (Datta & Maclean, 2007; Kondratova et al., 2010; Zhang et al., 2014). Plus largement, une grande partie de la physiologie se modifie pendant le sommeil (Panda, 2016). Ces modifications permettent notamment la restauration des voies métaboliques et l'élimination de certaines toxines accumulées au cours de la veille (Davies et al., 2014). De plus, au cours de la veille, les ressources sont stockées afin d'être mobilisées pour contribuer aux phénomènes survenant pendant le sommeil (tels que la croissance et la réparation des cellules). Par ailleurs, les réserves de neurotransmetteurs du système nerveux sont reconstituées pendant le sommeil. Sans la cyclicité des activités physiologiques de notre corps (permettant une compartimentation temporelle) et la limitation des interactions avec le monde extérieur, ces entretiens et modifications seraient probablement impossibles (Gerhart-Hines & Lazar, 2015).

Parmi les phénomènes rythmiques qui organisent l'alternance veille et sommeil, il est commun de distinguer les rythmes infradiens d'une fréquence inférieure à une journée, les rythmes circadiens d'une fréquence équivalente à une journée et les rythmes ultradiens d'une fréquence supérieure à une journée (Vitaterna et al., 2001).

Déjà en 1892, Fletcher Dresslar avait enregistré la vitesse à laquelle il était capable d'appuyer sur une touche de télégraphiste selon le décours de la journée. Toutes les deux heures, il appuyait 300 fois sur cette touche en évaluant le temps qui lui était nécessaire. Il commençait à appuyer à 8 heures et répétait la procédure jusqu'à 18 heures tous les jours pendant six semaines. Ses frappes étaient, en moyenne, plus rapides de 8 heures à 12 heures, ralenties après le déjeuner, mais à nouveau plus rapides à partir de 18 heures (Dresslar, 1892 ; cité par Todd, 2017). Dresslar a donc illustré le fonctionnement circadien et son effet sur les performances des individus. L'activité circadienne survient sur une fréquence de 24 heures environ. L'alternance du sommeil et de l'éveil est la manifestation comportementale la plus évidente de ce fonctionnement circadien.

L'apparition d'une période de sommeil est dépendante d'un cycle de 24 heures. Au cours d'une même période de sommeil, le sommeil est divisé en stades (ou phases) régulés par des rythmes ultradiens. La durée (ou période) des rythmes circadiens et ultradiens ainsi que de nombreuses autres propriétés du sommeil sont soumises à des différences individuelles et interindividuelles significatives. En dépit de ces différences interindividuelles survenant, notamment, en fonction de l'âge ou du sexe, l'ordre d'agencement des stades du sommeil semble être similaire (Madrid-Valero et al., 2017; Mongrain et al., 2005; Tucker et al., 2007). Le sommeil et les habitudes de sommeil ont un effet direct sur la vie des personnes. Par exemple, la somnolence et la fatigue causées par des habitudes de sommeil perturbées et le manque de sommeil qui en découle ont été les principales causes d'accidents graves ou de tragédies dans l'industrie et les transports (Harrison & Horne, 2000; Horne & Reyner, 1995).

Les différents stades de sommeil ont été décrits sur la base de différents observables tels que les mouvements oculaires, le rythme cardiaque, le tonus musculaire, le rythme respiratoire, les corrélats électroencéphalographiques, etc. Ces variations de l'activité physiologique, sous commandes rythmiques ultradiennes, surviennent donc de façon ordonnée (en séquence) sur des cycles de 90 minutes environ. Au cours de ces différentes phases, le cerveau est loin d'être au repos ou inerte et une partie importante de nos activités cognitives se déroulent ou dépendent des phénomènes qui se produisent en fonction de cette architecture du sommeil (Hirshkowitz, 2004).

1.1.2. Architecture du sommeil

Le sommeil peut être abordé selon différents niveaux de focus. Le moins focal s'intéressera à sa quantité et à sa qualité. La qualité et la quantité pourront être évaluées à l'aide d'échelles et de questionnaires se basant sur l'appréciation subjective des individus concernant leur sommeil.

Il est également possible d'avoir un niveau de focus plus spécifique, notamment en s'appuyant sur les corrélats physiologiques obtenus par électroencéphalographie (EEG), électromyographie et électrooculographie. Ces évaluations, effectuées dans le cadre d'une polysomnographie, permettent de distinguer plusieurs stades de sommeil classiquement décrits en termes de sommeil paradoxal (ou REM pour *rapid eye movement*) et de sommeil lent (ou NREM pour *non-rapid eye movement*).

Chez les adultes en bonne santé, le sommeil débute par de la veille calme et du sommeil lent léger puis progresse généralement jusqu'au sommeil lent profond. Le sommeil paradoxal n'est généralement pas présent pendant les 80 premières minutes du sommeil. À la suite de cela, le sommeil lent et le sommeil paradoxal alternent par cycles d'environ 90 minutes chacun (Carskadon & Dement, 2005). La part respective de ces types de sommeil ne dépend pas nécessairement du temps de sommeil global ; le sommeil lent profond n'est pas plus représenté lors des nuits les plus longues. Le sommeil paradoxal en revanche est plus important chez les personnes qui dorment plus longtemps.

Le déroulé d'une nuit de sommeil, notamment en ce qui concerne la présence et l'alternance de ses différents stades, est traditionnellement représenté sous la forme d'un hypnogramme (Figure 1).

Sommeil paradoxal et sommeil lent semblent relever de développements phylogéniques différents et sont présents dans des durées différentes entre les espèces, le sommeil paradoxal étant principalement présent chez les mammifères et certains oiseaux.

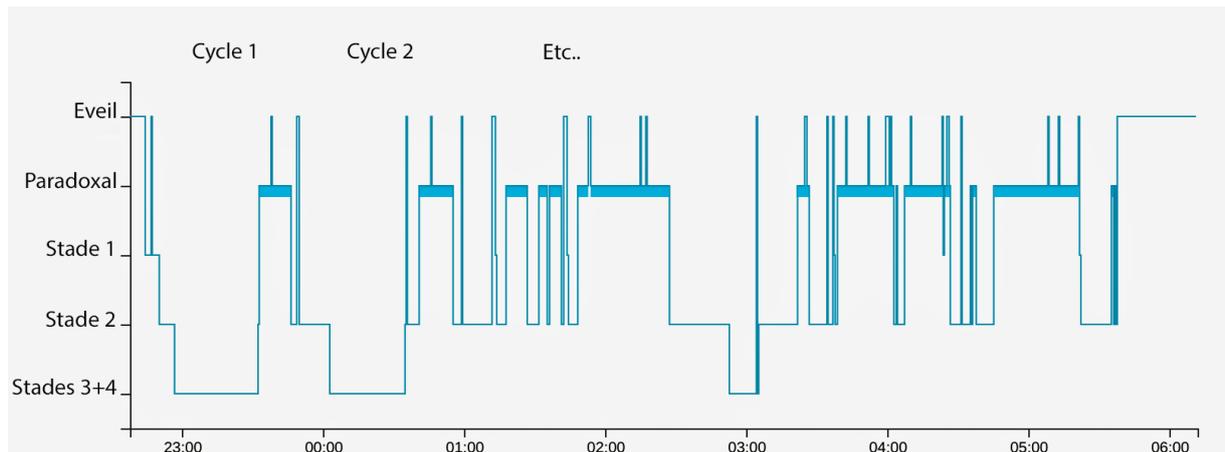


Figure 1 Hypnogramme illustrant l'alternance des cycles de sommeil au cours d'une même nuit et la succession des stades de sommeil. Dans ce graphique, on observe l'augmentation du sommeil paradoxal au cours de la nuit et la réduction du sommeil lent profond.

Le sommeil lent débute par un stade d'endormissement et se divise en deux catégories : sommeil lent léger et sommeil lent profond. Le sommeil lent est considéré selon trois ou quatre stades en fonction des standards de cotation utilisés. Les stades 1 et 2 font partie du sommeil lent léger et le stade 3 fait partie du sommeil lent profond.

Du stade 1 au stade 3, la période d'onde de l'électroencéphalographie se ralentit pour attendre un rythme 10 à 60 fois inférieur à celui de la veille active. Des éléments caractéristiques dans le tracé EEG ont été découverts. Les complexes K sont des événements du sommeil de stades 2 et consistent en des signaux biphasiques marqués par une fréquence réduite et une amplitude augmentée transitoirement. Les fuseaux de sommeil, survenant également lors du stade 2, consistent en des trains d'ondes dont la fréquence est très rapide (environ le double de la fréquence d'ondes typiques du stade 2) apparaissant sur les quatre à six canaux EEG traditionnellement utilisés en polysomnographie.

Le sommeil paradoxal correspond à une période d'activité cérébrale importante alors que la personne est endormie. L'appellation de sommeil à mouvements rapides des yeux a été proposée par Kleitman et Aserinski (1953) pour dénoter les mouvements amples des globes oculaires survenant lors de cette phase. L'appellation de sommeil paradoxal a été proposée par Jouvét (Hobson, 2004; Jouvét, 1975) pour dénoter le paradoxe apparent d'une activité cérébrale importante dans un sommeil qui était considéré comme le lieu d'une réduction ou d'une absence d'activité cognitive. La découverte d'une activité cognitive importante pendant le stade de sommeil paradoxal a permis une avancée significative (Foulkes, 1996) notamment parce que la recherche en psychologie a considéré l'importance des événements hypniques (liés au sommeil) et oniriques (liés aux rêves) pour la compréhension du fonctionnement cognitif des individus (Foulkes, 1996).

En termes d'activations cérébrales, il peut coexister à différents endroits dans le cortex, des ondes lentes typiques du sommeil lent et des marqueurs polysomnographiques du sommeil paradoxal (Bernardi et al., 2020; Siclari et al., 2017). Siclari et Tononi (2017) ont montré que les stades de sommeil ne sont souvent pas aussi monolithiques dans leur structure et leur fonction que ce que permettent d'évaluer les EEG à basse densité. Ainsi, au niveau du cerveau, la frontière entre le sommeil paradoxal et le sommeil lent n'est pas aussi précise qu'on l'a longtemps cru, bien que ces aspects locaux ne contredisent pas l'alternance régulière des cycles de sommeil et les stades qui les composent. Une nuit typique commence par des cycles avec une forte proportion de sommeil à ondes lentes et se termine par des cycles avec une forte proportion de sommeil paradoxal.

En 1982, Borbély a proposé le "modèle à deux processus" qui fournit un cadre pour comprendre la structure et la temporalité du cycle sommeil/éveil. Ce modèle décrit un processus homéostatique et un processus circadien qui se conjuguent et déterminent le moment du sommeil et de l'éveil. Rapporté à sa signification la plus élémentaire, le processus homéostatique propose que plus une personne demeure éveillée plus la pression de sommeil augmente et que plus une personne a dormi moins la pression de sommeil est importante. Rapporté à sa signification la plus élémentaire, le processus circadien implique une pression de sommeil qui apparaît régulièrement et périodiquement sur une base de 24 heures.

Le déroulé d'une nuit, en particulier la succession de ses stades, a un effet propre sur la cognition. Il semble que ces stades participent également de façons conjuguées à la mémoire. Par exemple le stade lent est préparatoire au stade paradoxal et aux transformations des traces mnésiques qui surviennent. En effet, des hypothèses basées sur l'alternance cyclique du sommeil et de la veille postulent que cette alternance a une fonction de régulation homéostatique permettant l'activation et la restauration du système neural à la fois au niveau cellulaire et systémique (Tononi, Giulio and Cirelli, 2009). L'hypothèse d'homéostasie (H) synaptique en particulier propose que des mécanismes de potentialisation et de dépression synaptique, de métaplasticité et de plasticité homéostatique permettent de maintenir la force synaptique globale en équilibre (Tononi, Giulio and Cirelli, 2009). À cette échelle globale, l'hypothèse de l'homéostasie synaptique indique que le sommeil a tendance à affaiblir les connexions synaptiques et à les rendre plus disponibles pour la génération de nouveaux liens et apprentissages. Plusieurs études soutiennent cette théorie, montrant une réduction de l'activité synaptique pendant le sommeil par rapport à la veille (Rasch & Born, 2013). Cette hypothèse affirme que l'équilibre du support physiologique de la mémoire est déterminé par une alternance de potentialisation synaptique globale en veille et de dépression globale en sommeil (Figure 2). Par conséquent, il semble que toute recherche sur la contribution du sommeil aux phénomènes dépendants du réseau neuronal, tels que la mémoire, gagnerait à être étendue aux périodes de sommeil proposant plusieurs cycles.

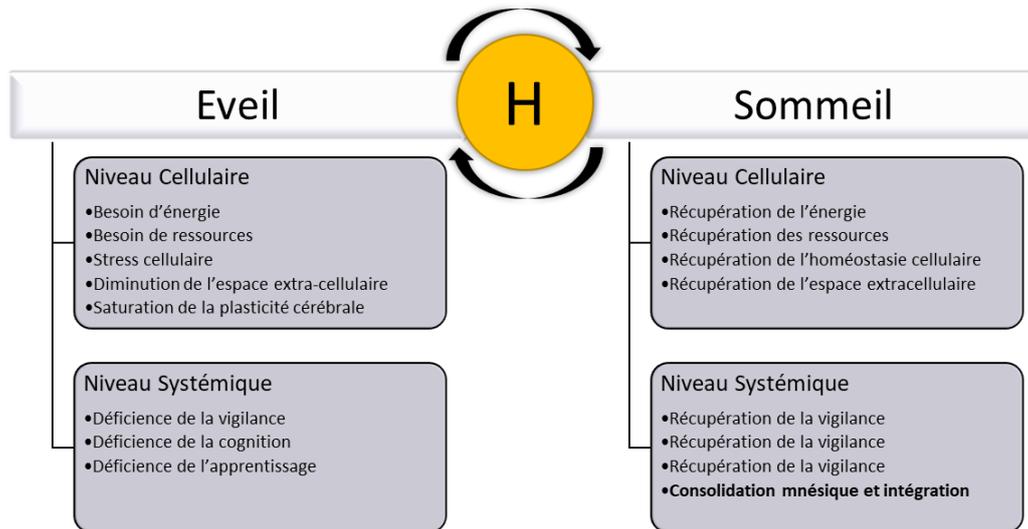


Figure 2 Figure adaptée de Tononi, Giulio and Cirelli (2009) portant sur l'hypothèse d'homéostasie (H) synaptique.

L'organisation temporelle du sommeil dépend de rythmes régulés par des horloges internes, mais aussi par des facteurs externes qui se combinent pour former des chronotypes définissant les périodes de sommeil et d'éveil.

1.1.3. Chronotypie et sommeil

L'alternance entre la veille et le sommeil est sous l'influence de trois horloges.

La première horloge est endogène. Elle est communément appelée horloge interne. Cette horloge interne dure approximativement 24 heures et se régule en fonction d'indices environnementaux (appelés *Zeitgebers*) tels que les horaires de prises de repas, les contacts sociaux ou la lumière émise par le soleil ou par notre technologie (Roenneberg et al., 2007). L'horloge interne s'appuie sur ces indices extérieurs afin de synchroniser la rythmicité circadienne. Cette rythmicité circadienne influence la température du corps, les mécanismes moléculaires supportant la mémoire, l'appétit et le cycle de sommeil, etc. (Gerstner & Yin, 2010). Cette horloge s'appuie sur des mécanismes opérant à la fois au niveau systémique et au niveau cellulaire. La seconde est l'horloge sociale. Il s'agit de l'horloge accrochée à nos murs. Elle correspond au mode de vie et aux normes en vigueur dans l'environnement social de l'individu. Par exemple, l'heure de lever est déterminée par l'heure à laquelle commence le travail ou les cours. L'heure des repas est parfois déterminée par l'heure

des programmes télévisés. La troisième horloge est régulée par le rythme nyctéméral. L'être humain est un animal diurne et sa période d'activité est le jour. Cependant, nous avons conquis la nuit depuis que nous savons produire de la lumière. Cette conquête s'étant faite au prix de conséquences sur notre santé (Dijk & Skeldon, 2015).

Il peut advenir que les horloges endogène, sociale et nyctémérale ne soient pas synchrones et que cela influence négativement la rythmicité circadienne et la qualité de vie des individus. Un exemple trivial concerne les différences d'ensoleillement qui peuvent exister sur un même fuseau horaire. Par exemple, le 13 mars 2020 le soleil s'est couché à 17h32 à Tiszabecs en Hongrie et à 18h53 à Amiens en France. Ces deux villes sont pourtant sur le même fuseau horaire, sur la même latitude et leur horloge sociale est réglée sur la même heure. Les habitants de l'une et l'autre de ces villes ont, cependant, reçu un ensoleillement très différent. L'horloge sociale ne prend en compte ni l'horloge nyctémérale ni l'horloge interne. Les étudiants en particulier sont susceptibles de présenter ce décalage également appelé jet-lag social (Haraszti et al., 2014). Par ailleurs, il existe différents chronotypes : vespéral et matinal.

En fonction de ce chronotype, les personnes seront potentiellement plus performantes cognitivement le soir quand d'autres seront plus performantes le matin. L'architecture du sommeil demeure toutefois stable entre les chronotypes du matin et du soir (Mongrain et al., 2005). Il existe des différences inter et intra-individuelles concernant ces chronotypes : les adolescents, notamment, ont une représentation du chronotype vespéral plus élevée que les personnes plus âgées.

Les horloges et la qualité de leur synchronie influencent l'activité des personnes et de nombreux aspects des performances pour lesdites activités telles que la mémoire ou l'attention (Lund et al., 2010; Valdez et al., 2005). Les étudiants sont donc potentiellement à risque d'avoir des caractéristiques de sommeil singulières notamment du point de vue de la qualité ou des habitudes du sommeil.

1.2. Qualité et habitude de sommeil : différences interindividuelles

Les êtres humains ne sont pas égaux lorsqu'il s'agit du sommeil. Les différences entre les individus peuvent notamment résulter de l'hérédité, du genre, du gradient de développement et des activités diurnes telles que le sport ou les activités académiques sur le sommeil (Kakinami et al., 2017; Lee & Lin, 2007; Tucker et al., 2007).

Les jeunes femmes en particulier semblent présenter un sommeil singulier sur ses deux aspects principaux : sa quantité et sa qualité (Klerman & Dijk, 2005; Pengo et al., 2018). La qualité et la quantité du sommeil peuvent être évaluées à l'aide de méthodes subjectives et objectives (Landry et al., 2015). Ces évaluations subjectives comprennent notamment des questionnaires sur le sommeil tels que le *Pittsburg Sleep Quality Index* (PSQI) ou la méthode des journaux du sommeil. Paradoxalement, bien que ces outils spécifiques d'évaluation de la qualité subjective du sommeil soient couramment utilisés, il n'existe actuellement aucune définition consensuelle de la qualité du sommeil (Krystal & Edinger, 2008). Cependant, il est admis que l'évaluation de cette qualité du sommeil doit être multifactorielle et prendre en compte, par exemple, la durée totale du sommeil, sa latence, sa fragmentation, son efficacité ou encore, ses perturbations comme l'apnée ou les cauchemars dérangeants (Buysse et al., 1989).

Nous présenterons les concepts et méthodologies les plus utilisés pour l'évaluation de la qualité subjective du sommeil puis nous évoquerons, en particulier, les habitudes de sommeil dans la population étudiante.

1.2.1. Qualité du sommeil

Les deux principales facettes du sommeil sont sa quantité et sa qualité.

La qualité subjective du sommeil peut être appréhendée par une combinaison de facteurs. Le principal inconvénient des méthodes subjectives est qu'elles peuvent être influencées par l'état actuel de la personne qui remplit le questionnaire (Patrick et al., 2007). Pour le sommeil, la personne demeure cependant une experte privilégiée concernant sa propre expérience, notamment parce que cette expérience est subjective et donc susceptible de résister à une objectivation via d'autres méthodologies. De plus, les évaluations plus objectives telles que celles effectuées à l'aide de la polysomnographie impliquent la pose d'électrodes, parfois filaires, sur le cuir chevelu qui peuvent éventuellement être une source de gêne pour les mouvements de la nuit et nécessitent l'intervention d'un expert pour lire et interpréter les mesures (Patrick et al., 2007). Ces évaluations objectives restent toutefois indispensables et inégalées pour des contextes plus cliniques.

L'échelle PSQI originale a été développée par Buysse et collaborateurs (1989). Le PSQI est un autoquestionnaire rapide à compléter (moins de 8 minutes), très utilisé pour l'évaluation de la qualité générale du sommeil. Il porte sur plusieurs composantes intitulées : la latence du sommeil, la durée du sommeil, l'efficacité du sommeil, les troubles du sommeil, la consommation de médicaments et les dysfonctionnements diurnes (Mollayeva et al., 2016). L'étude de Buysse et collaborateurs (1989), menée chez des « bons » dormeurs (participants typiques, n = 52) et de « mauvais » dormeurs (patients déprimés, n = 54 ; patients souffrant de troubles du sommeil, n = 62), a permis d'obtenir des mesures acceptables d'homogénéité interne, de cohérence (fiabilité test-retest) et de validité. Un score global PSQI supérieur à 5 donne une sensibilité diagnostique de 89,6% et une spécificité de 86,5% (kappa = 0,75, $p < 0,001$). Au-delà d'une simple dichotomisation de la population entre bonnes et mauvaises qualités du sommeil, le PSQI est utilisé pour déterminer la qualité subjective du sommeil dans le cadre de nombreuses études dans des pays divers et sur des populations pouvant présenter des caractéristiques différentes notamment en termes de genre, de pathologie ou d'âge (Buysse, Reynolds, Monk, Berman et Kupfer, 1989). L'âge et le genre sont générateurs de différences importantes sur le plan de la qualité du sommeil, notamment évaluée avec le PSQI (Madrid-Valero et al., 2017).

Le sommeil peut également présenter des événements indésirables appelés parasomnie. Une définition large de la parasomnie est qu'il s'agit de tout phénomène indésirable et atypique se produisant pendant le sommeil, l'endormissement ou le réveil. Il existe toutefois des classifications de ces événements ou phénomènes, la classification internationale des maladies propose notamment que les parasomnies soient considérées comme des troubles perturbateurs du sommeil, tels que les cauchemars, les terreurs nocturnes, le somnambulisme et du syndrome des jambes sans repos. Pour résumer, les parasomnies sont donc des anormalités pouvant avoir une incidence sur la qualité du sommeil.

Ces différents éléments sont susceptibles de varier entre les populations investiguées (p. ex., des étudiants) et il paraît donc important de les spécifier pour lesdites populations, notamment au travers des habitudes de sommeil puisqu'elles seront susceptibles d'être impliquées, par ailleurs, dans l'évaluation du lien entre le sommeil et la mémoire.

1.2.2. Habitudes de sommeil chez les étudiants

De nombreuses études portant sur le sommeil ont spécifiquement investigué la population étudiante. En effet, le sommeil est le prédicteur le plus fiable des performances académiques par rapport, par exemple, à l'exercice, la nutrition, la gestion du stress ou la gestion du temps (Okano et al., 2019; Trockel et al., 2000). Cette relation est expliquée, au moins en partie, par l'impact sur la mémoire d'une mauvaise qualité de sommeil à la fois sur ses versants déclaratifs et procéduraux (Curcio et al., 2006). La définition de la qualité du sommeil chez les étudiants est donc un enjeu majeur de santé publique, une piste de compréhension pour la pédagogie et un outil pour comprendre le fonctionnement psychologique des individus (Gilbert & Weaver, 2010). La caractérisation des liens mémoire-sommeil comme celle que nous mettons en place dans nos recherches étant raisonnablement une formalisation de ces enjeux.

Les étudiants sont l'un des nombreux groupes démographiques dont la qualité du sommeil a été évaluée à l'aide du PSQI (p. ex., Aloba et al., 2007). De nombreuses études indiquent que les étudiants souffrent de privation chronique de sommeil et de mauvaise qualité de sommeil accompagnée de somnolence diurne (W. Buboltz et al., 2009; Lund et al., 2010). Le contexte temporel du sommeil, comme l'heure du coucher ou du réveil est spécifique chez les étudiants (Tsai & Li, 2004). Les étudiants seraient deux fois plus nombreux que la population générale à rapporter un décalage temporel du cycle veille/sommeil (Brown et al., 2002). Ils rapportent de la fatigue au réveil pour la moitié d'entre eux et un étudiant sur trois déclare ne pas dormir suffisamment pendant la semaine (W. Buboltz et al., 2009; Forquer et al., 2008). Les étudiants semblent donc avoir un profil de sommeil spécifique et évocateur d'une mauvaise qualité (Schredl & Reinhard, 2008).

Ces particularités du sommeil chez les étudiants concernent également les expériences de rêve (Madrid-Valero et al., 2017; Schredl et al., 2016b). La fréquence de rêves lucides notamment est plus importante parmi les étudiants. Les étudiants en psychologie sont majoritairement de jeunes femmes ; l'âge et le sexe sont des facteurs de différences en ce qui concerne les propriétés du sommeil (Tsai & Li, 2004).

Nous avons exploré les caractéristiques du sommeil pour cette population étudiante en nous appuyant sur l'appréciation subjective que formulaient les participants tant sur les aspects temporels que sur les aspects plus qualitatifs (cf. études 1 & 2).

S'intéresser aux appréciations subjectives que peuvent formuler les individus sur leur expérience consiste raisonnablement à orienter préalablement la réflexion sur des notions de conscience. En effet, c'est elle qui permet le témoignage, d'une part, des phénomènes oniriques (liés aux rêves) et, d'autre part, du reste de la phénoménologie hypnique (liée au sommeil).

2. CONSCIENCE ONIRIQUE

Une partie importante des changements survenant au cours du sommeil concerne la conscience, en effet lorsqu'une personne dort, la manière dont elle est en relation avec le monde qui l'entoure change radicalement.

Le terme de conscience est porteur de plusieurs significations qui entraînent des incertitudes terminologiques ; la notion de conscience doit donc être contextualisée. C'est précisément notre intention que de décrire notre focus conceptuel et opérationnel à travers une présentation de différents concepts philosophiques permettant l'appréhension de la conscience. Dans un premier temps, nous présenterons donc une approche structurée de la conscience qui permettra, dans un second temps, d'éclairer plus avant la phénoménologie hypnique et, en particulier, le vécu expérientiel onirique. En effet, nous considérons que les expériences oniriques et les méthodologies employées pour leur recueil s'appuient et s'articulent pleinement autour de ces notions de conscience tant pour les phénomènes typiques, tels que les rêves, que pour les phénomènes atypiques tels que les rêves lucides.

2.1. Approches structurées de la conscience

La conscience est principalement abordée selon deux typologies qui discutent, d'une part, les concepts de conscience phénoménale et de conscience d'accès et d'autre part, du niveau d'activation (vigilance) et du contenu de la conscience.

Ces deux typologies sont abordées dans une perspective fonctionnelle, c'est-à-dire que nous nous sommes intéressés à la fois à ce que la conscience permet et aux mécanismes qui définissent ce fonctionnement.

2.1.1. Conscience phénoménale et conscience d'accès

La conscience phénoménale est le sentiment intime et subjectif associé à la conscience pour lequel tout un chacun est expert. Pour Nadel (1974), c'est ce que cela fait intimement que de sentir l'air sous ses ailes lorsque l'on est une chauve-souris. C'est aussi l'expérience visuelle de voir le rouge d'une fraise et de sentir le goût de sa chair dans sa bouche. Afin de conceptualiser le concept de conscience, Nadel (1974, 1980) a développé l'idée d'une distinction ontologique corps-esprit. Le caractère (ou la qualité) subjectif de l'expérience ne peut être, pour lui, suffisamment analysé pour

permettre à un système explicatif d'advenir. Il illustre cette idée en indiquant que l'investigation scientifique d'une chauve-souris peut permettre d'éclairer sa modalité perceptive principale : l'écholocalisation, mais que cette investigation ne permet pas de se faire une idée de ce que c'est que de percevoir le monde à travers un sonar. Nadel (1974, 1980) a donc proposé qu'une partie de la conscience soit irréductible à l'investigation scientifique. En témoignage de la vivacité des réactions qu'un tel positionnement suscite, *Google Scholar* recensait en octobre 2020 plus de 9840 publications faisant référence à cet article ; cela représente une nouvelle parution, en moyenne, tous les deux jours depuis 45 ans. On peut postuler que cette effervescence est due à la question essentielle qui y est adressée : qu'est-ce que cela fait d'expérimenter un état de subjectivité ?

Pour Block (1995, 2005), la distinction entre la conscience phénoménale et la conscience d'accès est plus opérante que celle corps-esprit. Si la conscience phénoménale concerne ce que cela fait d'être conscient pour l'individu (Nagel, 1974), la conscience d'accès concerne les éléments qui émergent de l'environnement ou de l'histoire de l'individu et qui influencent son fonctionnement à un instant T. En particulier, l'accès concerne la capacité de la personne de formuler un témoignage subjectif relatif aux éléments influençant ses actions. La conscience d'accès concerne la capacité à accéder, à rendre compte, à exprimer, à manipuler dans son raisonnement et à délibérer sur cette expérience intime. La conscience d'accès concerne également la façon dont cette délibération guide notre rapport au monde et notamment nos comportements. En reprenant l'exemple précédent de la fraise, la conscience d'accès fait référence à la capacité de se référer à l'expérience de la manger et d'être capable de s'en souvenir, ou encore de la regarder et d'anticiper ce que cela fera de la manger plus tard.

Dans ces approches scindées de la conscience entre le phénoménal et l'accès, on retrouve l'idée que le monde contient deux types d'essences irréductibles, le matériel et l'immatériel, ou l'objectivable et le subjectif. Cette idée est le fondement du dualisme. Dans l'acception dualiste de la conscience, il existe donc des entités qui obéissent aux lois de la physique et d'autres qui peuvent s'y soustraire. Le matériel comprend l'ensemble des objets et événements qui se produisent dans le cadre de l'activité de la physique. L'immatérielle se caractérise par l'évanescence et la capacité à obéir à d'autres règles que celles de la physique conventionnelle. Les

tenants du *mind-body problem* (ou problème corps-esprit) proposent une irréductibilité des phénomènes de la conscience au matériel et par conséquent considèrent que les aspects phénoménaux de la conscience relèvent d'autres dimensions pouvant être insaisissables (Bayne, 2001; Cvetkovic, 2011).

Cette exclusion du domaine du matériel de la conscience provient, probablement en partie, de ses multiples définitions. Les différentes conceptions dualistes définissent la conscience selon son degré d'indépendance et d'interaction avec le reste du corps (K. G. Phillips et al., 2014). Un exemple utilisé par les dualistes est celui du zombie philosophique (P-zombie) proposant d'imaginer une personne qui aurait le même comportement qu'une personne normale sans éprouver de sensations subjectives liées à l'expérience (c.-à-d., ce que cela fait que d'expérimenter). Le trait principal du P-zombie est donc qu'il est dénué de qualia : l'expérience subjective de la sensation (Heinämaa et al., 2007). L'expérience de pensée du P-zombie suggère qu'un individu qui, s'il se coupe, ne souffre pas, mais exprime pourtant la douleur comme un être humain le ferait. Il agit en groupe et peut tenir un rôle social sans que sa nature profonde soit discernable. Pourtant, à l'intérieur, il n'a aucune conscience, ni de lui, ni des autres, ni du monde. Il existe plusieurs propositions de formulation du P-zombie. Dans la plus radicale, il est également indiscernable d'une vraie personne sur le plan biologique et fonctionnel (Bayne, 2001). L'expérience de pensée du P-zombie peut être questionnée au travers de deux exemples concrets révélateurs. Premièrement dans certaines parasomnies comme le somnambulisme, la personne peut agir de façon automatique (Wigley, 2007) ; deuxièmement, l'utilisation de certaines drogues telles que la scopolamine a pour effet une abolition de la volonté, mais une conservation d'une partie de la motricité des personnes (Das et al., 2012). Cependant, dans ces cas de figure, la personne diffère de son état normal et ne pourrait être confondue avec quelqu'un de conscient. Dans ces cas, la personne est dans un état altéré de conscience (Tart, 1972).

Il existe des alternatives à cette vision dualiste qui rendent l'investigation scientifique possible. En particulier, Dennett (2005) propose de penser autrement le P-zombie et indique qu'intrinsèquement les prémisses du P-zombies sont invalides. En effet, proposer le P-zombie comme une expérience de pensée validant un principe dualiste consiste à accepter que la conscience (en totalité ou en partie) existe en dehors du substrat physiologique, ce qui n'est valide que dans une conception dualiste. Pour

illustrer cette tautologie, la contrepartie artistique du P-zombie serait le P-peintre : un peintre dénué de talent ayant toutefois la possibilité d'exécuter des toiles d'une qualité identique en tous points à celle d'un grand peintre. Dennett (2005) a également proposé la notion de P-argent pour illustrer ce paradoxe. Le P-argent est exactement identique à de l'argent, mais il n'a pas de valeur intrinsèque. Ces exemples sont probablement triviaux, mais illustrent comment les conceptions dualistes appliquées à la conscience semblent nécessiter l'ajout d'une dimension illusoire pour valider leurs principes (Skokowski, 2002). Par conséquent, dans ce travail de neuropsychologie, nous pensons qu'il est admissible de cadrer la question de la conscience en définissant qu'elle ne se base pas sur une opposition corps-esprit, mais qu'elle émerge des mêmes processus biologiques que le reste du fonctionnement psychologique. En cela, la conscience est raisonnablement capable de renseigner sur ce fonctionnement notamment en ce qui concerne le contenu de la mémoire. Il est nécessaire, en conséquence, de considérer de quels aspects de la conscience dépendent ces renseignements ; par exemple, il est nécessaire que la personne soit suffisamment vigilante pour témoigner du contenu de son expérience subjective.

2.1.2. Vigilance et contenu de conscience

L'une des façons d'aborder la conscience consiste à identifier ses dimensions ou composantes. Les modifications de ces dimensions au cours du temps ou dans des contextes de lésions cérébrales peuvent fournir des informations sur le fonctionnement psychologique des individus (Blume et al., 2015). L'*Aroussal* et l'*Awareness* sont deux dimensions majeures de la conscience. Le premier (*Aroussal*) est comparable au niveau de conscience et fait référence à l'activation, la vigilance ou l'éveil. Par exemple, c'est sur cette dimension que le coma et les états végétatifs diffèrent principalement. La seconde est le contenu de la conscience (*Awareness*), c'est-à-dire le contenu de l'expérience consciente. Le sommeil paradoxal sans rêve et le sommeil paradoxal avec rêve diffèrent sur cette dimension. Cette distinction est intéressante, car elle illustre la manière dont la conscience d'un individu varie au cours de sa vie, en particulier dans ces deux dimensions. Elles permettent de distinguer différents états qui produisent une phénoménologie différente (Figure 3).

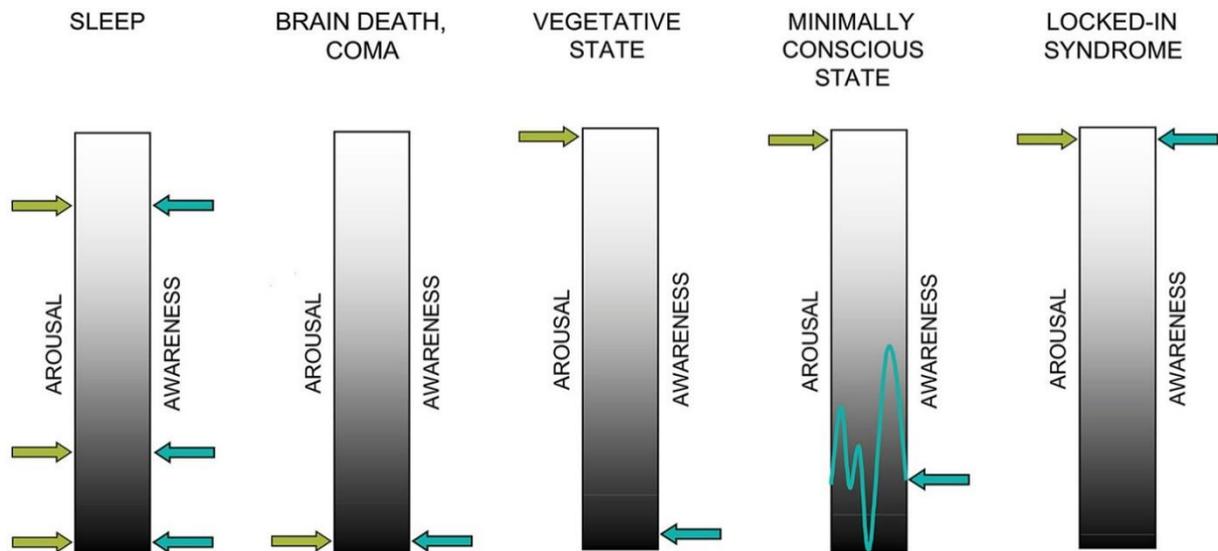


Figure 3 Laureys, Boly et Moonen (2009) proposent de caractériser la conscience à l'aide de deux dimensions. Les flèches vertes concernent l'Arousal et les jaunes l'Arousal.

Selon les auteurs, ce modèle est simplifié. Par exemple, la question de l'*awareness* peut elle-même être divisée en *self-awareness* (conscience de soi) et en *awareness* sensorimotrice, ou encore cette conscience de soi peut être abordée selon l'angle privé ou public (Auzoult, 2013).

Arousal et *awareness* se rapprochent des modifications observées pendant le sommeil et, en particulier, pendant le rêve et le rêve lucide (Thomas et al., 2015; Voss et al., 2013). Au cours du sommeil, l'*arousal* est bas comparativement à la veille. Cette quiescence est d'ailleurs la caractéristique comportementale la plus manifeste du sommeil (Dauvilliers, 2019; Dauvilliers & Billiard, 2004). En revanche, le contenu de conscience varie fortement, à des degrés qui rendent la comparaison avec la veille possible (Laureys et al., 2009). Dans le cadre du rêve lucide par exemple, l'*awareness* relève du passage d'une information en dehors du champ phénoménal vers le champ phénoménal. Dans cet état de conscience spécifique, c'est l'information « *je suis en train de rêver* » qui devient explicite et qui permet à l'individu de devenir *aware* de son état. Dans le cadre d'une investigation scientifique, pour que ces informations ou tout autre élément phénoménologique concernant la subjectivité des individus soient transmis aux chercheurs, ils doivent être rapportables.

2.1.3. Rapportabilité des phénomènes de la conscience

Le concept de rapportabilité se réfère à la possibilité pour les individus de rapporter des éléments concernant leur fonctionnement (Windt, 2013). Le contenu de conscience onirique présente un intérêt pour l'investigation des liens entre sommeil et mémoire. En effet, le rêve fait partie de l'expérience de l'individu et, à ce titre, doit être inclus parmi les éléments qui peuvent également influencer son fonctionnement.

Cependant, les expériences de rêve sont principalement subjectives. Il reste donc nécessaire de s'en remettre au témoignage des individus. Ceux-ci peuvent en effet élaborer des récits à propos de leur contenu de conscience. Il est opportun de s'interroger sur les limites et contraintes associées à ces témoignages du point de vue de la conscience.

Merleau-Ponty (1956), résumant un demi-siècle d'élaboration du concept de phénoménologie, a indiqué que la phénoménologie est l'étude de l'essence des choses et qu'elle participe à la définition même de ce que sont les choses. La phénoménologie est une suspension du jugement spontané au profit d'une évaluation systématisée d'un domaine, tel que la perception ou la conscience. Il indique que la phénoménologie est avant tout une affaire de description plus que d'explication ou d'analyse. Il cite Husserl (1913) qui désignait la phénoménologie comme étant une psychologie descriptive. De plus, l'expérience consciente est informative lorsqu'elle peut être rapportée ou inférée à partir des observations. Pour reprendre la proposition de Varela et Shear (1999), les événements sur lesquels les investigateurs appuient les observations (et les évaluations) se réfèrent aux expériences vécues par les participants. Ces événements lorsque relatés à la première personne sont associés fondamentalement à des phénomènes cognitifs et mentaux.

Varela et Shear (1999) indiquent également que des termes tels que « conscience phénoménale » et « qualia » peuvent être utilisés pour faire référence à ces expériences, mais proposent d'en référer simplement comme étant « l'expérience consciente ». Nos participants sont des individus en mesure de fournir un témoignage de leur l'expérience consciente ; c'est en cela que ces récits sont subjectifs et introspectifs. Ces récits subjectifs sont traités et analysés par une autre personne que le participant ; leur évaluation est donc faite à la troisième personne. Daniel Dennett (2003), qui a nommé cela méthode hétérophénoménologue, indique qu'un

hétérophénoménologue qui serait interrompu par une personne lui disant qu'il y a le feu dans le bâtiment poserait des questions sur cette croyance (sa durée, sa structure, etc.) plutôt que de s'enfuir. Une autre façon de décrire cette distance est de dire qu'une personne qui indiquerait avoir une licorne dans son jardin ne signerait que la possibilité d'une telle croyance et ne serait pas la preuve de l'existence des licornes.

Cette méthode hétérophénoménologique s'appuie sur la subjectivité, à la première personne, des individus à laquelle Dennett (2003) suggère qu'il est préférable de conjuguer d'autres indices, comme de l'imagerie, des comportements ou une multiplication de témoignages distincts, pour pouvoir basculer à une vue à la troisième personne. Un exemple marquant d'une telle approche, précédant la formulation même du concept d'hétérophénoménologie, est celui de Penfield (1950) qui, s'appuyant sur les travaux d'Ottfried Foerster (cité par Penfield, 1950), a utilisé des témoignages directs et indirects de patients épileptiques subissant une cranioscopie. Plus de 400 patients ont reçu des microstimulations électriques du cortex et ont indiqué où dans leur corps ces stimulations provoquaient des sensations. À l'aide de ces témoignages, Penfield a pu établir l'homuncule somatosensoriel.

Un élément qui semble important concernant le rapport subjectif est qu'il reste limité comme l'illustre l'exemple de la vision aveugle. Dans la vision aveugle, une personne atteinte d'anopsie est incapable de fournir un rapport des éléments présents dans son champ atteint, mais peut ajuster ses comportement ou prise de décision en fonction de ces éléments (Marcel, 1988). Pour Block (1995), le rôle fonctionnel de la conscience dans le cas de la vision aveugle est le suivant : (1) les patients aveugles n'ont pas conscience des stimuli dans leur champ visuel ; (2) les informations sur les stimuli dans leur champ visuel ne sont pas utilisées dans le rapport, le raisonnement ou le contrôle délibéré de l'action ; (3) par conséquent, le rôle fonctionnel de la conscience consiste, en partie, à faciliter le rapport de l'expérience (et sa propagation dans le reste du système). Comme ces rapports sont parcellaires, il propose de distinguer la conscience phénoménale et la conscience d'accès. Les rapports ne concernent donc que ce qui est vrai pour l'individu, il témoigne de sa propre expérience et de sa propre interprétation. C'est à ce titre qu'une méthode telle que l'hétérophénoménologie est importante.

Pour résumer, les individus peuvent être capables de produire de l'information relative à leur contenu subjectif de conscience. Ces informations renseignent sur leur

fonctionnement, notamment mnésique, mais ne constituent pas l'ensemble de la phénoménologie de l'expérience. Elle se limite à ce qui, dans le champ phénoménal, peut possiblement faire l'objet d'un rapport (c.-à-d., rapportabilité). La méthode hétérophénoménologique est précieuse en cela qu'elle permet de révéler des éléments inaccessibles par des méthodes plus objectives et qu'elle réfère à l'expérience subjective même de l'individu. Dans ce cadre, les observations doivent être préférentiellement associées à une multiplication de témoignages et de méthodes d'investigations parce que la rapportabilité d'une information dépend aussi de la méthode employée pour le recueil. Cela prit en considération, les rapports d'expériences oniriques demeurent pertinents et adéquats pour saisir le contenu onirique.

2.2. Conscience onirique et contenu de rêve

Nous avons choisi de considérer que les expériences oniriques sont des expériences subjectives se déroulant au cours du sommeil. Les rêves sont, en effet, la manifestation la plus visible de ces expériences survenant lorsque nous sommes endormis. Ces expériences sont intégrées dans des narrations *a posteriori*. À ce titre, il est nécessaire de bien comprendre la phénoménologie des expériences oniriques et de déterminer les meilleurs moyens de les recueillir.

Deux perspectives peuvent être envisagées concernant le contenu onirique et ses liens avec la mémoire. La première est d'observer les inclusions spontanées des expériences oniriques dans les rêves et la seconde est de trouver un moyen d'influencer les rêves plus directement. Dans cette optique, nous nous sommes intéressés au rêve lucide qui permet aux personnes de potentiellement décider de ce dont elles rêvent, au moment où elles le rêvent. Cette possibilité d'intervention sur le contenu de conscience est logiquement un levier possible pour le chercheur en cela qu'il lui permet d'inclure des items spécifiques dans les rêves des participants puis d'évaluer les effets de cette inclusion sur la mémoire.

Mémoire et rêves sont liés : les comportements, les cognitions et les émotions que les gens éprouvent dans leurs rêves reflètent ceux de leur vie éveillée. Lorsque les personnes vivent un événement majeur dans leur vie (p. ex., un accident de voiture), ils peuvent être sujets à des rêves répétitifs, sur le long terme, qui contiennent de tels événements. Cette incursion du réel dans le rêve existe également pour des éléments

qui paraissent de moindre importance, ces éléments sont préférentiellement inclus la nuit même (Vallat et al., 2017). Il est donc pertinent de s'interroger sur cette homologie entre le contenu de conscience éveillé et hypnique. L'hypothèse de la continuité (voir Schredl, 2003) donne un cadre à ces inclusions et aux différences qui existent entre l'important et le moins important. Plus largement cette hypothèse s'étend également au fonctionnement cognitif et propose que ce qui est vécu au cours du rêve participe à la cognition.

Cette dernière proposition fait écho aux nombreuses théories concernant le rôle fonctionnel des rêves.

2.2.1. Grandes théories sur les rêves

A bien des égards, le rêve et son étude peuvent être considérés comme ayant significativement contribué à l'essor du courant psychanalytique (Freud, 1899, 1910 ; Jung, 1963, 1974). S'appuyant sur la bizarrerie et l'étrangeté des rêves, Freud a postulé que les rêves représentaient la réalisation illusoire de fantasmes transformés sur le plan symbolique pour ne pas choquer le rêveur (Freud, 1900). L'intérêt du grand public pour les rêves a probablement contribué à la diffusion de la psychanalyse, mais également à une raréfaction des études scientifiques portant sur le rêve et sa contribution à la vie au cours du XXe siècle (Foulkes, 1996). Cette baisse de l'intérêt de la communauté scientifique pour le contenu onirique, notamment des psychologues expérimentalistes, est probablement issue des difficultés liées à l'objectivation de ce contenu. La raison la plus évidente est que le rêve est par essence personnel, subjectif, et, encore aujourd'hui, relevant d'une intangibilité apparente (Wong et al., 2020). Cependant, les interprétations du rêve comme étant par essence intangible, bizarre et exotique ont été relativisées par des analyses de contenu systématisées qui ont montré une continuité entre les contenus de l'expérience éveillée et des rêves (Fogli et al., 2020).

Ces dernières années, plusieurs autres événements sont venus compenser ce manque d'intérêt. En particulier, les avancées technologiques sur le plan de l'imagerie cérébrale ont provoqué un regain d'intérêt pour la conscience et les phénomènes qui y sont associés telles que le rêve. Plusieurs nouvelles théories du rêve ont donc été élaborées, les premières proposant notamment que le rêve était insignifiant, en cela qu'il correspondait à une lutte incohérente du cerveau pour former une structure à

partir de signaux chaotiques qui émergent du tronc cérébral (Hobson & McCarley, 1977). Les preuves empiriques suggèrent que les rêves sont proches de la pensée éveillée en cela qu'ils contiennent également des évolutions de leurs contenus par le moyen d'associations tangibles bien que, toutefois, les rêves montrent également des interruptions du fil associatif (Klinger, 1999 ; Klinger & Cox, 1987-1988). À ce titre, des recherches visant à obtenir des échantillons de pensées des participants dans un environnement sombre et calme ont montré des quantités supérieures ou égales de discontinuité et d'images en mouvement rapide par rapport aux rapports de rêves REM (Foulkes & Fleisher, 1975 ; Reinsel, Wollman, & Antrobus, 1992 ; Wollman & Antrobus, 1986 ; Wamsley & Antrobus, 2007). En opposition aux théories ne prêtant pas de fonction aux rêves, d'autres considèrent que le rêve participe à la cognition ou l'adaptation au monde.

Jouvet (1991, 1998) a proposé que le rêve puisse façonner la personnalité et qu'il permette une préservation de celle-ci face aux événements diurnes d'une part, et qu'il permette une hérédité psychologique d'autre part. Kramer (1993) a proposé que le rêve permette de réguler les réponses émotionnelles (voir également McNamara, McLaren, Kowalczyk, & Pace-Schott, 2007 pour une revue). Revonsuo (2000; Valli & Revonsuo, 2009) a proposé que le rêve permette de se préparer aux menaces en plaçant les individus dans des situations simulées qui seraient capables d'atteindre leur intégrité si elles se produisaient à l'éveil. Pour que cette dernière théorie soit opérante, il faut, *a minima*, que les rêves puissent de coïncider avec des changements de performances de mémoire.

Raisonnablement, pour continuer à définir le rôle fonctionnel des rêves sur la mémoire, il est nécessaire de pouvoir identifier le contenu de ces rêves. Les récits de rêves sont basés sur un rapport fourni par les rêveurs eux-mêmes au réveil et dépendent logiquement de ce qu'ils sont en mesure de témoigner.

2.2.2. Rapportabilité des phénomènes oniriques

L'onirocriticon d'Artémidore de Daldis est une compilation de plusieurs milliers de rêves qui a été rédigée deux siècles avant notre ère et qui cherche à définir des catégories de rêve à partir de ses récits (Annequin, 1999). L'observation savante et systématisée des rêves servant à l'élaboration de nouvelles connaissances sur la psychologie ou l'onirisme n'est donc pas récente. Un autre exemple marquant de l'utilisation des

récits de rêves pour contribuer aux connaissances est celui d'Hervey de Saint-Denys (1867) qui, à partir de ses 14 ans, a débuté la rédaction systématique de ses rêves. Sur la base de ses récits, il a été le premier à décrire certains rêves qu'il a nommé lui-même rêves lucides. Il a décrit aussi comment l'étrangeté des rêves peut être expliquée simplement à l'aide des associations libres faites à l'éveil. Plus tard, Freud (1900), s'appuyant sur ses propres récits de rêves et ceux de ses patients, indiquait qu'un certain type de rêves, appelés rêves à résidus diurnes, était anodin en cela qu'il ne présentait aucun élément de transformation. Dans ces rêves, des événements ou des comportements du ou des jours précédents sont reproduits quasiment à l'identique (Nielsen, Kuiken, Alain, Stenstrom, & Powell, 2004). Freud (1900) indiquait également que tout rêve est l'expression d'un désir masqué par le récit. Les conceptions analytiques du rêve, faisant peu de place à l'expérimentation scientifique, ont eu pour effet de raviver l'intérêt du grand public pour l'interprétation des rêves, mais également de réduire l'intérêt des chercheurs. La description électroencéphalographique des rêves par Aserinsky et Kleitman dans les années 1950 a renouvelé cet intérêt.

Windt (2013) a indiqué que le recours aux rapports sur les rêves comme outil méthodologique est justifié sur le plan théorique et que ce recours est non seulement nécessaire, mais constitue une condition préalable à la recherche scientifique sur les rêves. Ces récents développements conceptuels sont notamment liés aux le rêve lucide. Toutefois, il semble important de considérer que le rapport de rêve n'est pas le rêve lui-même. Guénolé (2009) a proposé de distinguer trois aspects du rêve. Premièrement, le rêve-vécu qui fait référence à l'expérience de rêve telle qu'expérimentée par le rêveur au cours du sommeil. Ce rêve-vécu est une hallucination complexe multimodale qui implique le rêveur dans un vécu à la première personne. Le rêveur est comme engagé dans une réalité virtuelle qu'il, à la fois, génère et expérimente. Deuxièmement, le rêve-souvenir est une ré-évoation interne de la trace du rêve qui n'est pas nécessairement totalement homologue au rêve-vécu et peut, par exemple, être sensible à des oublis. Enfin, troisièmement, le rêve-récit est la traduction narrative du rêve-souvenir qui peut être influencé par de nombreux paramètres tels que le contexte d'énonciation (p. ex., l'interlocuteur). Ce récit peut se révéler informatif et fiable concernant la phénoménologie du rêve

(Schwitzgebel et al., 2006; Windt, 2013). Cette levée des scepticismes concernant ce récit s'appuie notamment sur trois principes rapportés par Windt (2013) :

1. Principe expérientiel : Les rêves sont des expériences conscientes dans le sens où ils sont des états phénoménaux. *Cela fait quelque chose que de rêver* (en référence à Nadel, 1974).
2. Principe de transparence : Les rapports de rêves sont épistémiquement transparents dans le sens où ils constituent des sources de preuves fiables sur l'occurrence et le caractère phénoménal de l'expérience pendant le sommeil, du moins lorsqu'ils sont recueillis dans des conditions de rapport idéales.
3. Principe de rapportabilité : Les rêves sont des expériences rapportables en ce sens que, dans des conditions idéales, l'occurrence d'une expérience pendant le sommeil peut être elle-même rapportée.

Les conditions idéales pour le recueil du contenu onirique varient selon les études en fonctions de leurs objectifs (Windt, 2013). Cependant trois éléments communs semblent se distinguer. Premièrement, il est important de réduire au maximum le délai entre le réveil et le rapport. D'une façon notable, ce moment du rappel est inversement contraint par l'inertie du sommeil, qui correspond à une réduction transitoire des facultés cognitives au réveil (Wertz et al., 2006). Deuxièmement, il faut éviter de trop changer les habitudes de sommeil des personnes ; un sommeil au laboratoire par exemple aura tendance à influencer le contenu du rêve et des rapports au moins la première nuit (Schredl, 2010). Troisièmement, le niveau de recueil et le type de questions posées peuvent influencer le rappel (Windt, 2013). Il est par exemple pertinent de ne pas proposer de catégorie rappelant les items vus pendant des apprentissages lors de la rédaction des rapports afin de ne pas les influencer.

Ces trente dernières années, les rapports de rêves dans des études portant sur la mémoire ont été de plus en plus utilisés et ont permis de mettre en évidence les liens existant entre le contenu de l'expérience consciente onirique et les performances aux tâches expérimentales de mémoire (Klepel & Schredl, 2019; Wamsley & Stickgold, 2018). Toutefois, le recueil de l'expérience de conscience peut être fait en utilisant différentes méthodes. Principalement, on peut distinguer l'investigation longitudinale (ou prospective) et l'investigation rétrospective.

2.2.3. Méthodologie rétrospective et prospective

Afin d'évaluer si les expériences diurnes épisodiques se reflètent dans les rêves et si la présence de ce contenu diurne dans les rêves est liée à une meilleure performance de la mémoire, des outils capables de recevoir le contenu des rêves sont nécessaires. Ce contenu onirique peut être accessible par le biais d'un récit qui peut être formulé longitudinalement pour chaque nuit ou rétrospectivement pour une période de plusieurs jours (Segall, 1980).

L'investigation longitudinale (parfois appelée prospective) consiste à proposer de multiples évaluations distribuées sur une période donnée. Dans le cadre des investigations portant sur les expériences oniriques rapportables (rêves), le journal est la méthode la plus représentée. Ces journaux de rêves typiques qui permettent à l'individu de fournir un témoignage de ses rêves. Ces journaux sont le plus classiquement écrits, mais ils peuvent également être audio sous la forme d'un discours enregistré sur dictaphone ou produit lors d'échanges téléphoniques.

L'investigation rétrospective quant à elle consiste, pour le participant, à produire une évaluation portant sur une période de son passé. Cette période peut être spécifique ou générale. Dans le cadre des évaluations portant sur les rêves, une évaluation rétrospective peut concerner, par exemple, la fréquence à laquelle le ou la participant(e) se réveille en étant capable de se remémorer un ou plusieurs rêves. Dans le cadre de l'évaluation du sommeil et particulièrement de la fréquence de rêve, chacune de ces méthodes de recueil présente des avantages et des inconvénients inhérents.

Pour l'investigation longitudinale, un individu impliqué dans une étude où il lui est demandé de rapporter ses contenus de rêves tous les matins peut être influencé par deux effets, le mieux documenté concerne une augmentation de la fréquence des rêves au cours de la première semaine d'évaluation (Schredl, 2002). Cette augmentation est probablement contextualisée par l'intérêt transitoire suscité par l'étude sur les expériences oniriques. L'autre effet concerne l'implication importante que demande la rédaction d'un rapport de rêve sur journal papier, à la fois en termes de dispositif (lumière, crayon, support d'écriture et journal) que de temps dédié à cette rédaction. Cette implication peut possiblement limiter les informations communiquées par les participants aux études. De plus, des micros-éveils peuvent

avoir lieu, ces microéveils peuvent raisonnablement être suspectés de perturber le sommeil si les individus entreprennent de noter leur rêve à ces moments-là. Enfin demander à un individu de produire un comportement au réveil peut possiblement être limité par une somnolence du réveil (également appelée inertie du sommeil pour caractériser plus particulièrement sa version pathologique).

En ce qui concerne l'investigation rétrospective, les inconvénients les plus saillants peuvent être une exactitude limitée des informations transmises. En effet, les réponses sont logiquement dépendantes des croyances des individus sur leur fonctionnement au moment même de la rédaction qui peut ne pas refléter les expériences passées. De plus, lorsqu'il s'agit d'établir la fréquence des rêves, les témoignages peuvent être limités par le fait que les traces des rêves ont tendance à être sujettes à un oubli rapide après l'éveil.

Enfin, si les récits de rêves sont recueillis après que les individus aient expérimenté ce qu'il rapporte, il est aussi possible d'influencer ce contenu en amont. En effet, il existe des rêves spécifiques comme le rêve lucide qui permettent d'influencer le contenu onirique, notamment d'une façon préalablement décidée à l'éveil.

2.3. Influencer le rêve : l'exemple du rêve lucide

L'étude du rêve lucide est intéressante, parce qu'elle permet de porter un autre regard sur la conscience et en particulier sur la conscience du rêve. Le rêve lucide a permis de nombreuses avancées dans le champ de l'étude des phénomènes oniriques (Noreika et al., 2010; Windt, 2013). À titre d'exemple, il a notamment permis d'établir que le déroulé temporel des expériences oniriques était comparable à celui de la réalité, en cela qu'il a réfuté les nombreuses théories non scientifiques qui postulaient que le rêve était construit au moment du réveil (Guénoles & Nicolas, 2010).

Pour être spécifiques, nous chercherons ci-après à :

- Définir le rêve lucide ;
- Rapprocher la notion de rêve lucide et celle de la conscience humaine et préciser comment le rêve lucide permet de concevoir les expériences oniriques comme des épisodes de vie dont le contenu est rapportable et indicatif du fonctionnement de la mémoire ;

- Évaluer son intérêt dans le cadre de l'évaluation des liens entre mémoire et sommeil, notamment en ce qui concerne la possibilité qu'il offre de tester les effets de l'inclusion d'éléments dans le contenu des rêves.

2.3.1. Qu'est-ce que le rêve lucide

La distinction du niveau de vigilance et du contenu de conscience proposée par Laurey et ses collaborateurs (2009) permet de rendre compte de la façon dont un individu fonctionne avec une multitude d'états de conscience. Cette représentation permet également d'envisager la place singulière du rêve lucide face à cette pluralité d'états. Le rêve lucide est un état qui fait le lien entre les deux principaux états d'activations que rencontrent les personnes dans la vie quotidienne. Au cours d'un rêve lucide, le niveau de conscience est celui du sommeil (ou vigilance), le contenu de conscience (ou Awareness) est comparable à celui de la veille (Figure 4).

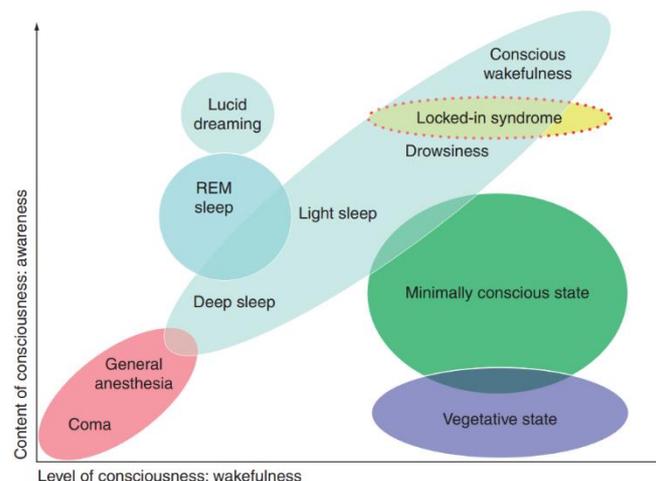


Figure 4 Illustration simplifiée des deux dimensions de la conscience : le niveau de conscience et le contenu de la conscience. D'après Laureys, Boly et Moonen (2009).

Il n'existe pas de définition théorique consensuelle du rêve lucide. Par exemple, Tholey (1981) propose 7 composantes nécessaires pour qualifier un rêve de lucide : 1) pleine connaissance/conscience de l'état de rêve, 2) possibilité de prendre des décisions délibérées, 3) conscience claire du rêveur, 4) perception dans toutes les modalités sensorielles, 5) mémoire de la vie éveillée, 6) mémoire du contenu du rêve en état réveillé et dans le rêve, et 7) conscience du sens des symboles. Il s'agit probablement de la définition la plus exhaustive et restrictive. L'exhaustivité de la proposition de Tholey (1981) est d'ailleurs critiquée : par exemple, Worsley (1988) indique que la présence de ces composants fluctue beaucoup, même au sein du même rêve. Tholey

(1981) a simplifié d'ailleurs sa définition et indique avec Tart (1984; 1979) qu'un rêve lucide est un rêve *dans lequel le rêveur est conscient qu'il rêve, se souvient clairement de sa vie éveillée et se considère en pleine possession de ses capacités intellectuelles et motivationnelles*. Dresler et collaborateurs (2012) ajoutent une emphase sur le contrôle dans leur définition qui propose que *pendant les rêves lucides, les sujets prennent conscience de leur état de rêve, ont un accès complet à leur mémoire et sont capables de contrôler volontairement les actions rêvées*. Dans cette variété de définitions, la seule composante définissant le rêve lucide toujours mentionnée est celle de la conscience de rêver. Par exemple, Schredl et Erlacher (2004, 2011) le résumant ainsi : « *Le terme rêve lucide désigne un rêve dans lequel le rêveur - tout en rêvant - est conscient qu'il/elle rêve* » (L1-2). Les autres composantes du rêve lucide ne sont donc pas toujours mentionnées et le manque de consensus se retrouve également présent lors de l'opérationnalisation du concept de rêve lucide au sein des questionnaires. À titre d'exemples, Blackmore (1991) a proposé à ses participants cette définition : « *Avez-vous déjà eu un rêve dans lequel vous saviez à l'époque (c'est-à-dire pendant le rêve) que vous rêviez ?* » et Schredl et Erlacher (Schredl, 2004; Schredl & Erlacher, 2011) ont proposé cette définition : « *Pendant le rêve lucide, on est, tout en rêvant, conscient du fait que l'on rêve. Il est possible de se réveiller délibérément, de contrôler l'action du rêve, ou d'observer passivement le cours du rêve avec cette conscience* ».

Cette absence de définition commune a fait l'objet de commentaires, de recommandations et de tentatives de standardisation de la part des différents auteurs (Voss et al., 2013). Par exemple, il a été suggéré qu'un exemple de rêve lucide soit fourni aux participants interrogés (Schredl et al., 2018). Une autre stratégie consiste à demander aux participants de donner un exemple de rêve pour que les investigateurs puissent ensuite l'évaluer en recherchant la présence de l'une ou l'autre des composantes (conscience ou contrôle) du rêve lucide (Erlacher et al., 2008; Snyder & Gackenbach, 1988). Cependant, les difficultés à définir le rêve lucide émergent probablement de l'existence de perspectives différentes sur sa nature fondamentale.

Deux questions sont soulevées par les chercheurs : le rêve lucide est-il un état hybride entre l'éveil et le sommeil ? Le fonctionnement cognitif pendant le rêve lucide est-il en continuité avec celui de l'éveil ou est-il alternatif et indépendant ? Ces deux questions sont importantes puisqu'elles déterminent dans quelle mesure les observations faites

avec le rêve lucide sont transférables au reste de la cognition. La première question peut être résumée par le terme d'hybridité (Stumbrys, 2011). La seconde avec le terme de continuité (Stumbrys, 2011).

Par ailleurs, la continuité entre le rêve et la veille dépasse le rêve lucide et concerne l'ensemble des états de conscience hypniques (Domhoff, 2011; Fox et al., 2013; Nielsen & Stenstrom, 2005). Les investigations des corrélats neurophysiologiques du rêve lucide ont notamment alimenté les discussions sur la continuité onirique.

2.3.2. Corrélats physiologiques du rêve lucide

Holzinger, Laberge et Levitan (2006) ont exploré les marqueurs physiologiques du rêve lucide en utilisant l'électroencéphalographie. Ils ont indiqué que comparativement à des rêves non lucides, le rêve lucide présente un ratio de connectivité plus importante des régions pariétales sur les fréquences Beta relativement aux régions frontales. Holzinger et ses collaborateurs (2006) interprètent cela comme le signe que l'état phénoménologie associé à la compréhension « je suis en train de rêver » résulte d'une propagation des activations corticales plus étendue que pour le rêve typique. D'autres études en EEG ont permis d'identifier une augmentation des ondes alpha dans la totalité du cerveau au cours du rêve lucide (Ribeiro & Mota-Rolim., 2012 ; Tyson et al., 1984) et une augmentation des ondes Gamma dans les régions pariétales (Mota-Rolim et al., 2010) et frontales (Voss, Holzmann, Tuin & Hobson, 2009).

Voss, Holzmann, Tuin et Hobson (2009) ont utilisé l'électroencéphalographie (EEG) pour comparer le rêve lucide au sommeil paradoxal et à la veille. Ils ont constaté que, comparativement à du réveil calme, le rêve lucide est plus élevé dans les basses fréquences et plus faible dans les hautes fréquences. Pour la comparaison veille/rêve lucide, Voss et ses collaborateurs n'ont toutefois pas pu distinguer de changement d'état consistant entre leurs participants pour les régions frontales, fronto-latérales, fronto-centrales, temporales, temporo-pariétales et occipito-pariétales. En revanche, la cohérence des signaux (témoignant d'une activation coordonnée des régions cérébrales) était différente sur la bande alpha entre la veille et le rêve lucide. Plus spécifiquement, la cohérence était plus importante pour la veille. Pour la comparaison sommeil paradoxal et rêve lucide, les auteurs ont en revanche relevé des différences survenant principalement dans les régions frontales et fronto-latérales. Les changements les plus importants ont été observés sur la gamme des 40 Hz. Voss et

collaborateurs ont conclu que leurs résultats suggéraient que le rêve lucide est un état de conscience hybride où les régions frontales et fronto-temporales jouent un rôle important. Le rêve lucide se caractérise par un niveau de synchronisation entre les différentes régions comparables à l'éveil.

Dans cette recherche de Voss et ses collègues (2009) et de manière consensuelle dans la littérature, le sommeil paradoxal n'est pas lucide dans le sens où le rêveur conclut à tort que lorsqu'il dort, il est éveillé et vit des expériences authentiques. La raison de cette erreur pourrait être l'inactivation persistante des circuits cortico-frontaux et pariétaux nécessaires à l'éveil de la mémoire, à la conscience de soi et à l'insight. Cette inactivation semble d'ailleurs être levée dans les études utilisant l'imagerie cérébrale fonctionnelle. Dresler et collaborateurs (2012) ont utilisé l'EEG et l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) pour évaluer les corrélats neuronaux du rêve lucide. Les résultats de ces analyses montrent également une réactivation du cortex frontal, et particulièrement du cortex préfrontal dorsolatéral, plus importante dans le rêve lucide comparativement au stade de sommeil paradoxal. Dresler et collaborateurs ont également montré une augmentation de l'activation cérébrale dans le précuneus, le cuneus et les cortex occipito-temporaux.

Une limite soulevée par ces auteurs est que les différents corrélats obtenus peuvent être la conséquence du rêve lucide, mais également de la tâche de signalement utilisée par les participants pour témoigner de leur lucidité. En effet, la méthodologie des recherches précédemment évoquées dans cette section contenait un signalement oculaire que devaient exécuter les personnes endormies lorsqu'elles devenaient lucides. Cette consigne nécessite probablement une planification, de l'initiation, un monitoring de l'action, de se souvenir de la consigne et d'avoir du contrôle moteur, etc. Il est difficile de définir dans quelle mesure les corrélats obtenus dans ce genre d'études sont impactés par les tâches de signalement.

Pour cette raison, Siclari et collaborateurs (2014, 2017) ont conduit des investigations ne nécessitant pas, pour les participants, l'exécution d'une tâche particulière lors de la prise de conscience. Pour cela, les auteurs se sont appuyés sur les témoignages rétrospectifs des participants à leur réveil. Ils ont également identifié des régions frontales et pariéto-occipitales dont les corrélats en l'EEG étaient différents entre des rapports de sommeil avec et sans conscience. De plus, Siclari et collaborateurs indiquent que l'activité des basses fréquences pariéto-occipitales était associée à des

expériences très perceptuelles tandis qu'une augmentation de l'activité frontale des hautes fréquences était associée à des expériences très semblables à des pensées.

Par ailleurs, ils ont identifié différentes activations localisées en fonction du contenu onirique. Notamment les marqueurs électrophysiologiques étaient différents entre des contenus présentant des visages, une spatialité de l'environnement, du mouvement et de la parole. Les travaux de Siclari et ses collaborateurs (2014, 2017) semblent indiquer, d'une part, que le contenu de conscience a une incidence sur les corrélats obtenus et que la tâche de report a probablement une incidence sur les résultats. Cependant les corrélats du rêve lucide sont comparables à ceux des études précitées et suggérant un pattern d'activation singulier pour l'état de rêve lucide. Pour résumer, il est logique que ces activations ne soient pas les mêmes en fonction du contenu du rêve lucide et, probablement, en fonction de la présence ou non de ces deux facteurs principaux : conscience (ou awareness) et contrôle.

2.3.3. Awareness et contrôle du rêve

S'il n'existe pas de définition consensuelle du rêve lucide, la définition ci-après est la plus représentée dans la littérature. Cette définition est opérationnelle en cela qu'elle permet à la fois de décrire les composantes principales du rêve lucide et d'opérationnaliser son investigation en la présentant aux personnes impliquées dans les études. Cette définition indique : « *Lors d'un rêve lucide, on est - tout en rêvant - conscient du fait que l'on est en train de rêver. Il est possible de se réveiller délibérément ou de contrôler l'action du rêve ou d'observer passivement le déroulement du rêve avec cette conscience* » (voir Schredl et al., 2018).

Cette définition est intéressante parce qu'elle présente les deux composantes principales du rêve lucide, être conscient (Aware) de l'état de rêve et avoir une possibilité de contrôle. Ces composantes témoignent de l'état subjectif des personnes en rêve lucide. Cependant, la simple énumération de ces composantes permet de décomposer la question de la lucidité onirique, mais ne permet pas de définir comment ces composantes s'articulent entre elles et sont modifiées par les changements de l'état de vigilance.

L'argument selon lequel l'Awareness est une fonction de l'éveil a été utilisé pour proposer que le rêve lucide soit un état hybride entre l'éveil et le sommeil. Cependant,

dans l'état actuel des connaissances, rien ne vient contredire l'idée que l'affirmation subjective « je fais l'expérience de la réalité » n'est pas identique lors de l'éveil et du sommeil. En effet, c'est cette affirmation qui permet au rêveur d'adhérer au contenu du rêve et de sentir une implication dans les situations qu'il pense vivre. Cette gnose est identique à l'état d'éveil. Par exemple, elle fait probablement partie de la conscience d'accès (ou du contenu de conscience) du rédacteur écrivant ce manuscrit et du lecteur qui le parcourt. De plus, l'affirmation subjective inverse caractérisant la conscience du rêve « ce que je vis n'est pas réel » n'est, en réalité, pas adaptée au moment de l'éveil et serait pathologique puisqu'infondée. Ainsi considérer que la prise de conscience de l'état de rêve est un élément du fonctionnement de l'éveil semble problématique. Ces considérations peuvent également s'étendre aux formalisations de l'Awareness en plusieurs conditions telles que celles proposées par Tholey (1989) distinguant notamment la conscience de l'état de rêve ou la conscience de l'environnement de rêve.

Par conséquent, nous soulignons que les composantes du rêve sont appréhendées avec précaution puisque les évaluations s'appuient sur l'expérience subjective de l'état de rêve. À cet égard, cette prudence est également importante dans le transfert de nos résultats à un niveau descriptif et processuel. La perspective hétérophénoménologique s'appuie justement sur ces distinctions et guide les investigations du contenu onirique, notamment lorsqu'il s'agit du rêve lucide.

2.3.4. Investiguer le rêve lucide ?

La méthode utilisée pour prouver l'existence de rêves lucides a originellement consisté à équiper les rêveurs d'un capteur électro-oculaire dans un contexte de polysomnographie. Lorsqu'ils atteignaient la lucidité onirique, les rêveurs devaient le signaler en produisant un code oculaire prédéfini qui était perçu par les capteurs. Puis les chercheurs réveillaient les rêveurs et comparaient les récits de rêves avec le tracé des capteurs. Depuis, cette technique est utilisée pour indiquer quand une action est réalisée dans le rêve. En particulier, elle a été utilisée pour évaluer les différences qui pourraient exister dans la perception du temps qui passe entre un rêve et la veille. Elle a également permis de définir si les temps de réalisation d'une tâche motrice au cours d'un rêve et pendant la veille étaient différents (La Berge et al., 1981).

Une autre méthode largement utilisée est le témoignage rétrospectif. Cette méthode consiste, pour le participant, à utiliser ses souvenirs pour produire une estimation du contenu ou de la fréquence de ses rêves. Selon les recherches, cette estimation est basée sur des périodes allant de la dernière nuit à toute la vie. Lorsque les évaluations portent sur la dernière nuit, effectuées au réveil ou pendant la journée, elles sont appelées journaux de rêve. Historiquement, ce sont les journaux du rêve qui ont permis de réaliser les premières investigations des phénoménologies du rêve lucide (de Saint-Denys, 1867).

Enfin, des travaux ont aussi évalué la fréquence ou le contenu du rêve. Cela a impliqué, *a minima*, deux méthodes, la première a été utilisée dans une de nos expériences, il s'agit du questionnaire rempli *a posteriori* et la seconde a été celle de la tenue d'un journal de rêves. Il est donc important d'évaluer la fréquence de rêve lucide dans de nombreux échantillons puisqu'ils sont susceptibles de présenter des différences. Le rêve lucide peut survenir spontanément (Schredl & Erlacher, 2004). L'occurrence d'au moins un épisode de rêve lucide spontané au cours de la vie a été évaluée à 77% parmi un échantillon représentatif de 3427 Brésiliens (Mota-Rolim et al., 2013), à 47% parmi 2163 athlètes japonais et allemand (Erlacher et al., 2013), à 50% parmi 214 étudiants suisses (Fingerlain, 2013), à 47% parmi 153 étudiants japonais (Erlacher, Schredl, Watanabe, Yamana, Gantzert., 2008), à 61.3% parmi 348 étudiants chinois (Kai-Ching Yu, 2008), à 89% parmi 492 lecteurs d'un magazine New Age espagnol (Alvarado et Zingrone, 2007), à 82% parmi 444 étudiants allemands des universités de Mannheim, Heidelberg et Landau (Schredl et Erlacher, 2004) et à 64% parmi un échantillon représentatif de 100 Autrichiens de 14 à 69 ans (Stepansky et al., 1999). Si des liens ont été établis entre l'âge des participants (Schredl & Gořitz, 2015) et le nombre d'occurrences de rêves lucides spontanés, ils n'ont pas suffi à expliquer l'importante variabilité des résultats ayant été observée précédemment. Mota-Rolim (2013) a suggéré à ce propos que ces variations pouvaient émerger de l'usage de différentes définitions théoriques du rêve lucide, de la variabilité de la compréhension du rêve lucide par les participants et de l'hétérogénéité des aspects socioculturels entre les différentes cohortes de participants.

Le rêve lucide peut également être induit (Saunders et al., 2016). Pour rappel, le rêve lucide est un état de conscience dans lequel une personne en train de rêver présente les marqueurs physiologiques du sommeil et est capable d'entreprendre

volontairement des actions dans le rêve. De façon originale, cette capacité permet de surmonter les obstacles conceptuels de l'étude des effets des rêves sur la mémoire. Grâce à cette capacité, elle peut potentiellement accomplir des actions spécifiques telles qu'elles pourraient être proposées dans les instructions d'un protocole expérimental. Dans le contexte du rêve lucide, il est possible de tester l'effet du rêve sur la cognition en éveil. Cette capacité a représenté un changement paradigmatique important, en ce sens qu'il a levé une partie des blocages inhérents aux rêves et à l'impossibilité d'en décider le contenu (Noreika et al., 2010).

La personne en rêve lucide peut donc, dans un rêve, se souvenir d'éléments prédéterminés, faire quelque chose, et confirmer qu'elle réalise ces tâches alors même qu'elle est encore endormie. Les rêves lucides ont permis, par exemple, de démontrer que les rêves se produisent bien au cours du sommeil, que leur déroulé temporel est comparable à celui de la veille, que la réalisation d'une action en rêve est susceptible d'avoir une incidence sur les réalisations ultérieures de ces actions et que les récits de rêve peuvent être corroborés par des marqueurs objectifs tels que des mouvements oculaires (Erlacher et al., 2003, 2014; Fenwick et al., 1984; voir Guénoles & Nicolas, 2010). De ce fait, le rêve lucide a permis de faire entrer le contenu du rêve dans le champ de l'expérience humaine. Une expérience humaine qui est à la fois objectivable et manipulable et qui montre que la réalisation d'une action dans un rêve est susceptible d'avoir un impact sur les performances ultérieures d'exécutions de ces actions dans la réalité (Erlacher & Schredl, 2008, 2010).

Le rêve lucide a permis d'inclure les épisodes survenant dans les rêves dans le champ plus large des expériences épisodiques à même d'influencer la mémoire. À ce titre, il est nécessaire de poursuivre les investigations portant sur la façon dont ces expériences influencent l'adaptation des individus à leur environnement. Toutefois, des difficultés empêchent la généralisation des études en rêve lucide aux recherches portant sur les liens entre le sommeil, les rêves et la mémoire.

La première difficulté concerne les obstacles à l'induction du rêve lucide chez des personnes dans le cadre d'une recherche scientifique. En effet, il n'existe pas, à ce jour, de méthode permettant avec certitude d'induire les rêves lucides. Il est également possible de questionner l'incidence que l'induction peut avoir, en elle-même, sur le cadre expérimental. Cet effet propre probable des méthodes d'inductions est une entrave à l'investigation. De plus, les études de prévalences

illustrent la difficulté d'observer un rêve lucide spontané lors dans le cadre d'une recherche.

La deuxième est théorique et réfère aux conceptions du rêve lucide. Le rêve lucide est-il un phénomène connexe des autres phénomènes oniriques et en cela, les résultats obtenus lors de recherches permettent-ils d'inférer le fonctionnement du rêve normal ? De ce point de vue, le manque de consensus sur les définitions du rêve lucide et notamment sur la façon dont il s'intègre à un continuum d'expérience onirique est une limitation intrinsèque aux études en rêve lucide. En effet, il devient complexe de définir si les observations émergent du fait que les participants soient dans un état de lucidité dont les manifestations sont hybrides entre la veille et le sommeil ou de l'état de rêve. En l'état actuel des connaissances, les résultats obtenus à l'aide d'investigation faite au cours du rêve lucide peuvent possiblement ne pas correspondre aux processus et mécanismes qui seraient impliqués avec des rêves plus typiques.

La dernière difficulté est déontologique et concerne les effets éventuels de l'induction de rêve lucide. Certaines inductions demandent au participant de se réveiller au cours de la nuit, ou de s'appareiller avec des dispositifs produisant un signal, au cours de la nuit, susceptible d'être détecté par le rêveur et de conduire au rêve lucide. Ces méthodes peuvent possiblement avoir un effet néfaste sur la qualité du sommeil des participants (Soffer-Dudek, 2020; Vallat & Ruby, 2019).

Un état de rêve lucide qui ne présenterait pas les défauts évoqués dans le paragraphe précédent semble difficile à atteindre et il n'existe pas à ce jour de méthode satisfaisante d'induction (Saunders et al., 2016). Ainsi, pour conclure, bien que le rêve lucide ait un potentiel important comme outil méthodologique dans des études portant sur l'effet du contenu des rêves sur la vie éveillée, la faisabilité de cette utilisation comme outil méthodologique est une question en suspens qui justifie son investigation.

En cas de non-faisabilité, des alternatives potentielles au contrôle lucide existent toutefois. Par exemple, la méthode de l'incubation onirique consiste à demander aux personnes de préparer le rêve en utilisant l'imagination et l'intentionnalité (Barrett, 1993). L'incubation onirique est principalement étudiée pour la résolution de problèmes. Cependant, cette préparation dans le cadre de la méthode d'incubation

pourrait logiquement avoir un effet propre à même d'interférer avec nos objectifs. En contradiction avec ces perspectives interventionnistes sur le contenu du rêve, Blagrove (2011) a proposé une autre façon de concevoir le contenu de l'expérience onirique dans un contexte expérimental. Pour lui, l'obstacle principal à l'étude systématisée de la fonction du rêve ne réside pas nécessairement dans l'incapacité à induire du contenu, mais à recueillir ce contenu. Blagrove (2011) a fourni l'exemple d'une étude dans laquelle une comparaison de performances se ferait entre des personnes qui rapporteraient ou ne rapporteraient pas avoir rêvé d'une tâche à laquelle ils ont été confrontés lors de l'éveil. De telles observations sont donc susceptibles de permettre de définir les effets du sommeil et des rêves sur les performances de mémoire.

3. MÉMOIRE : EFFETS DU SOMMEIL ET DES RÊVES

Les traces de nos expériences de vie sont maintenues, transformées ou améliorées pendant une période de sommeil. Ces modifications permettent ensuite de meilleures performances de rappel lors de l'éveil.

Dans ce contexte, nous présenterons une conception dynamique de la mémoire basée sur des traces multiples pouvant être réactivées et modifiées au cours de la veille et du sommeil et susceptible d'influencer les phénomènes oniriques.

3.1. Conceptions de la mémoire

La question de la mémoire est posée à un niveau dynamique et fonctionnel. Notre intérêt porte à la fois sur la façon dont les épisodes rencontrés par les individus modifient leurs traces mnésiques et à la fois sur la façon dont ces changements entraînent une modification des performances de rappel lors de tâches ultérieures.

Nous proposerons d'abord, une approche dynamique et fonctionnelle dans laquelle nous discuterons des théories unitaires de la mémoire en nous focalisant sur la façon dont elles expliquent le fonctionnement mnésique des individus. À cet égard, les concepts de mémoire dynamique, de traces mnésiques et d'ecphorie seront discutés. De plus, nous aborderons plus spécifiquement les traces multiples et leurs interactions entre elles et vis-à-vis de l'expérience. Nous présenterons sur ce point les phénomènes de reconsolidation, d'activation et d'intégration. Nous évoquerons ensuite les niveaux associatifs et relationnels à l'œuvre dans la mémorisation et nous proposerons qu'ils puissent rendre compte des processus de changements survenant dans la mémoire, notamment au cours du sommeil.

3.1.1. Approche dynamique et fonctionnelle

Les conceptions théoriques non abstraites, unitaires, et dynamiques de la mémoire, reposent sur des traces mnésiques multiples et considèrent que les phénomènes mnésiques résultent de l'expérience et sont donc issus d'une intrication entre l'individu et son environnement.

Une approche neuropsychologique de la mémoire prend en compte son support physiologique. Salehi et ses collaborateurs (2018) ont indiqué que la participation de

l'une ou l'autre des régions corticales et sous-corticales aux processus cognitifs se reconfigure en permanence en fonction de la tâche à accomplir ou de l'état de vigilance des individus. Ces reconfigurations observées entre les régions témoignent de celles survenant à un niveau subordonné, celui des neurones. En effet, ces transformations prennent notamment la forme concrète, au niveau cortical, de la pousse de nouvelles épines dendritiques et de synapses (Lesburguères & Bontempi, 2011).

Le cerveau change fonctionnellement au contact de l'expérience. Cela invite à utiliser une conceptualisation qui prend en compte cette reconfiguration permanente. Les conceptions dynamiques de la mémoire considèrent justement que la mémoire se transforme en permanence en fonction des situations auxquelles sont exposés les individus. Cette capacité de changement et d'adaptation neuronale est appelée plasticité cérébrale. L'étude des mécanismes sous-tendant la plasticité cérébrale est un champ d'investigation commun entre les neurosciences et la psychologie (dont particulièrement la neuropsychologie). Ces disciplines partagent historiquement une émergence commune débutant par l'investigation du substrat biologique de la mémoire : un réseau neural dense, intriqué et hyperconnecté.

La recherche des bases cellulaires de la mémoire a permis de développer le concept d'engramme mnésique au cours d'une longue et profuse histoire (Josselyn et al., 2017). Les travaux de Ramon y Cajal (1894a), s'appuyant sur la procédure de Golgi (1891), ont montré comment les neurones étaient des unités minimales fondamentales organisées entre-elles et constituant un réseau connecté dense et étendu traversant les structures cérébrales (voir également Ramón y Cajal, 1894b). L'idée que l'expérience influence les paramètres de ce réseau a amené le biologiste Richard Semon (1904 traduit en 1923) à proposer la notion d'engramme. Pour Semon, l'engramme est l'effet qu'a un stimulus sur le cerveau. Un engramme est une potentialité jusqu'à ce que les conditions nécessaires à sa réalisation concrète surviennent. Dans notre cerveau, l'engramme est le substrat physiologique concret de la mémoire sur lequel s'impriment et s'associent les traces de l'expérience. L'idée que les expériences rencontrées par les individus sont susceptibles de laisser une trace dans leur organisme remonte à l'antiquité (Josselyn et al., 2017). La notion d'engramme est toutefois récente et a donc été formalisée par Semon (1923). Semon (1923) a apporté un autre terme important : l'ecphorie. Elle peut être vue comme la

résultante de la rencontre entre les traces et les conditions nécessaires à leurs activations. L'engramme peut donc être vu comme la trace physique et objective qu'opère l'expérience dans le substrat neuronal. C'est l'entité qui permet la mémoire. Cette entité est une potentialité qui reste dormante jusqu'à ce que des conditions, dans la situation actuelle, présentent des similarités avec les expériences passées et permettent l'écphorie.

En psychologie, la proposition que les phénomènes mnésiques dépendent des caractéristiques du réseau cortical est aussi très ancienne. Baldwin (1893), constatant la densité structurelle importante du cortex, a noté comment différentes structures (ou éléments) du cerveau étaient reliés par des connexions multiples. Il en a déduit que les éléments devaient communiquer entre eux et a proposé qu'un stimulus d'un seul élément puisse activer de nombreuses connexions suivant un gradient allant des connexions les plus établies aux plus faibles. Baldwin a également ajouté un parallèle psychologique à ses observations physiologiques en citant comment la présentation d'une cloche pourrait, dans ce réseau, conjointement activer les fibres musculaires associées à la prononciation des mots, l'effet du son d'une cloche qui sonne ou l'effet du contact métallique sur les doigts. Il a déclaré que la façon dont ces associations se produisaient en mémoire dépendait des expériences précédentes avec la cloche.

Baldwin (1893) a indiqué deux propriétés des associations se formant dans le réseau, la contiguïté qui désigne une association qui se produit lorsque les phénomènes sont perçus ensemble dans la même temporalité et la ressemblance qui concerne une association qui se produit lorsque les contextes d'occurrence partagent des similitudes. L'exemple de Baldwin (1893) est remarquable puisqu'il comble le fossé entre la physiologie et les caractéristiques psychologiques du fonctionnement de la mémoire dès les premiers temps de la psychologie expérimentale.

Comme indiqué précédemment, dans la continuité de ces idées et au cours du siècle qui a suivi, définir comment un tel réseau de neurones peut permettre l'émergence de la mémoire a motivé les neuroscientifiques, les psychologues et les mathématiciens. Hebb (1949), en particulier, a établi la théorie des assemblées de neurones (ou règle de Hebb) qui stipule que des neurones qui s'excitent conjointement se lient entre eux et ont une plus grande probabilité de s'activer ensemble dans le futur. Cette règle permet d'appréhender comment des mécanismes simples peuvent permettre de décrire les fonctionnements complexes

de la mémoire. Hebb (1949) a donc théorisé comment les cellules neuronales sont capables de coordonner leur activité. La théorie des assemblées de neurones est une explication des phénomènes à l'œuvre dans la création de la trace et dans les réassociations qui surviennent à la suite de ses réactivations. La collatérale de la règle de Hebb (1949) est que les connexions entre des neurones qui ne sont pas activées au même moment tendent à s'affaiblir ou disparaître. La potentialisation synaptique à long terme (PLT) et la dépression synaptique à long terme (DLT) sous-tendent ces phénomènes et permettent la plasticité cérébrale. Les assemblées de neurones, supportées par les mécanismes de PLT et DLT, sont nécessaires aux performances de mémoire (McHugh et al., 1996; Morris et al., 1986; Whitlock et al., 2006).

Par ailleurs, l'engramme n'est pas confiné à l'une ou l'autre des régions du cerveau, mais résulte d'une intégration interstructurelle de l'expérience (Orbach, 1998). La mémoire est organisée en réseau entre les différentes structures du cerveau et les traces mnésiques sont distribuées à travers ces structures. Cette organisation en réseau de neurones permet à l'activation de parcourir ce réseau de proche en proche et de maintenir une activité au-delà de l'exposition sensorielle. Les recherches depuis les années 1950 ont, *a posteriori*, validé les observations et théories de Ramón y Cajal (1894a), Semon (1923) et Hebb (1949) concernant un système capable de modifier, renforcer et transformer les connexions du réseau qui le compose (Andersen et al., 1966; Lømo, 1966). C'est de la façon dont les traces se forment et interagissent entres-elles que dépendent les performances de mémoire.

L'hippocampe joue un rôle essentiel dans la formation des traces en mémoire ; notamment, les activations hippocampiques sont particulièrement impliquées dans les aspects spatiaux et temporaux des épisodes. Il a longtemps été supposé que les neurones individuels de la région hippocampique conservaient l'information pendant un temps relativement court et que les traces étaient ensuite stabilisées dans le cortex et devenaient indépendantes de l'hippocampe avec le décours du temps (Gonzalez et al., 2019). Cela est susceptible d'entraîner une stabilisation du souvenir et une réduction de sa labilité. Ce processus est appelé consolidation. La consolidation propose qu'un événement rencontré par l'individu soit encodé puis consolidé et enfin fixé en mémoire dans une relative permanence. La consolidation peut donc être décrite comme étant une stabilisation de la trace en mémoire et son immunisation contre les interférences (McGaugh, 2000; Sara & Hars, 2006). Les premiers

expérimentalistes ont d'ailleurs proposé le terme consolidation pour décrire le processus de formation de la trace mnésique (Ebbinghaus, 1909; Sara & Hars, 2006). La consolidation propose donc que les traces en mémoire soient initialement fragiles et sujettes à l'oubli puis se consolident. La consolidation étant le processus conduisant à la conversion de ces traces fragiles en traces de mémoire plus stables (McClelland et al., 1995).

Depuis le début du XXI^e siècle, la formulation de la théorie de la reconsolidation a interrogé la vision classique de la consolidation (voir Nadel et al., 2012). Les processus de reconsolidation stipulent qu'une trace réactivée par l'expérience (lors d'une récupération par exemple) devient à nouveau sujette à des modifications (Figure 5). Un souvenir auparavant fixé (consolidé) peut donc évoluer, changer et être inclus dans de nouvelles traces (Nadel et al., 2012). Par exemple, les éléments d'une trace initiale peuvent être réactivés dans de nouveaux contextes et devenir sensibles aux propriétés des composantes de cette nouvelle trace associée (Nadel et al., 2012). Le processus de reconsolidation implique que les nouveaux apprentissages sont susceptibles de modifier la mémoire en créant de nouveaux liens entre les événements. Les premiers auteurs à avoir employé le terme reconsolidation regrettent toutefois cette appellation notamment parce qu'elle ne constitue pas une rupture suffisante avec le concept de consolidation (Sara & Hars, 2006). À ce titre, Llewellyn (2015) a proposé la terminologie réassociation pour mettre l'accent sur les changements organisationnels qui surviennent entre les traces mnésiques suite à la réactivation de ces traces. Le terme reconsolidation est préféré dans le présent manuscrit pour coïncider avec l'appellation la plus répandue. La proposition du terme réassociation permet pourtant de considérer l'importance de ces changements associatifs lors du déroulement des processus mnésiques. En effet, Llewellyn (2015) a indiqué que la réassociation renvoie à une modification dynamique de la matrice de connectivité du réseau cortical. Le concept de reconsolidation concerne donc la façon dont la mémoire est dynamique et évolutive dans son déroulement.

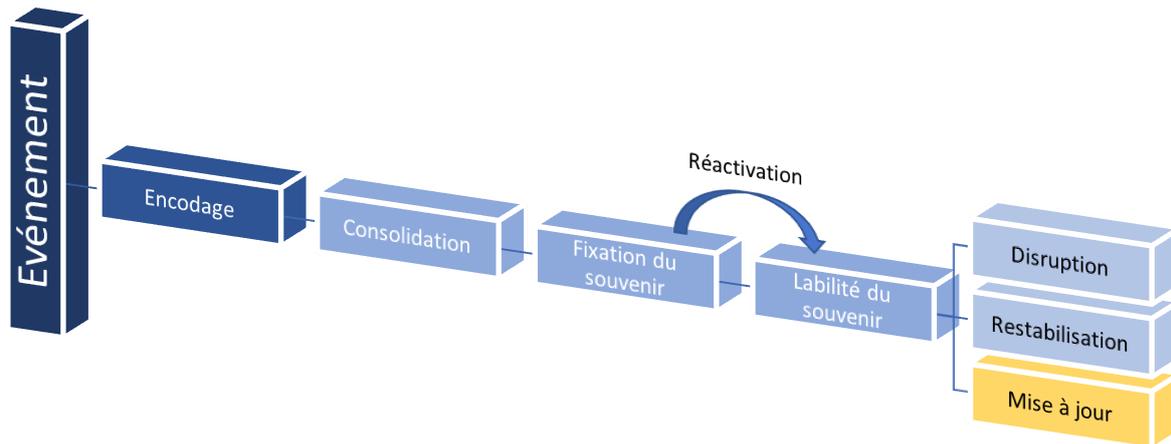


Figure 5 représentations du phénomène conduisant à la labilité de la trace mnésique et aboutissant à la modification des liens en mémoire. Adaptée de Nadel et collaborateurs (2012).

L'interfaçage de l'individu avec le monde crée les traces en mémoire et c'est l'accumulation de ces traces, leurs interactions et leurs modifications au cours du temps qui permette l'adaptation et produit les performances de mémoire. Pour résumer, dans ces conceptions, ce sont les transformations que subissent les traces au cours du temps qui génèrent les observables liés à la mémoire dans les différentes recherches menées (Nadel et al., 2012). Nadel et collaborateurs (2012) indiquent 6 points importants concernant la forme de la mémoire : (1) les distinctions entre les différents processus de mémoire font peu de sens du point de vue de la réalité physiologique du cerveau ; (2) c'est la nature des informations qui définit l'organisation des traces ; (3) les mêmes traces peuvent être impliquées dans des activités cognitives différentes ; (4) le monde est expérimenté de façon épisodique dans des contextes spatiaux et temporels particuliers. La mémoire permet, dans un premier temps, la remémoration épisodique avec ces contextes particuliers ; (5) L'information est traitée de façon multiple et parallèle ; (6) les souvenirs ne sont pas récupérés à partir d'une entité immuable, mais sont remémorés.

La valeur explicative des modèles à traces multiples est corroborée par des formalisations mathématiques qui ont permis de modéliser les phénomènes fondamentaux similaires à ceux observables dans la mémoire humaine ; notamment l'émergence de l'abstraction de schéma ou de la distinction entre composante épisodique et sémantique (Hintzman, 1984, 1986). La simulation appelée Minerva 2 par exemple, postule un stock de traces qui, lors d'une rencontre avec une sonde (des indices de récupération), active un certain nombre de traces corollaires en

fonctions des similarités de ces traces et de la sonde. Plus le nombre de traces activées est important plus les caractéristiques épisodiques des traces seront moyennées et plus l'émergence aura une tonalité sémantique. La mise en lien, les recombinaisons et les relations entre les traces sont dépendantes de mécanismes basiques opérant sur ces traces, telles que celles proposées par Hintzman (1986). Ce modèle, ainsi que les éléments proposés dans ce chapitre, invitent à considérer que les expériences vécues par un individu ne le sont jamais en isolations, mais s'associent et se mettent en relation en fonction et au sein d'un support physiologique en perpétuelle reconfiguration. Ces associations sont donc logiquement susceptibles de témoigner de ce fonctionnement dynamique.

L'individu confronté à de nouvelles informations doit les assimiler et les intégrer aux connaissances préexistantes. Cette assimilation se réalise en fonction de ces connaissances préexistantes : l'ecphorie va se produire en fonction de la correspondance entre les traces préexistantes et les indices de réactivation présents dans l'environnement. Cette réactivation des traces va permettre de les compléter ou de les modifier en fonction de la nouvelle expérience en cours.

Le modèle Act-In (Versace et al., 2014) peut être considéré comme une formalisation des apports discutés précédemment qui est capable de rendre compte des modifications du système face à l'expérience. Le modèle Act-In s'inscrit dans une perspective connexionniste et propose que les souvenirs ne soient pas stockés, mais résultent du couplage de l'expérience présente avec les expériences passées. Ce couplage implique que les expériences sont influencées par les traces préexistantes en mémoire et que ces traces en mémoire sont influencées par les épisodes rencontrés par les individus. Dans ce modèle, les souvenirs émergent des perceptions, actions ou introspections partageant des similarités avec la situation actuelle (Cherdiou et al., 2018). Act-In postule que les traces en mémoire sont le reflet des composantes des expériences passées (sensorielles, émotionnelles et motrices). La mémoire est décrite comme une propriété émergente de cette répartition et des transformations que les traces subissent. Dans ce modèle, les composantes sont reliées entrent-elles en fonction des expériences, par exemple, le mot banane active les composantes associées comme le jaune ou le goût sucré (Brunel et al., 2009; cité par Cherdiou et al., 2018).

Act-In (pour Activation - Intégration) s'appuie en effet sur une conception incarnée et non abstraite ; en cela qu'elle ne dépend pas d'un stock de représentations perceptives. La présentation de ce modèle dans ces lignes a pour but d'expliquer comment le concept des traces multiples en mémoire peut être formalisé et permettre l'investigation des processus de mémoire à travers une vision fonctionnelle. Dans ce modèle, la connaissance est le résultat du fonctionnement dynamique de la mémoire. Ce fonctionnement dynamique prédit que la connaissance n'existe pas pour elle-même, mais qu'elle est une propriété émergente de la cognition. Le modèle Act-In soutient que la mémoire est composée de traces qui sont distribuées dans le cerveau et chaque composante de la trace est conservée préférentiellement dans des zones cérébrales dédiées (Cherdiou et al., 2018). Act-In repose sur plusieurs postulats concernant le fonctionnement cognitif et mnésique. Premièrement, les traces en mémoire reflètent de façon non abstraite les expériences passées et, notamment, leurs propriétés sensorimotrices ainsi que les états émotionnels et motivationnels des individus. Les traces de mémoire sont réparties sur de multiples systèmes neuronaux qui codent les multiples composantes de l'expérience. Deuxièmement, la connaissance est émergente et est le produit du couplage de l'expérience présente avec les expériences passées. Troisièmement, le cerveau est un système de catégorisation qui se développe par accumulation d'expériences et qui, par défaut, produit un savoir catégoriel. Quatrièmement, l'émergence de connaissances spécifiques (mémoires ou connaissances épisodiques) exige des mécanismes simples qui se produisent pendant l'apprentissage et la récupération (c.-à-d., activation interactive et intégration). Ce modèle décrit donc deux mécanismes fondamentaux du fonctionnement de la mémoire : l'activation et l'intégration. L'activation peut être vue comme un processus d'appariement qui, en fonction des similarités entre les expériences, active les traces partageant les mêmes traits modaux et les mêmes caractéristiques que l'indice. Le traitement d'un indice entraîne donc des activations en parallèle et en cascades dans de multiples structures et active les composantes de l'expérience (émotions, motricité, sensorialité). L'intégration peut être vue comme le processus d'unification de ces activations au sein du système cognitif. Les différents traits activés influencent la récupération d'un souvenir et en garantissant la distinctivité (vis-à-vis des autres traces). Il a été proposé que les effets du sommeil puissent être expliqués par les phénomènes à l'œuvre sur les traces tels que proposés par ce modèle (Cherdiou et al., 2018).

Pour résumer, les éléments abordés dans ce chapitre proposent que les événements que nous vivons ne soient pas isolés les uns des autres, mais qu'ils se réorganisent selon le décours de l'expérience. Du point de vue mnésique, cela invite à s'interroger sur la façon dont ces expériences s'associent et se mettent en relation.

3.1.2. Niveaux associatifs et relationnels

L'expérience humaine repose sur des processus associatifs qui conjuguent les éléments temporels, spatiaux et circonstanciels de l'expérience. Les termes association et relation, tels qu'employés dans ce chapitre, font référence aux liens qui surviennent dans le processus même de la mémorisation. En effet le cortex cérébral peut être vu comme un réseau étendu d'opérateurs interconnectés. Ce sont ces interdépendances et interconnexions qui créent le fonctionnement associatif.

L'intérêt pour l'association comme principe directeur de la mémoire apparaît, en psychologie, dès l'émergence de son versant scientifique : à l'exemple de Baldwin évoquant comment le son d'une cloche est susceptible d'activer également son apparence peut s'ajouter celui de James (1890) qui a proposé que la dynamique même régissant l'articulation des traces mnésiques soit associative. Pour être spécifique, James (1890) a indiqué que le mécanisme de rappel est identique au mécanisme d'association et que le mécanisme d'association est « *la loi élémentaire des centres nerveux* » (p. 654). Il a ajouté que les associations en mémoire sont la conséquence de la présence purement physique des traces mnésiques au sein « *des plus fines cavités des tissus du cerveau* » (p. 655).

Le concept de mémoire associative a continué à être influent à travers l'histoire de la psychologie. L'intérêt pour les associations se retrouve notamment dans les travaux d'Anderson et Bower (1973), qui ont proposé une théorie néo-associationniste de la mémoire qui a donné une nouvelle impulsion aux théories connectionnistes en montrant notamment comment elles pouvaient expliquer les généralisations médiatisées, c'est-à-dire les inférences relationnelles. Les travaux postérieurs d'Anderson ont complété ce modèle dans des perspectives structuralistes, mais des perspectives connectionnistes ont continué à émerger proposant des modèles de mémoire s'appuyant sur les mécaniques de bases opérant sur les traces mnésiques (Ellis & Humphreys, 2020). En effet, l'association peut être vue comme la mise en lien dans la mémoire de deux entités présentées de façon contiguë et la relation peut

être considérée comme le lien secondaire qui se crée entre des associations présentant un point commun. Par exemple, si un enfant goûte un haricot vert et a une expérience gustative déplaisante, il est possible que la simple vision d'un haricot dans un autre contexte puisse lui rappeler l'expérience associée. La présentation d'un élément, ici le haricot, d'une association créée au cours de l'expérience est donc susceptible d'activer l'autre élément, le dégoût. Ce sera ce niveau qui sera décrit comme associatif dans ce manuscrit. Par ailleurs, il est possible que le prochain aliment vert rencontré se voit inférer les propriétés de l'élément associé précédemment avec le vert, ici le haricot provoquant une expérience gustative déplaisante. En d'autres termes, nous postulons un paradigme AB-BC A-C où si une association A-B et une association B-C se créent (où A=Vert, B=Haricot et C=Expérience gustative déplaisante) alors une association de second ordre appelée relation dans ce manuscrit est susceptible de s'élaborer entre A et C. Plus spécifiquement, l'inférence relationnelle peut être définie comme une capacité à inférer de façon flexible une relation en s'appuyant sur les informations existantes ou encore comme la capacité de la mémoire à combiner des informations provenant d'épisodes passés discontinus pour guider les décisions dans de nouvelles situations (Ellenbogen et al., 2007; Henke et al., 2012).

La terminologie « mémoire associative » est utilisée afin de décrire comment des éléments ne faisant pas partie initialement de la même entité s'intègrent au même ensemble. À ce titre, l'évocation d'une association ou encore de processus associatif indique que la performance associative témoigne d'une nouvelle entité rassemblant de façon synchrétique (et non nécessairement cumulative) les propriétés des éléments associés. Pour être spécifique, ce nouvel ensemble est la résultante de l'écphorie impliquant les éléments « associés ». Dans ce contexte, l'évaluation des associations et relations entre les éléments est un choix méthodologique postulant que les performances observées sont susceptibles de témoigner justement de ces processus dynamiques. La relation est une association en cela qu'elle relève d'une intégration secondaire (ou indirecte) d'éléments qui n'ont pas été expérimentés dans le même espace ou la même temporalité. C'est en cela qu'ils sont différenciés des associations qui, *a minima* dans les tâches proposées expérimentalement, font partie de la même unité temporelle (du même épisode). Dans notre positionnement théorique, l'association est donc considérée comme se référant aux processus de bases de la

mémoire, c'est-à-dire à l'intégration des composantes de l'expérience dans des réseaux de neurones. C'est l'issue de ce processus même qui est associatif.

Il est notable de constater que les dimensions associatives de notre fonctionnement se retrouvent aux niveaux physiologiques et anatomiques. En effet, Buckner et Krienen (2013) ont comparé la taille du cortex associatif chez les hominidés et ont montré l'expansion importante qu'a subi le cortex jusqu'à Homo sapiens (Figure 6). Buckner et Krienen (2013) ont indiqué que l'incidence de cette expansion est une augmentation des réseaux associatifs.

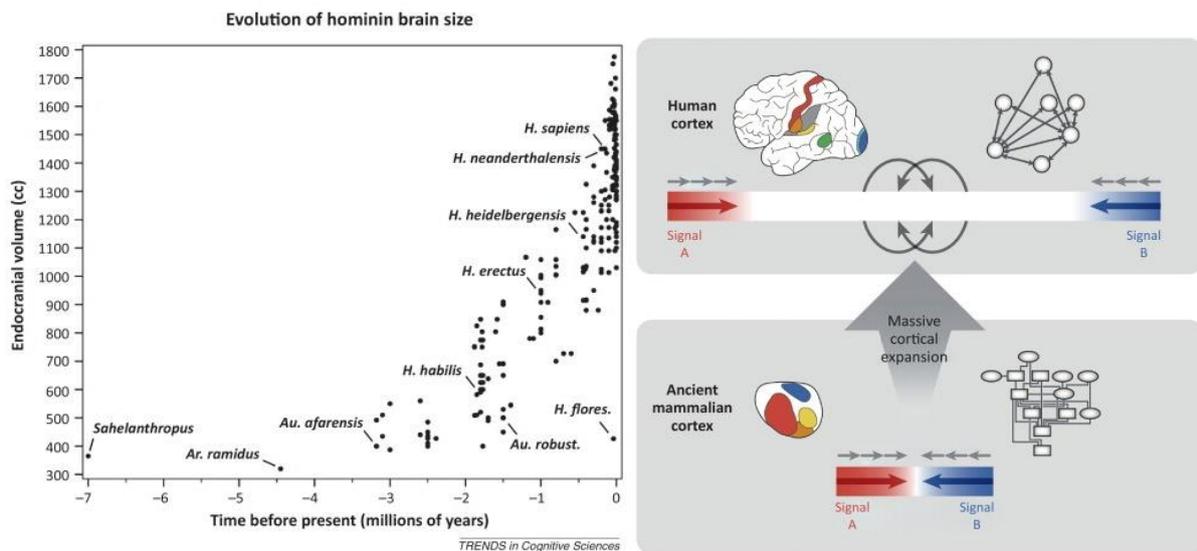


Figure 6 A gauche : Le cortex cérébral humain est très étendu par rapport aux autres primates et est occupé de manière disproportionnée par des régions d'associations distribuées. À droite : Hypothèse de l'ancrage stipulant comment les réseaux associatifs se sont développés phylogénétiquement. Extraits de Buckner et Krienen (2013).

À nouveau, les performances de rappel pour des tâches ayant une composante associative et relationnelle sont considérées comme le signe de ce caractère dynamique de la mémoire et de sa propension à se réorganiser face à l'expérience.

Pour résumer, la mémoire humaine crée de nouvelles connexions entre les nouvelles et les anciennes expériences par des mécanismes qui remodelent les traces précédemment fixées. Ces transformations affectent la mémoire en fonction des similitudes entre les expériences passées et les expériences en cours. Pour simplifier, ce processus dynamique implique l'association et la mise en relation de nos expériences. À ce titre, il est intéressant et important d'établir quels sont les facteurs capables d'influencer les dynamiques de reconfiguration des traces mnésiques. Dans ce cadre,

L'importance du sommeil pour de nombreux aspects de la vie des individus permet de justifier son évaluation conjointe avec la mémoire.

3.2. Mémoire et sommeil

Depuis 150 ans, les études scientifiques ont démontré les effets positifs du sommeil et les effets délétères de sa privation sur la mémoire. Le sommeil permet au cerveau de fonctionner avec une plus grande efficacité en déplaçant les tâches exigeantes telles que les phénomènes de maintenance neuronale et de consolidation de la mémoire vers une période inactive. Le sommeil participe à cette plasticité du niveau cellulaire et au niveau systémique (Abel et al., 2013).

Dans la suite de ce manuscrit, nous discuterons de la façon dont les performances de mémoire fluctuent sur le gradient de vigilance. Nous présenterons ensuite le dialogue hippocampo-cortical à l'œuvre dans la réactivation des traces mnésiques, notamment liées aux cellules de lieu. Enfin nous évoquerons la contribution du contenu des rêves à ces phénomènes de mémoire.

3.2.1. Performances de mémoire et gradient de vigilance

Une référence à Ebbinghaus introduit le présent manuscrit. Ebbinghaus a été un précurseur qui a démontré expérimentalement le lien entre le sommeil et la mémoire (Jenkins & Dallenbach, 1924; Nicolas, 1992). Ebbinghaus doutait cependant que les résultats qu'il observait soient la résultante de l'effet du sommeil (Jenkins & Dallenbach, 1924; Nicolas, 1992). Jenkins et Dallenbach (1924) ont investigué ces résultats et voulu tester si le sommeil avait effectivement un effet protecteur sur la mémoire (en réduisant l'oubli). Jenkins et Dallenbach (1924) ont constaté que les performances de rappel de syllabes absurdes étaient plus importantes après des périodes de sommeil qu'après des périodes d'éveil (Figure 7). Leurs résultats ont confirmé les évaluations antérieures d'Ebbinghaus et ont ouvert le champ aux nombreuses investigations scientifiques de l'effet du sommeil sur les traces mnésiques qui ont suivi.

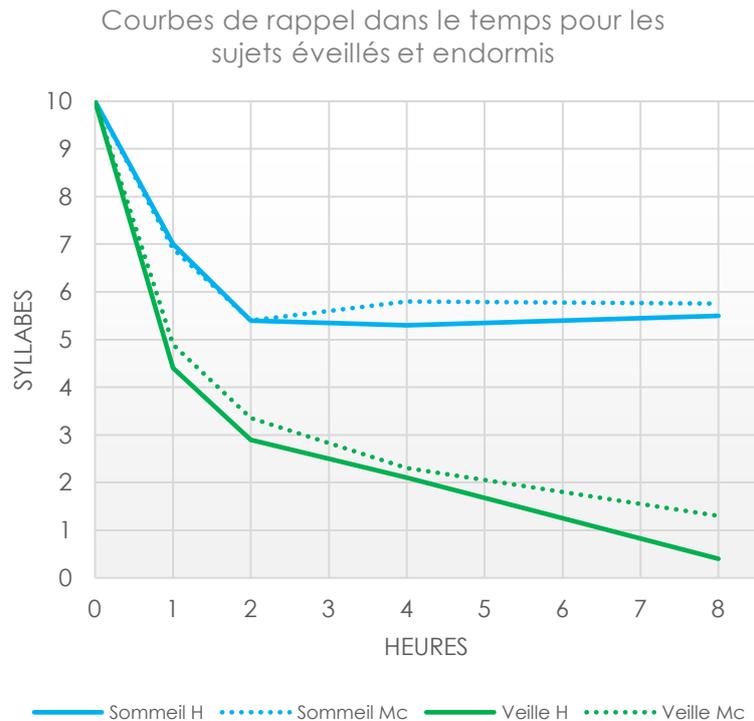


Figure 7 Nombre de syllabes correctement rappelées après divers intervalles contenant de la veille ou du sommeil. Les courbes H et Mc représentent les résultats des deux participants de cette étude. Adapté de Jenkins and Dallenbach (1924).

Dans les années 1970, le sommeil était vu comme un agrégat de deux entités physiologiques distinctes, le sommeil lent et le sommeil paradoxal, n'entretenant pas de rôle partagé sur les transformations des traces mnésiques (Ambrosini & Giuditta, 2001). En accord avec cette vision, les stades du sommeil semblent jouer des rôles distincts dans la consolidation de systèmes de mémoire eux aussi considérés comme distincts (Spencer 2013). Par exemple, les performances en mémoire déclarative seraient liées à la durée du sommeil lent (Gais et Born 2004). Le sommeil paradoxal bénéficierait plus particulièrement quant à lui à la mémoire procédurale (Ackermann & Rasch, 2014).

Cette répartition dichotomique, appelée théorie du double processus (*dual-process theory*), a toutefois été discutée. Il a été suggéré que le sommeil paradoxal serait également impliqué dans la réorganisation, l'intégration et l'optimisation des éléments déclaratifs (Laureys et al. 2001 ; Peigneux et al. 2003 ; Walker et Stickgold 2010). Ces réorganisations permettent l'intégration d'informations initialement disparates dans des réseaux existants permettant notamment la résolution de problème (Cai et al. 2009). Une alternative à la théorie des processus duels est de considérer un rôle complémentaire des stades de sommeil, le sommeil lent serait

particulièrement impliqué dans la consolidation initiale alors que l'activation du néocortex hippocampique lors du sommeil paradoxal témoignerait d'une phase de reconsolidation mnésique (Datta 2000 ; Louie et Wilson 2001 ; Jones et Wilson 2005). Le sommeil est cyclique, une période de sommeil paradoxal est toujours précédée d'une période de sommeil lent. Ce caractère cyclique du sommeil autorise à considérer que la succession des phases est susceptible d'avoir un effet singulier sur la cognition. Le rôle du sommeil paradoxal dans la formation de la mémoire complète effectivement celui du sommeil lent qui le précède (Ambrosini & Giuditta, 2001 ; Klinzing et al., 2019). La fonction de cette cyclicité sur le raffinement et l'intégration des traces en mémoire a fait l'objet d'investigations sous l'appellation de l'hypothèse séquentielle (Ambrosini & Giuditta, 2001 ; Giuditta, 2014).

Selon l'hypothèse séquentielle, les épisodes vécus pendant le réveil sont susceptibles de créer des traces en mémoire qui seront ultérieurement traitées pendant le sommeil suivant deux étapes successives similaires à la succession des stades de sommeil. Ces étapes se produisent donc respectivement pendant le sommeil lent et le sommeil paradoxal. Pendant le sommeil à ondes lentes, les traces à conserver sont distinguées des traces concurrentes à éliminer. Puis, les traces retenues sont réactivées pendant le sommeil paradoxal et intégrées dans les traces préexistantes. Ainsi, il peut être avantageux d'étudier l'effet du sommeil sur la mémoire (et les traces mnésiques) pendant une nuit complète présentant plusieurs alternances entre le sommeil lent et le sommeil paradoxal.

Le processus par lequel une trace mnésique devient plus stable et moins vulnérable à l'oubli ou à l'interférence est appelé *consolidation mnésique* et est maximisé par une période de sommeil (Walker 2005 ; Stickgold 2005 ; Diekelmann et al. 2009 ; Diekelmann et Born 2010). Ce processus implique des modifications à des niveaux systémiques, cellulaires et moléculaires qui permettent la stabilisation et l'intégration des traces dans d'autres réseaux de traces. Dans ce cadre, la contribution des phénomènes épisodiques oniriques est particulièrement discutée, notamment parce qu'on estime qu'environ la moitié de tous les rêves contiennent au moins un élément d'une expérience épisodique particulière survenue alors que la personne était éveillée (Fosse et al., 2003). Cette proximité entre le contenu de la mémoire et les récits oniriques suggère qu'ils partagent les mêmes structures. Les patients ayant des lésions hippocampiques ont des difficultés à imaginer des scènes cohérentes et montrent des

rêves atypiques, notamment en ce qui concerne leurs caractéristiques épisodiques (Spanò et al., 2020). L'hippocampe et les mécanismes de mémoire qui le sollicite particulièrement sont donc au carrefour de l'expérience épisodique éveillée, mais également de l'expérience onirique. Grosmark et collaborateurs (2012) ont comparé des périodes de sommeil lent précédant et suivant une période de sommeil paradoxal, ils ont relevé une baisse de l'excitabilité de populations de neurones cibles, une réduction globale de l'activité de l'hippocampe et une augmentation de la synchronisation des activations hippocampo-corticales (Miyawaki & Diba, 2016). Par ailleurs, il a été démontré que l'activité de l'hippocampe et ses interactions avec les phénomènes mnésiques coïncident avec l'élaboration de scénarios simulant des événements susceptibles de se produire (Hassabis et al., 2007 ; Hassabis et Maguire, 2009 ; Schacter et Addis, 2007).

L'hippocampe est particulièrement impliqué dans les processus de consolidation et reconsolidation. Cette double implication est une invitation à inclure les expériences épisodiques oniriques et leur récit dans le champ de la mémoire.

3.2.2. Dialogue hippocampo-cortical : l'exemple des cellules de lieu

La trace ou l'engramme hippocampo-cortical se compose d'un ensemble lié de neurones entre l'hippocampe, qui agit comme un index et les composantes néocorticales qui incluent les détails perceptifs, émotionnels et conceptuels (Buzsáki, 1996; Teyler & Rudy, 2007). Du fait de l'indexage hippocampique, les indices de récupérations présents dans l'environnement dans une modalité (sensorielle par exemple) sont susceptibles d'activer un réseau de traces liées. Il a notamment été démontré que les patterns d'activations de l'hippocampe survenant au cours d'un stress induit expérimentalement sont répétés au cours des premiers épisodes de sommeil ultérieurs chez les rats (Wilson et McNaughton 1994 ; Skaggs et McNaughton 1996 ; Louie et Wilson 2001 ; Ji et Wilson 2007). Peigneux et collaborateurs (2004) ont montré que l'activation hippocampique chez les jeunes adultes se reflétait dans un épisode ultérieur de sommeil lent.

Moscovitch, Cabeza, Winocur et Nadel (2016) ont examiné les développements récents de l'étude du rôle de l'hippocampe pour la mémoire et sa contribution aux fonctions cognitives. Ils indiquent que tous les composants hippocampiques ou néocorticaux susceptibles d'être en interaction ne le sont pas en même temps ou

dans toutes les tâches. Moscovitch, Cabeza, Winocur et Nadel (2016) proposent que des sous-ensembles forment des alliances temporaires au cours des processus et que la composition soit déterminée par les exigences actuelles d'une tâche. Les auteurs proposent que les composantes de la mémoire puissent interagir entre-elles et avec d'autres composantes plus tôt et plus tard dans leur déroulé, mais aussi dans d'autres domaines cognitifs, comme le langage, la planification et la prise de décision. Cela illustre comment la mémoire est un processus intégré au sein d'organisme et incidemment en lien avec les autres fonctions de cet organisme tel que le sommeil.

Le modèle de consolidation systémique active postule que les traces mnésiques activées dans la journée sont susceptibles de se réactiver au cours de la nuit. Les cellules de lieu sont des neurones de l'hippocampe dont les activations spécifiques dépendent des positions spécifiques dans un environnement. Au cours du sommeil, l'activation de ces neurones est susceptible de se reproduire suivant la même séquence que lors de l'exploration initiale (Craig et al., 2016; Harvey et al., 2009). D'une façon intéressante, ces activations en séquences au cours du sommeil coïncident également avec des activations du cortex préfrontal médian (Peyrache et al., 2009). En utilisant un modèle animal, ces réactivations ont été principalement démontrées en sommeil lent, notamment en lien avec les fuseaux et les complexes K, mais elles ont également été observées au cours du sommeil paradoxal (Hennevin and Hars, 1985 ; Hennevin et al., 1995 ; Louie and Wilson, 2001 ; Pavlides and Winson, 1989 ; Poe et al., 2000, 2010).

Ces dynamiques ont également été démontrées chez les humains. Ainsi, les performances d'une tâche de rappel d'une exploration de ville virtuelle dépendent de la force des activations hippocampiques lors de l'apprentissage, mais aussi lors des épisodes de sommeil lent profond consécutifs (Peigneux et al., 2004). Des méthodes de réactivations sélectives à l'aide d'odeurs diffusées au dormeur permettent d'observer des activations de l'hippocampe et de tester les processus de consolidation et reconsolidation (Oudiette & Paller, 2013). Lorsqu'il y a congruence entre ces odeurs indicées et celles perçues dans une situation antérieure, il y a une augmentation des performances de rappel liées à ces odeurs spécifiques (Rasch et al., 2007). Rudoy, Voss, Westerberg et Paller (2009) ont proposé des associations d'objets et de positions sur une grille à leur participant. Les objets ont été présentés avec un double encodage, visuel et auditif. Une fois les participants endormis, ils ont

présenté certains des sons qu'ils avaient entendus pendant le processus d'apprentissage. Les objets dont le son associé a été présenté pendant le sommeil étaient mieux placés sur la grille que les autres objets. Diekelmann, Büchel, Born et Rasch (2011) ont testé si la réactivation d'une trace en mémoire pendant le sommeil lent rendait cette trace temporairement labile comme pendant la veille ou si l'effet était différent. Ils ont utilisé une méthodologie qui présentait des odeurs aux dormeurs. Ces odeurs avaient auparavant été associées, lors de l'éveil, à une grille avec des objets représentés à certaines positions. Ils ont ensuite proposé une tâche interférente avec ces cartes, mais sans présenter les odeurs. Les personnes ayant dormi et bénéficié d'une stimulation pendant leur sommeil lent ont montré une meilleure résistance aux interférences pour les items réactivés (indiqué pendant le sommeil par les odeurs). Pour les auteurs, ces résultats suggèrent un effet inverse à celui de l'éveil pour la réactivation pendant le sommeil lent. La proposition qu'une des fonctions centrales du sommeil soit le processus de réorganisation et de consolidation des souvenirs a donc été renforcée par la littérature et les recherches appliquant la réactivation sélective (Abel et al., 2013; Hu et al., 2020; Landmann et al., 2014; Walker & Stickgold, 2006). Ces réactivations sont le signe de changements pour la mémoire. Les mécanismes de consolidation et reconsolidations sont donc bien présents pendant le sommeil. Le sommeil lent présente la particularité de renforcer la trace mnésique contre les interférences (Diekelmann et al., 2011). Le sommeil paradoxal, quant à lui, permet de rendre labile la trace mnésique et de permettre une nouvelle intégration (Figure 8).

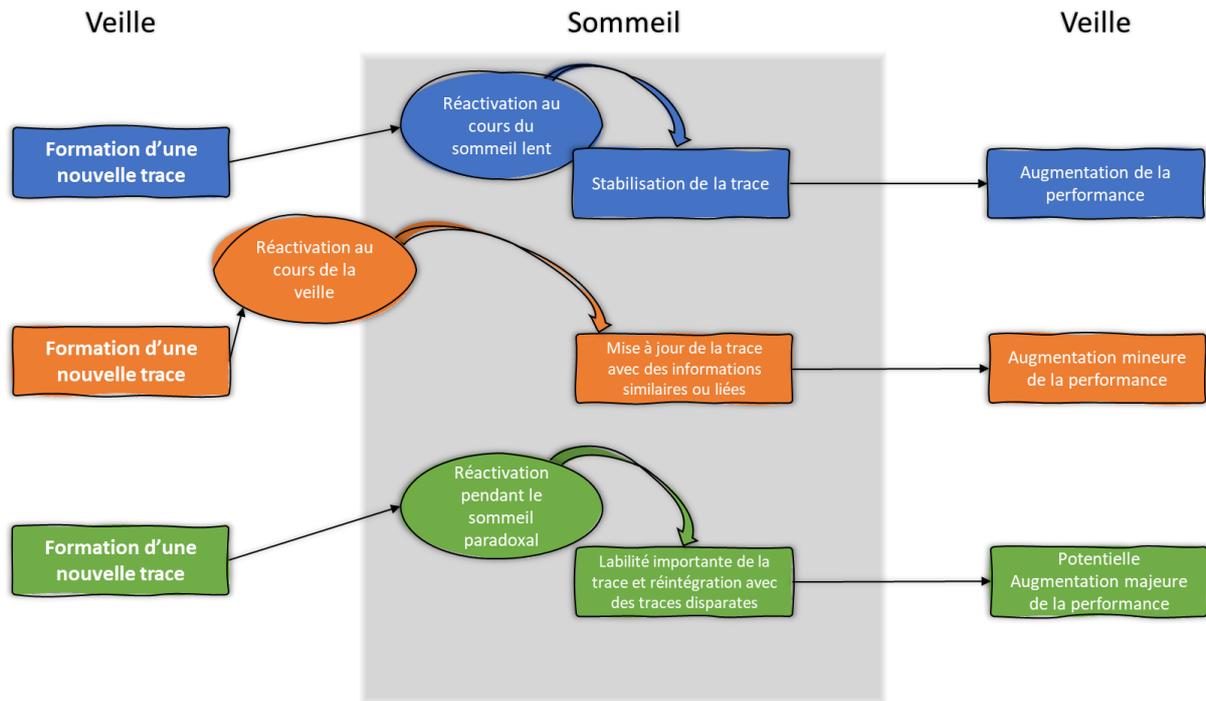


Figure 8 Influence potentielle de la réactivation de la mémoire pendant l'éveil et les différents stades du sommeil. En haut : la réactivation pendant le sommeil lent entraîne une amélioration et une stabilisation de la mémoire dans sa forme originale, ce qui conduit à des souvenirs qui sont de véritables représentations de l'expérience encodée à l'origine. Au milieu : la réactivation pendant l'éveil entraîne une modification et une mise à jour de la mémoire, permettant l'incorporation d'informations nouvelles, mais connexes dans la trace mémoire originale. En bas : la réactivation pendant le sommeil paradoxal entraîne une restructuration substantielle de la mémoire et une recombinaison des fragments de mémoire qui sont isolés dans l'état de sommeil paradoxal. Cette recombinaison peut conduire à des solutions créatives aux problèmes et à la réorganisation de la mémoire. Adapté de Payne (2011).

Ces observations tendent à confirmer que des réorganisations systémiques prennent place au cours du sommeil et qu'elles sont liées, notamment, aux expériences préalablement vécues par les individus notamment sur le plan de la spatialité (Wamsley & Stickgold, 2011). A ce titre, les récits de rêve pourraient se montrer révélateurs des modifications de la mémoire survenant lors du sommeil (Wamsley & Stickgold, 2018).

3.2.3. Mémoire et contenu du rêve

Pour Craik (2020), il n'existe pas de processus distincts de mémoire, mais des processus de perception et de compréhension fortement intriquée au reste du fonctionnement des individus. Dans cette conceptualisation, les processus de récupération reflètent

une tentative du système cognitif global de récapituler (en partie au moins) la même configuration complexe que la configuration initiale.

Lesburguères et Bontempi (2011) ont indiqué que les traces se transforment lors de leur processus d'intégration sur une période variable et progressive au cours de l'apprentissage. Cette période inclut le délai entre un apprentissage et son rappel =, mais également au cours du rappel. Dans les rêves l'individu est placé dans un état où l'environnement est perçu comme réel bien qu'il provienne de l'individu rêvant. Bien qu'endogènes, les expériences ont subjectivement la même valeur, pour l'individu, que si elles étaient exogènes. À ce titre, il est raisonnable de considérer que l'ecphorie survient également au contact de ces situations proches de celles qui ont été vécues à l'éveil et que cela conduit à une recombinaison des traces impliquées.

Du point de vue de l'activité neuronale, le rôle de l'hippocampe est classiquement décrit comme une zone de triage permettant l'indexation temporaire des traces vers le cortex, les liens hippocampo-corticaux disparaissant très rapidement. Moscovitch & Winocur (1992) ont proposé qu'au moment de la création de la trace, l'hippocampe fasse la liaison entre le lobe temporal interne et le néocortex (Tonegawa et al. 2015). Les auteurs indiquent que c'est cette liaison qui permet les représentations multimodales qui forment le contenu d'un épisode. Ce contenu inclut notamment l'état de conscience phénoménologique qui accompagne l'expérience (Moscovitch et al., 2016). Dans cette vision, la conscience de l'expérience, qu'elle soit rêvée ou réellement vécue, est inextricablement liée à la mémoire épisodique.

Le sommeil est un facteur majeur de contribution aux performances mnésiques (Diekelmann & Born 2010). Pendant le sommeil, des processus physiologiques et métaboliques entraînent l'élagage ou le renforcement des traces qui permettront le rappel ou l'oubli, en fonction, par exemple, de ce qui a un contenu émotionnel (Diekelmann et al., 2009). Vallat, Chatard, Blagrove et Ruby (2017) ont évalué comment les rapports de rêves étaient liés aux événements de vie des participants et ont montré que ces souvenirs inclus dans les rêves étaient prompts à changer avec le temps. Les choses que nous rencontrons ne sont pas toutes mémorisées avec la même force. Par exemple, les événements stressants ou avec une intense saillance émotionnelle induisent des traces plus fortes qui durent plus longtemps (de Voogd et al., 2016). Ces tonalités émotionnelles ont tendance à être atténuées après avoir été rêvées (Vallat et al., 2017).

En dehors de ces aspects émotionnels, Wamsley et Stickgold (2018) ont montré que le fait de rêver d'une tâche de navigation dans un labyrinthe virtuel peut améliorer les performances pour cette même tâche. Le contenu des rêves est donc lié aux épisodes rencontrés par les individus au cours de l'éveil et est susceptible de participer à leur mémorisation.

Pour résumer, les expériences oniriques contribuent vraisemblablement aux phénomènes mnésiques. L'individu qui dort est dans un état de conscience spécifique coïncidant logiquement avec un fonctionnement cérébral lui aussi spécifique. Ce fonctionnement influence les processus de bases régissant l'organisation du support physiologique de la mémoire. Les rêves qu'expérimentent les individus au cours du sommeil sollicitent et modifient donc la mémoire.

Une question essentielle reste de définir dans quelles mesures les rapports que peuvent formaliser les individus à l'éveil concernant ces expériences oniriques sont susceptibles de renseigner sur les transformations mnésiques qui ont eu lieu au cours de la nuit.

PARTIE EXPERIMENTALE

1. PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

Dans l'introduction, nous avons cherché à définir comment la mémoire est le produit d'un corps vivant qui change au cours de la journée. Lorsqu'une personne est endormie, une activité importante du cerveau et de la pensée (psyché) est vérifiée à la fois par les corrélats physiologiques obtenus en laboratoire, par les comportements des dormeurs et également par les expériences subjectives que rapportent les personnes à l'éveil.

Au même titre que la veille, le sommeil est donc le lieu d'une rencontre entre la mémoire, la vigilance et la subjectivité. Une vue dynamique de la mémoire s'intéresse à la façon dont elle intègre de nouvelles informations en fonction des expériences antérieures. Cette intégration conduit à l'établissement d'associations et de relations entre les éléments. Dans ce contexte, notre problématique générale s'articule autour de la question de la liaison des informations vécues entres-elles et de l'amélioration de la qualité de ces liens lors d'une période de repos.

Notre abord de la conscience est matérialiste par opposition au dualisme évoqué précédemment. De ce point de vue, la conscience est issue des mêmes entités que le reste de la cognition et notamment de la mémoire (Skokowski, 2002). Face aux variations de l'état de conscience sur les deux dimensions du niveau et du contenu de conscience proposées par Laurey, Boly, Moonen et Maquet (2009) se posent donc la question du fonctionnement cognitif associé. Comment les états de conscience, et en particulier le sommeil, participent au fonctionnement de la mémoire ?

Plus largement, nous nous sommes inscrits dans une conception de la psychologie qui considère que la subjectivité de l'expérience est une fenêtre ouverte les changements en mémoire. Plus prosaïquement, lorsqu'un individu signale la présence d'un élément spécifique dans son rapport de rêve, cela peut raisonnablement être considéré comme étant une incidence des activations des traces mnésiques pendant le rêve. À ce titre, nous avons évalué comment les expériences oniriques participent ou cooccurrent aux changements de performances associatives et relationnelles de la mémoire imputables, à l'intégration, la modification et la réorganisation des traces de mémoire.

Notre finalité est la caractérisation de la participation du sommeil aux modifications de la mémoire telles qu'elles peuvent être inférées à partir des performances de rappel dans un contexte expérimental. Ce but se déploie autour de trois objectifs principaux :

1. Établir les caractéristiques du sommeil et du rêve dans notre population ;
2. Établir quelles méthodes de collecte et d'investigations peuvent être préférentiellement utilisées pour évaluer les expériences oniriques ;
3. Évaluer comment une période de sommeil modifie la mémoire et entraîne des changements dans les performances, notamment sur le plan associatif.

2. PRÉSENTATION DES PRODUCTIONS SCIENTIFIQUES

La thèse soutenue dans ce manuscrit est que le sommeil et les expériences à la première personne qui l'accompagnent sont susceptibles d'influencer la mémoire des individus. Dans ce contexte, nous avons développé 3 objectifs se traduisant en recherche.

1. Étude des caractéristiques du sommeil et des rêves

Les individus ne sont pas égaux dans leurs caractéristiques de sommeil. En particulier, les étudiants sont susceptibles d'avoir une qualité inférieure au reste de la population et un profil chronotypique particulier. Ils doivent, de plus, répondre à des activités cognitivement exigeantes et à des horaires d'activités contraignants. L'évaluation de la qualité du sommeil dans cette population est donc importante, notamment dans le contexte de l'étude des effets du sommeil sur la mémoire. Les caractéristiques du sommeil des étudiants sont évoquées dans les deux premières études. Plus spécifiquement, l'étude 2 propose un focus sur les fréquences de rêve typique, mais aussi du rêve lucide parce que celui-ci a été une piste privilégiée pour permettre de manipuler le contenu de l'expérience onirique des participants.

2. Évaluation de méthodes de collecte et d'investigations des expériences de conscience oniriques

Pour nos investigations, nous nous sommes appuyés sur méthodes subjectives concernant les caractéristiques du sommeil. À ce titre la conception d'une méthodologie de recueil était une étape importante et transversale du début de ce travail de recherche puisque préliminaire à l'évaluation du lien entre les performances de mémoire et les rêves.

Les méthodes convoquées pour l'évaluation du sommeil et leur incidence sur les résultats sont évoquées dans les études 3 et 4. L'étude 3 propose un focus sur les fréquences de rêve lucide parce qu'en tant qu'expérience atypique il renseigne sur la phénoménologie des rêves et sur les méthodes appropriées pour son investigation. Surtout, le rêve lucide permet éventuellement de contrôler ce dont vont rêver les personnes, cependant sa représentativité dans notre population était méconnue. Il convenait donc de l'étudier.

Pour certains de ces articles, le protocole avait été élaboré en ayant une volonté exploratoire importante. En particulier, une partie commentaire a été ajoutée à l'article 4 dans laquelle seront évoqués des résultats n'ayant pas fait l'objet, à ce jour, d'une publication, mais qui ont orienté la direction des recherches ultérieures.

3. Investigation de la contribution du sommeil et des rêves aux modifications de la mémoire

L'investigation des niveaux associatifs et relationnels présente un intérêt pour la compréhension des modifications systémiques qui sous-tendent les changements de performances de mémoire. Nous avons donc évalué comment les périodes de repos et les expériences de conscience qui surviennent au cours de ces périodes bénéficient aux performances de mémoire. Ces investigations sont présentées dans les études 5 et 6.

3. Etude 1 : Qualité subjective du sommeil

Les étudiants sont susceptibles de présenter un profil de sommeil spécifique qui témoigne, en particulier, d'une mauvaise qualité générale (Brown et al., 2002; W. Buboltz et al., 2009). Cependant, les investigations en population française sont parcellaires (Vallat et al., 2018). Par exemple, elles précèdent l'apparition des dispositifs portatifs connectés et leurs incidences potentielles les plus profondes sur notre sommeil (Alimoradi et al., 2019; Printemps et al., 1999).

Cette investigation de la qualité du sommeil était donc nécessaire ; elle était également un prélude indispensable aux autres études que nous avons menées dans des populations similaires d'étudiants français.

La méthode la plus répandue pour l'investigation de la qualité du sommeil est celle des autoquestionnaires qui se basent sur l'appréciation subjective des individus sur plusieurs dimensions de leur sommeil. Ces dimensions peuvent concerner les parasomnies, les horaires du sommeil, la durée du sommeil et les évaluations globales que les participants peuvent formuler concernant leur sommeil.

Notre objectif était donc de caractériser le sommeil en prenant en compte ces trois aspects principaux dans une population d'étudiants.

Dans l'étude présentée ci-dessous, la qualité du sommeil a, par conséquent, été évaluée en prenant en compte ces différents aspects et a évalué les horaires, les difficultés perçues et les troubles du sommeil.

En nous appuyant sur le manuscrit que nous avons soumis à la publication, nous proposerons, dans un premier temps, un résumé de la problématique, des objectifs et des hypothèses puis nous évoquerons la méthode employée et les résultats. Ceux-ci seront discutés, notamment au regard de notre problématique générale.

Dans un second temps, cette présentation synthétique présentant les éléments les plus saillants de l'étude sera suivie de l'article en version originale tel qu'il a été proposé pour publication.

Titre complet de l'étude 1 : Qualité subjective du sommeil chez des étudiants français : une investigation des horaires, des difficultés et des parasomnies

Problématique, Objectif et hypothèses

Les étudiants universitaires constituent une population particulièrement vulnérable aux troubles du sommeil (Brown, Jr, & Soper, 2002 ; Buboltz et al., 2009). Le sommeil est un facteur déterminant pour les performances académiques (Ahrberg, Dresler, Niedermaier, Steiger, & Genzel, 2012 ; Curcio, Ferrara, & Degennaro, 2006 ; Gaultney, 2010). La quantité et la qualité du sommeil sont inséparables l'une de l'autre. Une mauvaise qualité de sommeil conduit à plus de sommeil le week-end et, inversement, le manque de sommeil conduit à une mauvaise qualité de sommeil, par exemple en modifiant son architecture (Elmenhorst et al., 2008). Il semble donc nécessaire d'étudier conjointement les propriétés quantitatives et qualitatives du sommeil (Lassarre, Giron, & Paty, 2003 ; Pilcher, Ginter, & Sadowsky, 1997). Dans cette étude, nous avons choisi de faire référence aux propriétés quantitatives comme relevant de la durée et des horaires du sommeil, et aux propriétés qualitatives comme relevant de l'évaluation subjective de cette qualité du sommeil et des parasomnies. Pris ensemble, les horaires de sommeil, les parasomnies et l'évaluation des propriétés du sommeil peuvent être révélateurs de la qualité et de la quantité de sommeil d'une personne et, accessoirement, de sa qualité de vie (Pilcher et al., 1997).

À notre connaissance, en France, deux études ont évalué les propriétés subjectives du sommeil des étudiants en utilisant de grands échantillons, dont 3152 étudiants dans l'étude du Printemps et collaborateurs (1999) et 1137 dans l'étude de Vallat et collaborateurs (2018). L'étude du Printemps et collaborateurs (1999) a indiqué que la moitié des étudiants rapportaient des difficultés liées au sommeil. Cette étude date de la fin des années 1990 et le mode de vie des étudiants a évolué depuis notamment concernant l'usage de dispositifs photogènes à même d'interférer avec la qualité du sommeil. Ces évaluations sont donc susceptibles de bénéficier d'une actualisation. Dans l'étude de Vallat et collaborateurs (2018), les étudiants ont présenté une qualité du sommeil meilleure comparativement aux observations de Printemps et collaborateurs (1999) et celles effectuées dans d'autres pays. Les participants ont cependant été sélectionnés afin de ne pas présenter de troubles psychiatriques, neurologiques ou du sommeil et de ne pas utiliser de substances psychotropes, cela

a pu raisonnablement influencer les résultats. Dans la présente étude, nous complétons donc ces observations concernant les caractéristiques du sommeil avec des étudiants qui n'ont pas été préalablement sélectionnés sur la base de leur absence de troubles du sommeil.

La présente étude vise à poursuivre et à compléter les recherches déjà menées auprès de cette population, d'une part, en étudiant les horaires de sommeil et, d'autre part, les difficultés de sommeil et les parasomnies. Les individus peuvent spontanément rapporter avoir une mauvaise qualité de sommeil. Nous nous sommes intéressés aux caractéristiques du sommeil des étudiants sur la base d'une évaluation subjective initiale de la qualité du sommeil.

Méthode

Participants

Trois cent vingt-trois étudiants de premier cycle en psychologie de l'Université de Picardie Jules Verne (France) ont participé à cette étude (âge moyen : $20,72 \pm 2,26$; 259 femmes, 64 hommes). Tous les participants ont librement donné leur consentement écrit et éclairé avant de réaliser cette étude. L'anonymat des participants et la confidentialité des données ont été respectés. Tous les participants ont été recrutés par le biais de réseaux sociaux et d'affiches. Il n'y avait pas de critères d'exclusion.

Matériel et procédure

Un questionnaire a été constitué à l'aide du logiciel en ligne Google Forms. Les participants ont été informés que le questionnaire portait sur les habitudes de sommeil. Ils devaient se rendre à l'adresse du lien et remplir le questionnaire.

Le questionnaire contenait 6 questions sur la fréquence des parasomnies, 5 questions sur la qualité globale du sommeil et 4 questions sur les horaires de sommeil en semaine et le week-end, tirées du Questionnaire des troubles du sommeil de l'Hôtel-Dieu (Léger et al., 2006). En outre, 4 questions spécifiquement ont été créées pour la présente étude afin d'évaluer ce que serait l'horaire de sommeil idéal des participants s'ils n'avaient aucune contrainte.

Pour les questions sur l'horaire du sommeil, les participants ont été invités à répondre dans un format horaire. Par exemple : "À quelle heure vous couchez-vous en semaine ? __h__".

Les questions portant sur la qualité globale du sommeil pouvaient être complétées par oui ou par non. Elles l'étaient : "Avez-vous des difficultés à vous endormir ?", "Avez-vous des réveils nocturnes fréquents ?", "Vous réveillez-vous trop tôt ?", "Avez-vous une mauvaise qualité de sommeil ?", "Avez-vous une sensation de manque de sommeil ?

Les questions concernant la parasomnie étaient composées d'une proposition et d'une échelle de fréquence de 6 points allant de jamais à toutes les nuits. Les propositions étaient : "Je ressens ou j'entends des choses qui ne sont pas réelles lorsque je suis allongé dans mon lit alors que je suis encore éveillé", "Après m'être allongé, avant de m'endormir, j'ai l'impression de ne plus pouvoir bouger", "Je suis somnambule", "Je suis perturbé par des cauchemars", "Je parle pendant mon sommeil", "Je grince des dents pendant mon sommeil". Pour la clarté de l'analyse, chacune de ces réponses sera référencée comme : hallucinations, paralysie du sommeil, somnambulisme, cauchemar, somniloquie et bruxisme.

Résultats principaux et Discussion

Nous avons effectué l'analyse en distinguant 2 groupes de participants sur la base de leur perception subjective de la qualité du sommeil. Cent trente-six participants (42,1%) ont déclaré avoir une mauvaise qualité de sommeil. Les 187 autres (57,9%) ont déclaré ne pas avoir une mauvaise qualité de sommeil. Des analyses ultérieures seront effectuées sur la base de cette distinction entre les deux groupes.

Caractéristiques des horaires du sommeil

En accord avec les études internationales sur les horaires de sommeil dans une population d'étudiants, les étudiants ont rapporté, d'une part, se coucher et se réveiller en moyenne plus tard le week-end que pendant la semaine et d'autre part, dormir plus longtemps le week-end. Cependant, les étudiants rapportant une bonne qualité de sommeil souhaiteraient idéalement se coucher plus tard que pendant la semaine alors que les étudiants rapportant une mauvaise qualité de sommeil souhaiteraient idéalement se coucher en même temps que pendant la semaine. Tous

les étudiants souhaiteraient idéalement se réveiller plus tard que pendant la semaine et en même temps que le week-end (Figure 9).

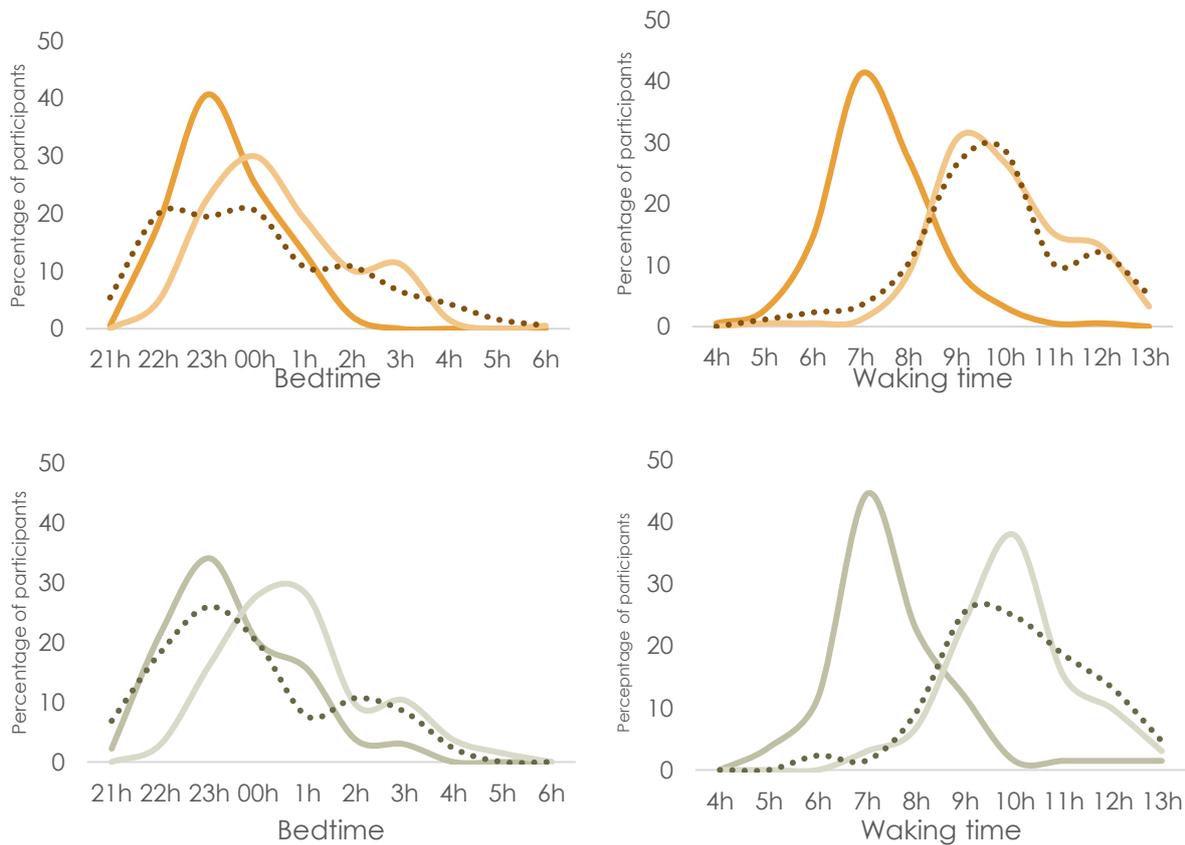


Figure 9 Distributions du pourcentage d'étudiants universitaires en fonction de l'heure du coucher (à gauche) et du réveil (à droite) pendant la semaine (en foncé), le week-end (en clair) et idéalement (en pointillés). Les résultats sont présentés pour les étudiants rapportant une mauvaise qualité de sommeil (gris) et ne rapportant pas une mauvaise qualité du sommeil (couleur).

Nous avons également calculé la durée du sommeil sur la base des horaires de sommeil déclarés. Les étudiants qui rapportent une mauvaise qualité du sommeil déclarent dormir en moyenne $8,11 \pm 1,45$ heures par nuit en semaine et $9,60 \pm 1,56$ heures par nuit le week-end. Les analyses révèlent une différence significative entre la quantité de sommeil pendant la semaine et le week-end ($W = 7701, p < 0,001 ; d = 0,94 ; CI95\% [1,25 ; 1,75]$). Idéalement, ils souhaiteraient dormir $10,68 \pm 2,59$ heures par nuit. Les étudiants qui déclarent ne pas avoir une mauvaise qualité de sommeil dorment en moyenne $7,93 \pm 1,44$ heures par nuit en semaine et $9,42 \pm 1,47$ heures par nuit le week-end. Les analyses révèlent une différence significative entre la quantité de sommeil pendant la semaine et le week-end ($W = 14086, p < 0,001 ; d = 0,91 ; CI95\% [1,25 ; 1,75]$). Idéalement, ils souhaiteraient dormir $10,03 \pm 2,03$ heures par nuit.

Qualité subjective du sommeil

Les participants ont été interrogés sur leur sentiment subjectif concernant leur sommeil. Les données concernant ces difficultés de sommeil pour les participants ayant une bonne qualité de sommeil et une mauvaise qualité de sommeil sont présentées dans la Figure 10.

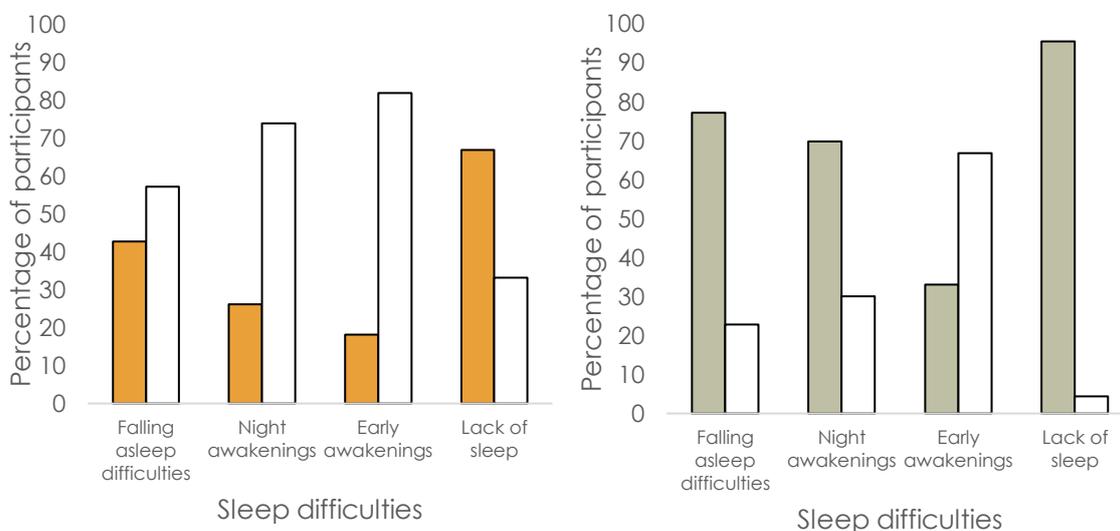


Figure 10 Pourcentages d'étudiants universitaires déclarant des difficultés de sommeil (oui en foncé, non en blanc) pour ceux qui ne déclarent pas une mauvaise qualité du sommeil (à gauche) et ceux qui déclarent une mauvaise qualité de sommeil (à droite).

Parasomnies

Nous avons calculé la fréquence des parasomnies des étudiants universitaires pour les dormeurs qui ont déclaré et n'ont pas déclaré une mauvaise qualité de sommeil. Parmi les étudiants n'ayant pas rapporté une mauvaise qualité du sommeil, 34,76% ont déclaré avoir connu au moins un épisode d'hallucinations, 29,95% un épisode ou plus de paralysie, 12,30% un épisode ou plus de somnambulisme, 79,14% un épisode ou plus de cauchemars, 59,36% un épisode ou plus de somniloquie et 12,83% un épisode ou plus de bruxisme. Seuls 8 d'entre eux n'ont jamais déclaré avoir connu un de ces épisodes.

Parmi les étudiants ayant déclaré une mauvaise qualité de sommeil, 40,44% ont déclaré avoir eu au moins un épisode d'hallucinations, 27,94% un épisode de paralysie, 22,06% un épisode de somnambulisme, 92,65% un épisode de cauchemar, 66,91% un épisode de somniloquie et 22,06% un épisode de bruxisme. Seuls 2 étudiants n'ont jamais déclaré avoir vécu un de ces épisodes.

Conclusion

Notre étude présente certaines limites. Tout d'abord, nous nous sommes appuyés uniquement sur les déclarations subjectives des étudiants. Il serait intéressant de compléter ces données subjectives par des enregistrements objectifs au moyen, par exemple, d'une polysomnographie. Par ailleurs, nous n'avons pas fait de comparaison directe entre les deux groupes de participants puisque ces groupes ont été formés rétrospectivement. Sans ces comparaisons, il est toutefois notable de constater que les participants n'ayant pas indiqué avoir une mauvaise qualité du sommeil rapportent des caractéristiques de sommeil évocateur d'une mauvaise qualité. Par conséquent il est raisonnable de proposer qu'une investigation du sommeil dans le cadre d'une anamnèse en consultation ne doit pas se limiter au témoignage subjectif des patients sur une seule question générale. Une autre limitation concerne le fait que l'échantillon est majoritairement féminin comme c'est couramment le cas en psychologie. Cela limite la transférabilité de ces résultats aux autres étudiants et des investigations supplémentaires sont nécessaires.

Pour conclure, notre étude s'est appuyée sur les déclarations subjectives des étudiants afin de recueillir des informations sur la quantité (c'est-à-dire les horaires et la durée) et la qualité (c'est-à-dire les difficultés et les parasomnies) du sommeil. Les résultats obtenus ici complètent la littérature avec une population française (Printemps et al., 1999 ; Vallat et al., 2018). Nous avons fait la distinction entre les étudiants qui déclarent et ne déclarent pas avoir une mauvaise qualité de sommeil. Nous avons qualitativement constaté que les deux ont des caractéristiques similaires en ce qui concerne les horaires et la durée du sommeil. Bien que les deux présentent un profil inverse en ce qui concerne les difficultés d'endormissement, les réveils nocturnes et les réveils précoces. Au total, les étudiants ont des difficultés de sommeil dans une proportion importante. L'influence de la qualité du sommeil sur la qualité de vie et les performances académiques justifieraient la mise en place de stratégie de prévention et d'information pour cette population.

Dans le cadre général de nos recherches, ces spécificités ont justifié le maintien du même type d'échantillon à travers les différentes études que nous avons menées.

Article en version originale (soumis)

Vast, D., Ribeiro, N., Gounden, Y., & Quaglino, V. (2021). Subjective quality of sleep of French students: an investigation of sleep schedules, difficulties and parasomnia

Traduction du résumé

La qualité du sommeil peut être évaluée en prenant en compte différents aspects tels que les horaires, les difficultés perçues et les troubles du sommeil. Cette recherche a pour objectif de caractériser la qualité du sommeil en prenant en compte ses trois aspects principaux dans une population d'étudiants. Les résultats sont présentés en fonction d'une question portant sur l'appréciation subjective des étudiants de leur qualité du sommeil : « avez-vous une mauvaise qualité du sommeil ? »

Pour les horaires, la seule différence entre ceux ayant indiqué une mauvaise qualité de sommeil ($n = 136$) et les autres ($n = 187$) se situe au niveau de l'heure idéale du coucher. Pour les premiers, elle se situe entre l'heure du coucher en semaine et celle du week-end, tandis que pour les seconds, il se situe au même moment que pendant la semaine (c'est-à-dire plus tôt que pendant le week-end). Ces derniers résultats reflèteraient des horaires de sommeil inappropriés pendant les jours de la semaine, puisque les horaires de sommeil idéaux ne correspondent pas à ceux des jours de la semaine et sont proches de ceux du week-end. Pour la qualité perçue du sommeil, la principale difficulté signalée est la sensation de manque de sommeil, tandis que la difficulté la moins signalée est le réveil précoce. Les étudiants rapportant une mauvaise qualité de sommeil déclarent également plus de difficultés d'endormissement et de réveil nocturne que les autres. Pour les troubles du sommeil, les étudiants rapportant une mauvaise qualité de sommeil rapportent autant de parasomnie que les autres. Il semblerait que la fréquence des parasomnies ne soit pas un facteur discriminant dans la qualité subjective du sommeil.

Ces résultats ont été interprétés comme indiquant une mauvaise qualité du sommeil chez les étudiants. Nous avons également suggéré qu'une question portant sur la perception subjective d'un mauvais sommeil n'était pas suffisante pour différencier les bons et mauvais dormeurs.

Abstract

Sleep quality can be assessed objectively by taking into account different aspects such as schedules, perceived difficulties and sleep disorders. To date these aspects have never been evaluated in the same student sample while sleep quality is a major predictor of academical success.

The objective of this research is to characterize sleep quality by taking into account these three aspects of a student population. The results are presented according to a question about students' subjective assessment of their sleep quality: "Do you have poor sleep quality? ».

For sleep schedules, the only difference between the profile of students with good sleep quality ($n=187$) and those with poor sleep quality ($n=136$) is at the ideal bedtime. For the former, it is between weekday and weekend bedtime, while for the latter, it is at the same time as during the week (i.e. earlier than on the weekend). The latter results would reflect inappropriate sleep schedules on weekdays, since ideal sleep schedules do not correspond to those on weekdays and are close to those on weekends. In terms of perceived sleep quality, the main reported difficulty is feeling sleep deprived, while the least reported difficulty is early awakening. Students reporting poor sleep quality also report more difficulty falling asleep and waking up at night than others. For sleep disorders, students reporting poor sleep quality reports as much parasomnia as others. It would appear that the frequency of parasomnia is not a sufficient enough discriminating factor in subjective sleep quality.

These results have been interpreted as indicating poor sleep quality in students. We also suggested that a question on subjective perception of poor sleep was not sufficient to differentiate between good and poor sleepers.

Introduction

Sleep is a determining factor of academic performances (Curcio et al. 2006; Gaultney 2010). Some studies (Curcio et al. 2006) have highlighted how students suffer from daytime sleepiness due to poor sleep quality or chronic sleep deprivation. This deprivation or disturbed sleep impact learning abilities and, as a consequence, academic performances. Additionally, in an attempt to cope with this chronic sleep deprivation, students tend to sleep more on weekends (Gaultney 2010). Quantity and quality of sleep are thus related as poor sleep quality leads to more sleep on weekends and conversely, sleep deprivation leads to poor quality by, for instance, modifying sleep architecture (Elmenhorst et al. 2008). A conjoined evaluation of sleep quality and quantity is thus necessary when performing investigation (Pilcher et al. 1997).

In this study, we refer to both quantitative (duration and schedule) and qualitative (subjective satisfaction assessment and parasomnias) properties of sleep as it has been demonstrated that they can be insightful on one's life quality (Pilcher et al. 1997). Precisely, Pilcher and collaborators (1997) shown, in a college student sample, that sleep quality is more involved than sleep quantity in health, satisfaction with life, feelings of tension, depression, anger, fatigue, and confusion, but that both dimensions are involved in quality of life. Thus, subjective sleep quality and quantity are likely to reflect one to

another and, when evaluated together, to allow a more complete picture of sleep properties.

Evaluation of sleep properties has been previously carried out on two different French college student samples (Printemps et al. 1999; Vallat et al. 2018). Both studies used large samples, respectively 3152 (Printemps et al. 1999) and 1137 college students (Vallat et al. 2018) were involved. It is important to note that in the study by Vallat and colleagues (2018), the exclusion criteria were to suffer from sleep disorders, psychiatric or neurological disorders, to use psychotropic substances, to be pregnant or to have a ferromagnetic metal body implant. As proposed by the authors, it is not known whether the inclusion in the recruitment protocol that people with sleep disorders should not participate influenced the sleep characteristics collected, especially concerning this qualitative dimension.

The study of Printemps and collaborators (1999) was conducted in the late 1990's and it is likely that the lifestyle of college students has evolved since then. The use of new technologies has exploded with a considerable amount of screen time, uninterrupted communication through the Internet, a propensity to reduce sleep time in favour of other activities, and so on (Fomby et al. 2019). In the present study, we propose to conduct our research on a recent sample that was not preselected regarding its sleep quality. In other words, the present study aims

at extending and completing the investigations already carried out on French students, on the one hand, by studying sleep schedules and, on the other hand, by investigating sleep difficulties and parasomnias.

Students constitute a population particularly vulnerable to sleep disorders (Buboltz et al. 2009). Focusing on the subjective aspects of sleep may allow illustrating sleep complaints that could not be illustrated when looking only at sleep disorders. We are therefore interested in students' sleep characteristics based on their subjective assessment as it could provide new insights on sleep quality and quantity from the point of view of those concerned.

Quantitative Properties of Sleep: Sleep Duration and Schedules

With respect to subjective quantitative measures of sleep duration and schedules, Vallat and collaborators (2018) and Printemps and collaborators (1999) reported that students sleep more on weekends than on weekdays. Students go to bed an average of one hour later and wake up three hours later on weekends. These data suggest a sleep deficit. Indeed, sleep debt can be defined as the number of cumulative hours of sleep loss in relation to an individual's specific daily needs (Van Dongen et al. 2003). It has been shown that when young adults are allowed to sleep as they wish, they sleep much longer in the first morning (Klerman & Dijk 2005) and sleep duration only decreases after three days. However, those who usually sleep the least continue to sleep more even on the third day and are therefore likely to have a greater sleep deficit. In other words, students who do not get enough sleep during the week are likely to try to make up for the weekend but without success.

In brief, there is seemingly direct link between sleep schedules, time difference between weekdays and weekends, and sleep debt, one factor dragging the another into a vicious circle.

In the present study, we propose to collect subjective data from students concerning their sleep schedules during the weekdays and the weekends but also their ideal sleep schedules (i.e., if they had no constraints). To our knowledge, this last characteristic is evaluated for the first time and would allow us to testify a sleep debt is directly related to sleep schedules. These quantitative subjective data would be supplemented with qualitative data.

Qualitative Properties of Sleep: Sleep Difficulties and Parasomnias

Sleep difficulties

Concerning sleep difficulties, the subjective assessment of sleep quality is not always correlated with objective measures of sleep parameters but does provide insight at an experiential level (Williams et al. 2013). These properties, such as a feeling of poor sleep quality, lack of sleep or early awakening are the most frequent complaints people can make about their sleep. In French studies, the data are contradictory regarding difficulties in falling asleep. Vallat and collaborators (2018) reported that about 91% of college students in France have no difficulty in falling asleep whereas Printemps and collaborators (1999) reported that more than half of their college students sample had difficulties in falling asleep. This difference could be explained by a change in lifestyle and by methodological differences between studies. Moreover, Printemps and collaborators (1999) reported that 9% of the college students have early dawn awakenings and 11.5% have frequent awakenings. Interestingly, such complaint can be related to other facets of one's quality of life (Alfano et al., 2006) and a links has been shown between subjective sleep quality and quality of life (Zeitlhofer et al. 2000).

To sum up, sleep difficulties are reported by part of the college student population. These difficulties directly concern the subjective feelings of the students and impact the overall quality of sleep. One of the purposes of this study is to provide additional information about these difficulties by distinguishing between students who report having poor sleep quality and those who do not. This distinction seems to us particularly interesting since this last dimension tends to sum up the quality of sleep in the common sense.

Parasomnias

Another prominent aspect of sleep quality concerns parasomnias. Parasomnia can be defined as "undesirable physical or experiential events that accompany sleep" (Thorpy 2012). The presence of parasomnia is quite normal in sleep process but are not desired by individuals. According to the International Classification of Sleep Disorders (ICSD, 2nd edition; American Academy of Sleep Medicine), there are 81 major sleep disorders divided into 8 categories including parasomnia. The detailed classification of parasomnia is shown in Table 1.

Table 1. International Classifications of Sleep Disorders for parasomnia.

a. Confusional arousal

1. Disorders of arousal from non-rapid eye movement sleep	b. Sleepwalking c. Sleep terrors
2. Parasomnias usually associated with rapid eye movement sleep behavior disorder	a. Rapid eye movement sleep behaviour disorder b. Recurrent isolated sleep paralysis c. Nightmare disorder
3. Other parasomnias	a. Sleep-related dissociative disorders b. Sleep enuresis c. Sleep-related groaning d. Exploding head syndrome e. Sleep-related hallucinations f. Sleep-related eating disorders
4. Parasomnia, unspecified	
5. Parasomnia due to drug or substance use	
6. Parasomnia due to medical condition	

Additionally, Fleetham and Fleming (2014) proposed to add sleep-talking, or somniloquy, in this classification. This phenomenon corresponds to the production of meaningful speech or sounds during can occur in all stages of sleep without being aware of it (Arkin 1966).

In the present study, we have focused on most frequent parasomnias from the first 3 points of the classifications: parasomnias from nonrapid eye movement (NREM) sleep, from rapid eye movement (REM) sleep and other parasomnias.

Firstly, from NREM Sleep, we found sleepwalking and bruxism. Sleepwalking, or somnambulism, occurs during arousal in slow-wave sleep (SWS) (Broughton 1968) and has a lifetime prevalence of 6.9% (Stallman & Kohler 2016). Bruxism is defined as a repetitive jaw-muscle activity characterized by clenching or grinding of the teeth and/or by bracing or thrusting of the mandible (Lobbezoo et al. 2013). The prevalence of sleep bruxism is $12.8 \pm 3.1\%$ in adults making it the third most frequent parasomnia (Ohayon et al. 2001; Manfredini et al. 2013).

Secondly, for REM Sleep we found sleep paralysis and nightmares are parasomnias. Isolated sleep paralysis is a dissociated sleep state occurring either when falling asleep or upon awakening (Sharpless & Barber 2011). It is a transient state (Sharpless & Kliková 2019) in which sleep atone is still present in a wakeful consciousness state. This

phenomenon is also highly represented in the student population (28.3%) (Sharpless & Barber 2011). According to the ICSD-2, nightmare disorder is qualified by recurrent nightmares with intense disturbing dreams involving anxiety, anger or disgust that cause prolonged awakenings. In a representative German sample, 52% of the population has already experienced nightmares in their adulthood (Schredl 2013).

Thirdly, the other parasomnias concern hallucinations which can be divided into two categories: hypnagogic that occur at sleep onset and hypnopompic that occur at awakening (Ohayon et al. 1996).

In the French studies, Printemps and collaborator (1999) reported that 4.5 % of the college student's population suffer from parasomnia. Vallat and collaborators (2018) indicated that 86.7% of the students reported no sleepwalking episodes and 27.7% reported no sleep-talking episodes. To our knowledge, there is no other data on parasomnia in the student population in France. However, in general, it has been shown that students have variable sleep schedules and suffer from sleep deprivation (Lund et al. 2010). As we have indicated previously, these quantitative (or temporal) conditions are closely related to the development of parasomnia (Fleetham & Fleming 2014).

In our study, we evaluated the properties of sleep with a population of French students by considering quantitative aspects such as sleep duration and schedules, and qualitative aspects such as sleep satisfaction and parasomnia. The data are based on students' self-reports, which allowed us to get as close as possible to their sleep experience. On the basis of students reporting poor sleep quality and those not reporting poor sleep quality, two profiles were drawn up for the above-mentioned characteristics.

Method

Participants

Three hundred and twenty-three undergraduate students in psychology from the University of Picardie Jules Verne (France) participated in this study (mean age: 20.72 ± 2.26 ; 259 females, 64 males). *Deux perspectives peuvent être* there were no exclusion criteria.

Material and Procedure

A questionnaire was constituted using the online software Google Forms. Participants were informed that the questionnaire would deal with

sleep habits. They had to go to the link address and fill in the questionnaire. The questionnaire contained 6 questions about parasomnia frequency, 5 questions about overall sleep quality and 4 questions about their sleep schedule on weekdays and weekends from the Questionnaire of Hôtel-Dieu's sleep disorders (Léger et al. 2006). Additionally, 4 questions specifically created for the present study to evaluate what the participant idealized sleep schedule would be if they had no constraint.

For questions about sleep schedule, participants were instructed to answer in a time format. For instance, "At what time do you go to bed on weekdays? h ".

Each question about overall sleep quality required yes or no response. They were as follows "Do you have difficulty falling asleep?", "Do you have frequent night awakenings?", "Do you wake up too early?", "Do you have a poor sleep quality?", "Do you have a feeling of lack of sleep?".

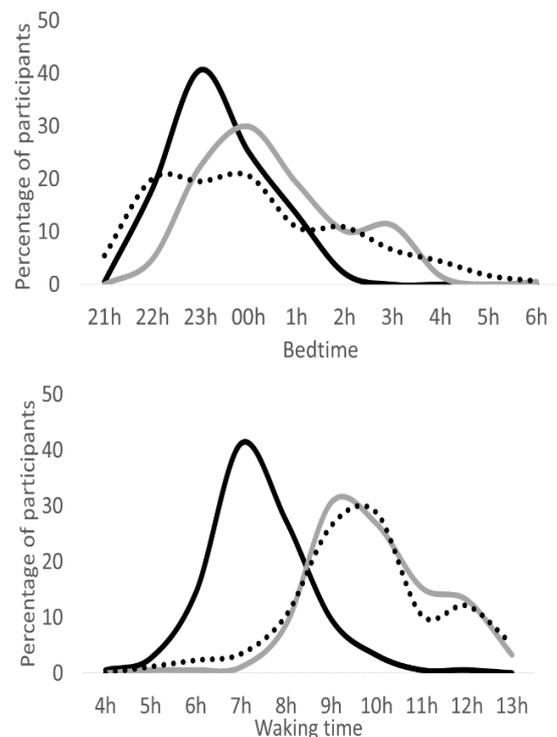
All questions regarding parasomnia were composed of a proposition and a 6-point frequency scale that ranged from never to every night. The question was: "I feel or hear things that are not real when I lie in bed while I am still awake", "After lying down, before falling asleep, I feel like I can't move anymore", "I'm a sleepwalker", "I am disturbed by nightmares", "I talk while I sleep", "I grind my teeth when I sleep". For clarity of analysis, each of these parasomnia tendencies will be referred as follows in the present research (in the same order): Hallucinations, Sleep paralysis, Sleepwalking, Nightmare, Sleep-Talking and Bruxism.

Results

We conducted descriptive analyses of the data. For the quantitative variables, we calculated the mean, standard deviation and extent of the data distribution. For other variables, we calculated the headcounts and the proportions. Since the data did not follow the normal distribution, we made comparisons using Wilcoxon tests. We first investigate the sleep schedules, then sleep difficulties and finally the parasomnias. We began analysis by distinguishing 2 groups of participants on the basis of their perception of sleep quality. One hundred and thirty-six participants (42.1%) reported having a poor sleep quality. The 187 others (57.9%) reported having a good sleep quality. Subsequent analyses were carried out on the basis of this distinction between the two groups.

Concerning sleep schedules, college students with a good sleep quality went to sleep on average $23.69 \pm .99$ hours during weekdays and 00.72 ± 1.47 hours during weekends. This difference

is statistically significant ($W = 11483, p < .001, d = .90$). Ideal sleeping time according to them was in average 00.26 ± 2.01 hours. This difference is statistically significant with weekends ($W = 8051, p = .002, d = .24$) and weekdays ($W = 8679, p < .001, d = .30$). For waking time, the average was 7.69 ± 1.08 hours during weekdays and 10.29 ± 1.48 hours during weekends. This difference is statistically significant ($W = 16839, p < .001, d = 1.59$). Ideal waking time according to them on average was 10.32 ± 2.15 hours. This difference is statistically significant with weekdays ($W = 15300, p < .001, d = 1.20$) but not with weekends ($W = 8679, ns$). The distribution of sleep schedules of college students with a good sleep quality is reported in Figure 1.



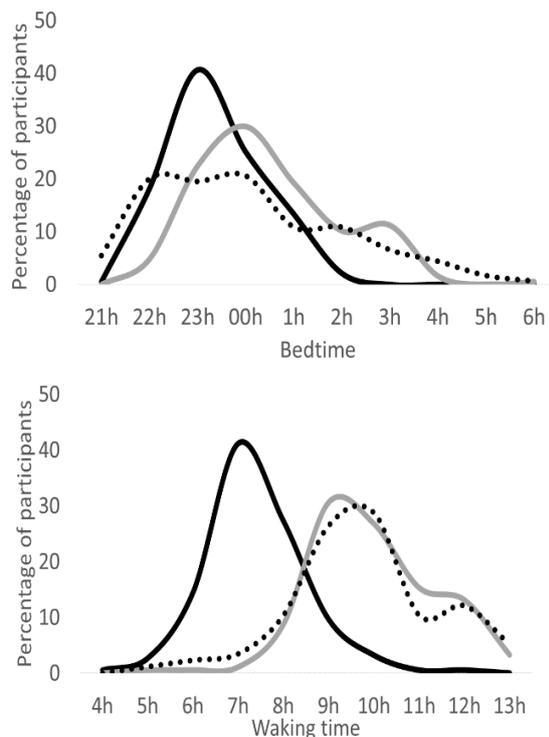


Figure 1: Distribution of the percentage of college students reporting good sleep quality in function of bedtime (Up) and waking time (Down) during weekdays (in black), weekends (in grey) and ideally (in dots)

College students with a poor sleep quality went to bed on average 23.68 ± 1.28 hours during weekdays and on average 00.97 ± 1.52 hours during weekends. This difference is statistically significant ($W = 7457, p < .001, d = 1.06$). Ideally, according to them, the average sleeping time would be 23.73 ± 2.17 hours. This difference is statistically significant with weekends ($W = 5922, p < .001, d = .61$) but not on weekdays ($W = 3434, ns$). For waking time, the average was 7.75 ± 1.33 hours during weekdays and 10.36 ± 1.52 hours during weekends. This difference is statistically significant ($W = 8734, p < .001, d = 1.73$). The ideal waking time, according to them, would be on average 10.38 ± 2.13 hours. This difference is statistically significant with weekdays ($W = 8664, p < .001, d = 1.30$) but not with weekends ($W = 8679, ns$). The distribution of sleep schedules of college students with a poor sleep quality is reported in Figure 2.

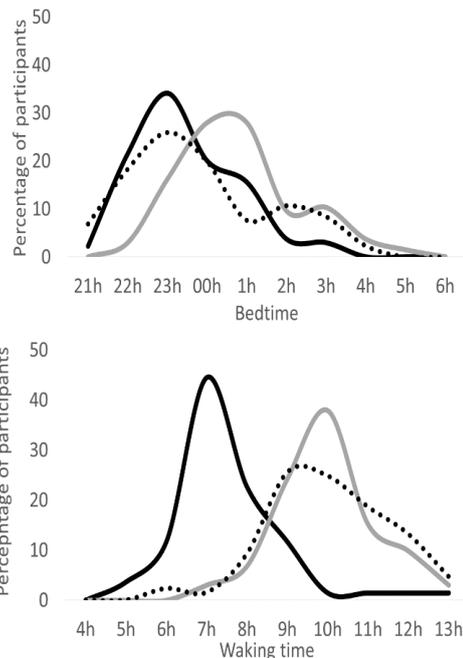


Figure 2: Distribution of the percentage of college students reporting poor sleep quality in function of bedtime (Up) and waking time (Down) during weekdays (in black), weekends (in grey) and ideally (in dots)

We also calculated the sleep duration on the basis of the reported sleep schedules. Concerning college students reporting a good sleep quality, they slept on average 7.93 ± 1.44 hours per night during weekdays and 9.42 ± 1.47 hours per night during weekends. Analyses reveal a significant difference between the quantity of sleep during weekdays and weekends ($W = 14086, p < .001; d = .91$). Ideally, they would sleep 10.03 ± 2.03 hours per night. Analyses reveal significant differences between weekends and ideally sleep duration ($W = 9737, p < .001; d = .29$) and between weekdays and ideally sleep duration ($W = 14491, p < .001; d = .92$).

College students with a poor sleep quality slept on average 8.11 ± 1.45 hours per night during weekdays and 9.60 ± 1.56 hours per night during weekends. Analyses reveal a significant difference between the quantity of sleep during weekdays and weekends ($W = 7701, p < .001; d = .94$). Ideally, they would sleep 10.68 ± 2.59 hours per night. Analyses reveal significant differences between weekends and ideally sleep duration ($W = 5917, p < .001; d = .44$) and between weekdays and ideally sleep duration ($W = 8223, p < .001; d = .90$).

Subjective Sleep Quality

Participants were interrogated on their subjective feeling about their sleep. Data concerning

these sleep difficulties for participants, with a good and a poor sleep quality, are reported in Figure 3.

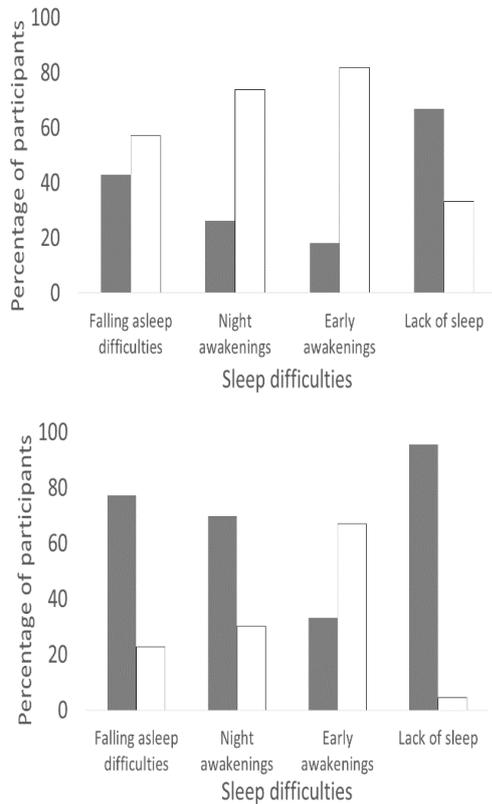


Figure 3: Number of college students reporting sleep difficulties (yes in grey, no in white) for those reporting a good sleep quality (left) and those reporting a poor sleep quality (right)

Parasomnias

We calculated the frequency of parasomnias of college students who reported a good (Figure 4) and a poor (Figure 5) sleep quality. Among the students reporting a good sleep quality, 65 (34.76%) reported having experienced at least an episode of hallucinations, 56 (29.95%) an episode of paralysis, 23 (12.30%) an episode of sleepwalking, 148 (79.14%) an episode of nightmare, 111 (59.36%) an episode of sleep-talking and 24 (12.83%) an episode of bruxism. Only 8 never reported having experienced one of these episodes. Among students reporting poor sleep quality, 55 (40.44%) reported having experienced at least an episode of hallucinations, 38 (27.94%) an episode of paralysis, 30 (22.06%) an episode of sleepwalking, 126 (92.65%) an episode of nightmare, 91 (66.91%) an episode of sleep-talking and 30 (22.06%) an episode of bruxism. Only 2 students never reported having experienced one of the episodes.

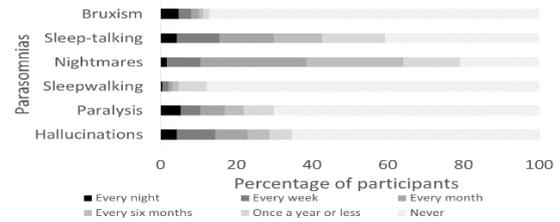


Figure 4: Frequency of parasomnia of college students reporting good sleep quality

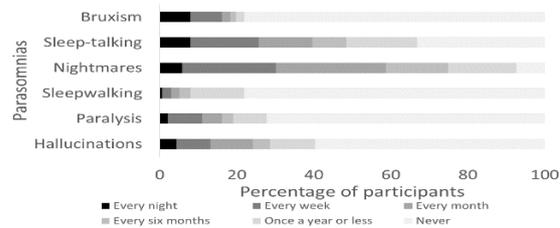


Figure 5: Frequency of parasomnia of college students reporting poor sleep quality

Discussion

The present study was designed to investigate subjective quantity and quality sleep by highlighting their characteristics in a student population on the basis of their subjective assessment for sleep duration and schedules for the quantity aspect, and sleep difficulties and parasomnias for the quality one. Participants completed an online questionnaire regarding these different characteristics. We then distinguished participants who reported having a good sleep quality and those having a poor sleep quality.

Subjective Sleep Schedule

Concerning sleep schedules, the results showed that students, who claimed to have a good sleep quality and those saying to have a poor sleep quality, go to bed and wake up later during weekends than during weekdays. Our results are in line with those of the French literature (Printemps et al. 1999; Vallat et al. 2018) both for sleep schedules and for the gap between the weekdays and the weekend. These results are also in line with international studies on sleep schedules in a college student population (Forquer et al. 2008; Buboltz et al. 2009; Lund et al. 2010). In the same way, the two groups of participants sleep more time during the weekend than during weekdays. Compared to their actual sleeping habits, students having a good sleep quality would ideally like to go to bed later during weekdays and earlier during weekends whereas students having a poor sleep quality would ideally go to bed earlier during weekends but at the same time as the actual habit during weekdays. Both students having

good and poor sleep quality ideally would like to wake up later than the actual time during weekdays and at the same time as actual time during weekends. The only difference between the profile of students having a good sleep quality and the profile of those having a poor sleep quality concerned the ideal bedtime. For the former, it is between weekdays and weekend bedtime, while for the latter, it is at the same time as during the weekdays (i.e. earlier than the actual bedtime during weekends). These later results would reflect unsuitable sleep schedules during weekdays since the ideal sleep schedules do not correspond to those of the weekdays and are close to those of the weekend. They also would reflect the presence of a sleep debt among these college students. As mentioned previously, sleep debt corresponds to a cumulative hour of sleep loss in relation to an individual's need for sleep (Van Dongen et al. 2003). College students would try to make up for the hours of sleep lost during the weekdays by compensating with more sleep during the weekend. However, this does not appear to be the right strategy for dealing with sleep debt. Firstly, it has been shown that even after three days, the sleep debt is still present, thus less likely to be resorbed during the weekend (Klerman & Dijk 2005). Secondly, this shift in weekend sleep schedules is likely to lead college students into a state of social jetlag (Silva et al. 2016). The jetlag can give rise to an episode of insomnia Sunday night and, when these are repeated in a chronic way, with consequences such as impact on the mood and lowered cognitive performances on Monday morning (Yang & Spielman 2001). This can lead to a vicious circle in which students are already in a sleep debt as early as Monday. This debt increases during the weekdays with sleep schedules that are not adapted to their needs. College students therefore try to catch up on their sleep during the weekend, leading to a jetlag phenomenon which in turn can lead to a lack of sleep at the beginning of the following week. This line of reasoning is in line with our results concerning sleep duration. Both college students having a good sleep quality and those having a poor sleep quality report that they would like to ideally sleep more time the weekend and even more during the weekdays. The consequences of sleep debt can be addressed through sleep deprivation studies. Indeed, sleep – and its deprivation – affects the whole organism of a person (Diekelmann & Born 2010). In general terms, a great sleep satisfaction is linked to a great quality of well-being (Jean-Louis et al. 2000). It is particularly interesting for students to note that sleep is also related to academic performance (Kabrita et al. 2014).

Subjective Sleep Quality

Regarding the sleep difficulties, four characteristics were explored: difficulties falling asleep, night awakenings, early awakenings and a feeling of lack of sleep. Both groups of college students reported having these difficulties but in different proportions. For the two groups, the major difficulty reported is the feeling of lack of sleep while the least reported difficulty is early awakenings. In contrast, the two profiles had different responses concerning difficulties falling asleep and night awakening. Most students having a poor sleep quality reported having these two difficulties while most students having a good sleep quality did not report these difficulties. This is the second point that distinguished the two groups of students after ideal sleep schedules.

These results should be linked to the previous one. Although all students reported having a sleep debt, it could be all the more significant due to the difficulties encountered by college students having a poor sleep quality. These difficulties occurred at bedtime or during the night and probably led to the perception of poor sleep quality which would be linked to a disturbed sleep efficiency. Indeed, the increase of sleep onset latency (i.e., falling asleep difficulties) and time awake after initial sleep onset and the final awakening (i.e., night awakenings) they would lead to an estimation of poor sleep efficiency and consequently poor sleep quality (Åkerstedt et al. 1994; Tsai & Li 2004). Thus, this perceived poor quality of sleep would be added to the already sleep debt.

The last section deals with parasomnias. We have calculated the frequencies of six parasomnias for the two groups of college students. Overall, the frequency patterns are similar between the two groups. Both students having a good sleep quality and those having a poor sleep quality reported episode of parasomnias. A difference in frequency of parasomnia occurring at different stages of sleep could have been expected since sleep deprivation studies have shown a change in sleep architecture (Elmenhorst et al. 2008). The number of stages 1 and 2 decrease while stages 3 and 4 as well as Rapid Eye Movement (REM) sleep increase. Moreover, participants reporting that they do not sleep sufficiently, have difficulties in falling asleep and encounter night awakening are likely to have an impacted sleep architecture. However, college students having poor sleep quality with night awakening and difficulties falling asleep have the same parasomnia frequency pattern as those having a good sleep quality. It would appear that the frequency of parasomnia is not a discriminating factor in the subjective quality of sleep. Another possible interpretation is that college students reporting good sleep quality underestimated the characteristics of good sleep quality and that they in

fact have a quality of sleep that is also poor but that it is not felt or experienced in the same way as those reporting having poor sleep quality.

Limitations

Our study has some limitations. First, we did not make direct comparisons between the two groups of participants since they were formed retrospectively. Although the aim is to establish independent profiles of students based on their subjective quality of sleep, such comparisons could provide additional information as to what distinguishes these profiles. In addition, we relied solely on the subjective statements of the college students. It would be interesting to complement these subjective data with objective recordings with a polysomnography (Åkerstedt et al. 1994). Moreover, we did not take into account the circadian typology (Natale & Danesi 2002) of the college students nor their sleeper profile. Taking into account a combination of these two sleep characteristics would make it possible to carry out more refined analyses of sleeper profiles. Finally, we did not take into account the gender issue that influences the quality and quantity of students' sleep (Vallat et al. 2018).

Prevention Prospects

Establishing sleeper profiles among students would make it possible to set up prevention actions better adapted to the difficulties encountered by individuals. For example, it has been shown among high school students that a sleep education program improves their knowledge of sleep (Cortesi et al. 2004). In addition, providing information about sleep can help college students cope with the

References

- American Academy of Sleep Medicine (2005). *International Classification of Sleep Disorders: Diagnostic and Coding Manual* (2nd ed.). Westchester.
- Åkerstedt T, Hume K, Minors D, Waterhouse J. 1994. The meaning of good sleep: a longitudinal study of polysomnography and subjective sleep quality. *Journal of Sleep Research* 3(3): 152–158. DOI: 10.1111/j.1365-2869.1994.tb00122.x.
- Alfano CA, Beidel DC, Turner SM, et al. (2006) Preliminary evidence for sleep complaints among children referred for anxiety. *Sleep Medicine* 7(6): 467–473. DOI: 10.1016/j.sleep.2006.05.002.
- Arkin AM (1966) Sleep-talking: A review. *The Journal of Nervous and Mental Disease* 143(2): 101–122. DOI: 10.1097/00005053-196608000-00001.
- Broughton RJ (1968). Sleep Disorders: Disorders of Arousal? *Science* 159(3819): 1070–1078. DOI: 10.1126/science.159.3819.1070.
- Buboltz W, Jenkins SM, Soper B, et al. (2009) Sleep Habits and Patterns of College Students: An Expanded Study. *Journal of College Counseling* 12(2): 113–124. DOI: 10.1002/j.2161-1882.2009.tb00109.x.
- Cortesi F, Giannotti F, Sebastiani T, et al. (2004) Knowledge of sleep in Italian high school students: pilot-test of a school-based sleep educational program. *Journal of Adolescent Health* 34(4): 344–351. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2003.07.003.
- Curcio G, Ferrara M and Degennaro L (2006) Sleep loss, learning capacity and academic performance. *Sleep Medicine Reviews* 10(5): 323–337. DOI: 10.1016/j.smrv.2005.11.001.
- Diekelmann S and Born J (2010) The memory function of sleep. *Nature Reviews Neuroscience* 11(2): 114–126. DOI: 10.1038/nrn2762.
- Elmenhorst EM, Elmenhorst D, Luks N, et al. (2008) Partial sleep deprivation: Impact on the architecture and quality of sleep. *Sleep Medicine* 9(8): 840–850. DOI: 10.1016/j.sleep.2007.07.021.

difficulties they encounter and improve their sleep hygiene. Another aspect to explore is the reasons for sleep debt. Knowing these reasons would also make it possible to adapt the interventions proposed to students. Beyond improving the quality of sleep, these interventions would indirectly improve the quality of life of the college students. More directly, sleep disturbance in students increases the risk of academic failure (Gaultney 2010). Improving the quality of their sleep could also improve college students' academic performance.

Conclusion

Our study relied on students' subjective statements in order to collect information about the quantity (i.e., schedules and duration) and quality (i.e., difficulties and parasomnias) of sleep. The results obtained here completed the literature regarding a French population (Printemps et al. 1999; Vallat et al. 2018). We distinguished between students reporting poor sleep quality and those reporting no sleep quality and we found that both have the same characteristics with regard to sleep schedules and sleep duration. Although the two have an inverse profile regarding difficulties falling asleep, night awakenings and early awakenings, both have sleep difficulties and a significant proportion of the population of both groups suffer from parasomnias. These different properties of sleep are linked to each other in a vicious circle and future studies should focus on prevention regarding the various sleep difficulties encountered by students in order to establish a virtuous circle and improve their quality of life.

Etude 1 : Qualité subjective du sommeil

- Fleetham JA and Fleming JAE (2014) Parasomnias. *Canadian Medical Association Journal* 186(8): 273–280. DOI: 10.1503/cmaj.120808.
- Fomby P, Goode JA, Truong-Vu KP, et al. (2019) Adolescent Technology, Sleep, and Physical Activity Time in Two U.S. Cohorts. *Youth and Society*. DOI: 10.1177/0044118X19868365.
- Forquer LM, Camden AE, Gabriau KM, et al. (2008) Sleep patterns of college students at a public university. *Journal of American College Health* 56(5): 563–565. DOI: 10.3200/JACH.56.5.563-565.
- Gaultney JF (2010) The Prevalence of Sleep Disorders in College Students: Impact on Academic Performance. *Journal of American College Health* 59(2): 37–41. DOI: 10.1080/07448481.2010.483708.
- Jean-Louis G, Kripke DF, Ancoli-Israel S, et al. (2000). Sleep duration, illumination, and activity patterns in a population sample: effects of gender and ethnicity. *Biological Psychiatry* 47(10): 921-927. DOI: 10.1016/S0006-3223(99)00169-9.
- Kabrita CS, Hajjar-Muça TA and Duffy JF (2014) Predictors of poor sleep quality among Lebanese university students: association between evening typology, lifestyle behaviors, and sleep habits. *Nature and Science of Sleep* 6: 11–18. DOI: 10.2147/NSS.S55538.
- Klerman EB and Dijk DJ (2005) Interindividual variation in sleep duration and its association with sleep debt in young adults. *Sleep* 28(10): 1253–1259. DOI: 10.1093/sleep/28.10.1253.
- Léger D, Annesi-Maesano I, Carat F, et al. (2006). Allergic rhinitis and its consequences on quality of sleep: an unexplored area. *JAMA Internal Medicine* 166(16): 1744–1748. DOI:10.1001/archinte.166.16.1744
- Lobbezoo F, Ahlberg J, Glaros AG, et al. (2013) Bruxism defined and graded: An international consensus. *Journal of Oral Rehabilitation* 40(1): 2–4. DOI: 10.1111/joor.12011.
- Lund HG, Reider BD, Whiting AB, et al. (2010) Sleep Patterns and Predictors of Disturbed Sleep in a Large Population of College Students. *Journal of Adolescent Health* 46(2): 124–132. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2009.06.016.
- Manfredini D, Winocur E, Guarda-Nardini L, et al. (2013) Epidemiology of Bruxism in Adults: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Orofacial Pain* 27(2): 99–110. DOI: 10.11607/jop.921.
- Natale V and Danesi E (2002) Gender and Circadian Typology. *Biological Rhythm Research* 33(3): 261–269. DOI: 10.1076/brhm.33.3.261.8261 PLEASE.
- Ohayon MM, Priest RG, Caulet M, et al. (1996) Hypnagogic and hypnopompic hallucinations: Pathological phenomena? *British Journal of Psychiatry* 169(4): 459–467. DOI: 10.1192/bjp.169.4.459.
- Ohayon MM, Li KK and Guilleminault C (2001) Risk factors for sleep bruxism in the general population. *Chest* 119(1): 53–61. DOI: 10.1378/chest.119.1.53.
- Pilcher JJ, Ginter DR and Sadowsky B (1997) Sleep quality versus sleep quantity: Relationship between sleep and measures of health, well-being and sleepiness in college students. *Journal of Psychosomatic Research* 42(6): 583–596. DOI: 10.1016/S0022-3999(97)00004-4.
- Printemps C, Cohen S, Poisson MA, et al. (1999) Sommeil et vigilance des étudiants. *Santé Publique* 11(1): 17–28.
- Schredl M (2013) Nightmare frequency in a representative German sample. *International Journal of Dream Research* 6(2): 49–52. DOI: 10.1007/s00406-010-0112-3.
- Sharpless BA and Barber JP (2011) Lifetime prevalence rates of sleep paralysis: A systematic review. *Sleep Medicine Reviews* 15(5): 311–315. DOI: 10.1016/j.smrv.2011.01.007.
- Sharpless BA and Klinková M (2019) Clinical features of isolated sleep paralysis. *Sleep Medicine* 58: 102–106. DOI: 10.1016/j.sleep.2019.03.007.
- Silva CM, Mota MC, Miranda MT, et al. (2016) Chronotype, social jetlag and sleep debt are associated with dietary intake among Brazilian undergraduate students. *Chronobiology International* 33(6): 740–748. DOI: 10.3109/07420528.2016.1167712.
- Stallman HM and Kohler M (2016) Prevalence of sleepwalking: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE* 11(11): 1–20. DOI: 10.1371/journal.pone.0164769.
- Thorpy MJ (2012) Classification of Sleep Disorders. *Neurotherapeutics* 9(4): 687–701. DOI: 10.1007/s13311-012-0145-6.
- Tsai L-L and Li S-P (2004) Sleep patterns in college students. *Journal of Psychosomatic Research* 56(2): 231–237. DOI: 10.1016/S0022-3999(03)00507-5.
- Vallat R, Eskinazi M, Nicolas A, et al. (2018) Sleep and dream habits in a sample of French college students who report no sleep disorders. *Journal of Sleep Research* 27(5): e12659. DOI: 10.1111/jsr.12659.
- Van Dongen HPA, Rogers NL and Dinges DF (2003) Sleep debt: Theoretical and empirical issues. *Sleep and Biological Rhythms* 1(1): 5–13. DOI: 10.1046/j.1446-9235.2003.00006.x.
- Williams JM, Kay DB, Rowe M, et al. (2013) Sleep Discrepancy, Sleep Complaint, and Poor Sleep Among Older Adults. *Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences* 68(5): 712–720. DOI: 10.1093/geronb/gbt030.
- Yang C-M and Spielman AJ (2001) The effect of a delayed weekend sleep pattern on sleep and morning functioning. *Psychology and Health*

16: 715–725. DOI: 10.1080/08870440108405869.

Zeitlhofer J, Schmeiser-Rieder A, Tribl G, et al. (2000) Sleep and quality of life in the Austrian population. *Acta Neurologica Scandinavica* 102(4): 249–257. DOI: 10.1034/j.1600-0404.2000.102004249.x.

Etude 2 : Fréquence des rêves et qualité du sommeil

Les rêves ont été envisagés dans nos recherches comme relevant d'un état de conscience pluriel dans lequel les personnes vivent des expériences dont elles peuvent fournir un témoignage. Nous avons proposé que ces témoignages puissent indiquer quelles seraient les traces impliquant les éléments perçus au cours des situations d'apprentissages expérimentales qui auraient été réactivées au cours de la nuit.

En ce qui concerne le rêve lucide en particulier, il permet aux personnes d'influencer le contenu de leurs rêves et a donc été une option méthodologique envisagée pour évaluer si l'ajout du matériel dans le contenu onirique influence les performances de reconnaissances ultérieures. Cependant, il existe des conceptualisations du rêve lucide qui proposent qu'il résulte d'un fonctionnement du cerveau transitoirement hybride qui fait cohabiter des marqueurs devant être spécifiques à la veille et au sommeil. En s'appuyant en partie sur cette proposition, il a été postulé que le rêve lucide puisse être générateur de détériorations pour la qualité de sommeil.

Les étudiants ont été les participants principaux de nos différentes études. Ceux-ci ayant tendance à présenter un sommeil de mauvaise qualité, il convenait donc d'évaluer, dans notre population, le lien qui pouvait exister entre leur fréquence de rêve lucide et leur qualité de sommeil d'une part et plus globalement d'évaluer si la fréquence des rêves typiques était en lien avec cette qualité du sommeil d'autre part.

L'investigation réalisée dans le cadre de cette recherche avait également pour objectif de continuer à décrire les propriétés du sommeil de notre population principale.

Nous proposerons un résumé de la problématique, des objectifs et des hypothèses ayant motivé cette étude et nous évoquerons la méthode employée puis les résultats. Ceux-ci seront discutés, notamment, au regard de notre problématique générale.

Cette présentation synthétique a pour objectif de décrire les éléments les plus importants de l'étude. Elle sera suivie de l'article en version originale tel qu'il a été publié.

Titre complet de l'étude 2 : Existe-t-il un lien entre la fréquence des rêves et des rêves lucides, et la qualité subjective du sommeil ?

Problématique, Objectif et hypothèses

Le rêve lucide peut permettre aux participants de choisir ce dont ils vont rêver. Il offre donc la possibilité d'inclure un contenu de rêve spécifique et d'évaluer les effets de cette inclusion sur la mémoire. Au-delà de cette possibilité, le rêve lucide est un état de conscience singulier qui, dans sa singularité, fournit des informations sur la phénoménologie du rêve.

Deux conceptualisations du rêve lucide sont particulièrement discutées, l'une considère que le rêve lucide est une hybridation entre l'éveil et le sommeil, et l'autre considère que les phénomènes oniriques font partie d'un continuum dans lequel la conscience et le contrôle des rêves ne sont pas des signes d'un fonctionnement spécifique à l'éveil.

La conceptualisation du rêve lucide comme une hybridation a été utilisée pour proposer qu'une fréquence élevée de rêve lucide soit susceptible d'entraîner une diminution de la qualité du sommeil. Puisque le rêve lucide était un candidat méthodologique de premier plan pour les recherches que nous allons mener ultérieurement, notre objectif était d'évaluer l'impact potentiellement négatif qu'il peut avoir sur la qualité du sommeil. En outre, l'étude précédente semblait suggérer que la qualité du sommeil chez les étudiants est plutôt faible. Il était donc important de comparer cette qualité avec un autre type d'échantillon pour vérifier si c'était le cas.

Méthode

Deux échantillons ont été inclus dans cette étude (N = 955). L'échantillon d'étudiants a été recruté en utilisant les communications en ligne et les réseaux sociaux de l'université. Il s'agissait de 274 (219 femmes) étudiants dont l'âge moyen était de $21,33 \pm 3,27$ ans, allant de 19 à 52 ans. L'échantillon en population générale consistait en 681 personnes (400 femmes) avec un âge moyen de $34,63 \pm 15,56$ ans allant de 19 à 89 ans.

Le questionnaire utilisé est basé sur la version de l'hôtel-Dieu de Paris de l'index de qualité du sommeil de Pittsburgh (PSQI). Des questions portant sur la conscience onirique incluant la fréquence de rappel de rêves, la fréquence de rêves lucides, la fréquence de rêves avec conscience du rêve et la fréquence de rêves avec contrôle du rêve ont également été posées.

Résultats principaux et Discussion

Les individus issus de la population générale ont une prévalence de rêves lucides de 49,49 %. Cette prévalence est proche de celle d'un échantillon allemand représentatif dans lequel 51 % des participants avaient déclaré avoir fait un rêve lucide au moins une fois (Schredl & Erlacher, 2011). Dans le groupe des étudiants, ils sont 63,87 % à avoir déclaré un ou plusieurs rêves lucides. Les participants étaient 72,83 % à indiquer un rêve ou plus avec conscience de l'état de rêve dans le groupe de la population générale et 79,93 % dans le groupe des étudiants. Les participants étaient 42,58 % à indiquer un rêve ou plus avec contrôle du rêve dans la population générale et 55,47 % dans le groupe des étudiants.

Cette étude n'a pas trouvé de liens entre les fréquences des expériences oniriques (rêve, rêve lucide, rêves de conscience, rêve de contrôle) et les caractéristiques du sommeil évaluées avec la PSQI. Seul le prédicteur du *genre* permettait la prédictivité des modèles de régression testés.

Conclusion

Aucun lien spécifique n'a été trouvé entre les fréquences des expériences oniriques atypiques et la qualité du sommeil telle qu'elle est exprimée par le score total du PSQI. Nous avons considéré dans cette étude que ce résultat et tous les autres qui n'ont pas réussi à établir un lien entre le rêve lucide et la diminution de la qualité du sommeil étaient une invitation à conceptualiser la conscience et le contrôle comme des phénomènes qui peuvent participer à la diversité de la phénoménologie onirique. Par conséquent rien ne s'oppose à ce que le rêve lucide soit utilisé comme outil méthodologique. Cependant, les méthodes utilisées pour favoriser leur apparition ne doivent pas, en elles même, affecter la qualité du sommeil.

A la suite de cet article, nous évoquerons une tentative de favoriser l'apparition du rêve lucide dans un contexte expérimental.

Article en version originale (publié)

Ribeiro, N., Gounden, Y., & Quaglino, V. (2020). Is There a Link Between Frequency of Dreams, Lucid Dreams, and Subjective Sleep Quality?. *Frontiers in psychology*, 11, 1290. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01290>

Traduction du résumé

Un rêve lucide est un rêve dans lequel le rêveur est conscient de rêver et dans lequel il peut contrôler le rêve ou observer passivement son déroulement.

Les fréquences du rêve lucide, du rêve avec conscience et du rêve avec contrôle ont été précédemment étudiées dans une population d'étudiants français. Étant donné que la population étudiante diffère généralement de la population générale en termes de caractéristiques oniriques et de sommeil (telles que la qualité du sommeil), des études supplémentaires ont été nécessaires. En outre, il n'est pas encore établi si le rêve lucide est lié à la qualité générale du sommeil.

Cette étude vise donc à décrire et à comparer la fréquence des expériences oniriques (rêves, rêves lucides, conscience et contrôle) et la qualité du sommeil évaluée à l'aide du *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI) chez les étudiants (n = 274) et dans un échantillon de la population générale (n = 681). Il vise également à évaluer si la fréquence des rêves peut prédire la qualité du sommeil dans ces deux échantillons.

Le score au PSQI n'était pas prédictif de la fréquence des expériences oniriques dans le groupe d'étudiants alors qu'il l'était pour la population générale. Cependant, aucun des modèles de régression n'a montré que la fréquence des expériences de rêves était liée à la qualité du sommeil, car la prédictivité du modèle était uniquement due à la variable du genre.

Ces résultats sont discutés en accord avec les études précédentes sur la fréquence des rêves lucides. Plusieurs ajustements méthodologiques sont proposés en vue d'études futures.



Is There a Link Between Frequency of Dreams, Lucid Dreams, and Subjective Sleep Quality?

Nicolas Ribeiro, Yannick Gounden and Véronique Quaglino*

CRP-CPO, EA 7273, Université de Picardie Jules Verne, Amiens, France

OPEN ACCESS

Edited by:

Sérgio Arthuro Mota-Rolim,
Federal University of Rio Grande do
Norte, Brazil

Reviewed by:

Michael Schredl,
University of Heidelberg, Germany
Daniel Erlacher,
University of Bern, Switzerland

*Correspondence:

Véronique Quaglino
veronique.quaglino@u-picardie.fr

Specialty section:

This article was submitted to
Consciousness Research,
a section of the journal
Frontiers in Psychology

Received: 29 February 2020

Accepted: 18 May 2020

Published: 25 June 2020

Citation:

Ribeiro N, Gounden Y and
Quaglino V (2020) Is There a Link
Between Frequency of Dreams, Lucid
Dreams, and Subjective Sleep
Quality? *Front. Psychol.* 11:1290.
doi: 10.3389/fpsyg.2020.01290

A lucid dream is a dream in which one is conscious of dreaming and can possibly control the dream or passively observe its unfolding. Frequencies of lucid dreaming (LD), dream with awareness, and dream with actual control were previously investigated in a French student population. As a student population usually differs on oneiric and sleep characteristics (such as sleep quality) from the general population, more investigations were needed. Additionally, it is yet unresolved if LD is related to one's overall sleep quality. This study aims at describing and comparing dream experience frequencies (dream, lucid dreams, awareness, and control) and sleep quality assessed with the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) among students ($n = 274$) and in a general population sample ($n = 681$). It also aims at evaluating if dream experience frequencies can predict sleep quality across these two samples. Predictive models of PSQI score controlling for age and gender were not significant in the student group while they were all marginally predictive for the general population. However, none of these models showed that the frequency of dream experiences could actually help predict the quality of sleep as the significance of the model was carried over only by the gender variable. These results are discussed in line with previous studies on LD frequencies. Several methodological adjustments for future study are proposed.

Keywords: dreaming, lucid, consciousness, frequency, prevalence

INTRODUCTION

Lucid dreaming (LD) is defined as a dream in which the dreamer, while dreaming, is aware that he or she is dreaming. In such a dream, the dreamer has the possibility to control the dream content or to observe the dream unfold passively (Schredl and Erlacher, 2004). A definition of LD has gained popularity in the scientific literature over the last two decades that stipulates that "In lucid dreams, one has awareness that one is dreaming during the dream. Thus it is possible to wake up deliberately, or to influence the action of the dream actively, or to observe the course of the dream passively" (Schredl and Erlacher, 2004).

Lucid dreaming can be apprehended in different ways. For instance, LD can be conceived as a hybrid state of consciousness in which subjective experience is seen as similar to wake like functioning while the dreamer remains asleep. The extents of this theory are that insight (awareness) concerning the dream state and volitional control are features of wake functioning and therefore the sign of an atypical functioning when occurring in dreams (Voss et al., 2009). Within the context of this conception, LD is considered as an abnormality which is a consequence of a

shift in brain activity that alters normal REM sleep toward waking functioning (that feature insight and ego) while the dreamer still exhibits atonia and rapid eye movement burst (Voss et al., 2009, 2015). The hybrid theory has recently been put forward to posit that an increased frequency of LD could potentially dysregulate sleep and have an incidence on one's sleep quality (Vallat and Ruby, 2019). This conception has evolved progressively in favor of other views that invite to consider more contrasts or gradations between states of consciousness (see for instance the Space of Consciousness Model from Voss et al., 2015). The continuum perspective is another way to consider LD in which awareness or control are not specifically attributed to wake or dream-like functioning (Stumbrys, 2011). In such conception, the heightened REM brain activity that is shown when one is LD presents no strong rationales to unfavorably influence typical sleep quality.

The main question that will be addressed in this study is the existence of an influential link between the frequency of dream experiences and the overall sleep quality. Determining the existence of a detrimental or beneficial effect of LD on sleep quality can provide information about what it is and how it should be addressed when evaluated in our research. Previous studies have obtained results concerning this relation between LD and sleep parameters. For example, Denis and Poerio (2017) investigated LD in an online survey based on a large population sample (18–82 years, $n = 1,928$). Their results have highlighted correlations between LD and sleep paralysis episodes. No more correlation between LD and the other sleep quality parameters evaluated with the eight-item Sleep Condition Indicator (SCI) were found (Espie et al., 2014; Denis and Poerio, 2017). Alternatively, a psychology student-based sample ($n = 187$, 73% women) proposed two questionnaires and a sleep diary across a period of 2 months (Aviram and Soffer-Dudek, 2018). LD frequency obtained using a 5-item scale in the first questionnaire was weakly ($r = 15$) associated to a poorer sleep quality as reported by the global sleep assessment questionnaire (Aviram and Soffer-Dudek, 2018). Specifically, only the frequency of deliberate attempts to experience the lucid dream state (through techniques designed to increase the likelihood of LD) was associated with a sleep problem among the five items (momentary frequency, prolonged frequency, spontaneous frequency, frequency of attempt, and frequency of success). In another study, the relationship between LD frequency and sleep quality was investigated in two samples: students ($n = 442$) and general population ($n = 1,380$) (Schadow et al., 2018). In this study of Schadow et al. (2018), sleep quality was assessed over the course of 2 weeks for the student sample. A composite score on the perceived quality of sleep was calculated on 11 items based on the SF-B sleep questionnaire (Görtelemeyer, 1986, cited in Schadow et al., 2018). For the general population group, perceived sleep quality was assessed using a general questionnaire based on the last month. LD frequency was calculated using the same LD scale as the one in the present study in the two groups. LD was related to a poorer sleep quality in both groups, but this relation disappeared when controlling for nightmare frequency. Finally,

a recent diary study performed for 5 weeks that included 149 participants showed that having a lucid dream during a night can be correlated with a higher feeling of being refreshed at wake, contrasting the view of LD as detrimental (Schredl et al., 2020).

Considering these contrasted results, pursuing these investigations of how LD influence sleep quality is a necessity. For this aim, general sleep quality characteristics can be assessed by subjective reports using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI; Buysse et al., 1989). The PSQI could be valuable as it investigates sleep quality over the last month and propose a score calculated over seven components (sleep latency, sleep duration, sleep efficiency, sleep disturbances, medications, and daytime dysfunction). Concerning dream experiences frequencies (typical dream, lucid dream, dream with awareness, and dream with control), a previous study revealed that they are susceptible to relate differently with sleep characteristics, precisely parasomnias correlated with dream control frequency only when these correlations were not found for LD evaluated with a definition or with the question of dream awareness (Ribeiro et al., 2016). Thus, relying on the same methodology for assessing dream experience frequencies as the aforementioned study could reveal a specific relationship with sleep quality that would not have been apparent otherwise. Comparing these two sample types should be done while controlling for age and gender as these factors are supposed to influence dream frequency and sleep quality (Schredl and Reinhard, 2008).

There are few up-to-date investigations of sleep quality and dream experience frequencies among French students; a previous study was performed on 1,137 students (Vallat et al., 2018). The students who were selected in the study of Vallat et al. (2018) were those who did not report any sleep disorders; as a consequence of this selection, the sleep quality possibly have been overestimated and it could be a need to extend such type of study to a more open to everybody sample without any precise inclusion criteria. To our knowledge, there are no studies describing and comparing the results of dream experiences frequency and sleep quality obtained with French students and with a general population sample using the same methodology. However, college students commonly exhibit sleep difficulty singularities in terms of subjective sleep quality (Lund et al., 2010; Lopes et al., 2013). Defining sleep quality on French students is of high importance as, for instance, it could be informative in terms of prevention strategy.

In another scope, continuing to define what LD is and how it is represented in different populations remains critical given its significance for the understanding of consciousness (Noreika et al., 2010). To our knowledge, it is not yet known what causes the difference in the frequency of dream experiences observed in several studies (see Table 1 on Ribeiro et al., 2016); therefore, using an unselected general sample to complete observation previously made on students is of importance.

The aim of the present study is to evaluate if dream experience frequencies (dream, lucid dreams, awareness, and control dreams) are related to subjective sleep quality (assessed with a total score of the PSQI). Within this scope we will describe dream experience frequencies and subjective sleep quality. In

light of previous study, we hypothesize that sleep quality will be influenced marginally by atypical dream experiences frequencies.

MATERIALS AND METHODS

Participants

Two samples of French participants were included in this study (final sample $n = 955$). The student sample was recruited using the university’s online communications and social networks. They were 274 (219 women) undergraduate students with a mean age of 21.33 ± 3.27 years ranging from 19 to 52 years. The population-based sample was recruited using online communication and the university students relayed the call for participation. No selection criterium was indicated. They were 681 with a mean age of 34.63 ± 15.56 years ranging from 19 to 89 years. There were 400 women and 241 men. Both groups completed the questionnaire from January to February 2020. Out of 1,054 participants, 99 were excluded from analysis as participants indicated “No” or “Rather not” to the following

question: “Does this questionnaire contain answers that reflect (your) actual reality?”

In a study investigating subjective sleep parameters, the gender factor can rationally be supposed to influence the results (Schredl and Piel, 2003; see Schredl and Reinhard, 2008). Dream experiences frequencies and score of the PSQI have been compared across genders. In the student group, comparison was significant for dream recall frequencies ($p = 0.018$). In the general population, the comparison was significant for dream recall frequency as well ($p = 0.004$) and total score of the PSQI ($p < 0.001$). These two comparisons were still significant ($p < 0.001$) when using age as a covariate, as age is also a common factor to control in dream studies (Nielsen, 2012). As a consequence, every comparison made in the “Result” section will be controlled for gender and age. All of the variables in this study were compared between groups, this comparison is available in **Supplementary Materials**.

This study was carried out within the framework of French legislation on ethics and data protection. All participants completed a separate consent form that guaranteed anonymity, informed them of the scope of the study and the possibility of stopping it at any time.

TABLE 1 | Descriptive data for all dream-related experiences frequencies.

	Student $n = 274$		General pop. $n = 681$	
	Counts	Percentage	Counts	Percentage
Dreaming				
Less than once a month	23	8,39	163	23,94
Once a month	30	10,95	72	10,57
Two or three times a month	28	10,22	100	14,68
Once a week	55	20,07	117	17,18
Two or three times a week	83	30,29	143	21
Four or more times a week	55	20,07	86	12,63
Lucid dreaming				
Never	99	36,13	344	50,51
Less than once a year	43	15,69	80	11,75
About once a year	25	9,12	51	7,49
About 2 to 4 times a year	48	17,52	98	14,39
About once a month	25	9,12	43	6,31
About 2 to 3 times a month	17	6,2	36	5,29
About once a week	12	4,38	12	1,76
Several times a week	5	1,82	17	2,5
Dream with awareness				
Never	55	20,07	185	27,17
Once	25	9,12	70	10,28
Less than once a year	45	16,42	107	15,71
Many times a year	63	22,99	107	15,71
Many times a month	26	9,49	51	7,49
many times a week	60	21,9	161	23,64
Dream with control				
Never	391	44,53	122	57,42
Once	45	8,39	23	6,61
Less than once a year	83	13,5	37	12,19
Many times a year	55	14,6	40	8,08
Many times a month	25	4,01	11	3,67
Many times a week	82	14,96	41	12,04

Material

Participants were requested to fill in a 150-question composite questionnaire online based on the study of Ribeiro et al. (2016). Only questions pertaining to this study are addressed in the following section.

Participants’ demographics and characteristics included gender and date of birth. The question concerning occupation concerned whether the participant was a student or not, and if they felt like their sleep schedule was constrained by their daily activity. The wording of this yes/no explorative question was “Do your professional, associative or domestic activities require you to go to bed or get up at specific times?”

In order to assess sleep quality, we used the PSQI total score which is based on 17 questions that evaluate seven components labeled as follows: sleep quality, sleep latency, sleep duration, sleep efficiency, sleep disturbances, medications, daytime dysfunction (Buysse et al., 1989; Léger et al., 2006). The PSQI is the most commonly used generic measure in clinical and research setting and has been demonstrated to have an adequate content validity, a good construct validity and a good discriminative validity (Mollayeva et al., 2016).

In the questionnaire, four questions on dream experiences concerned dream frequency, LD frequency, dreams with awareness frequency, and dreams with control frequency. These questions were reformulated in order to ensure a good comprehension in French language but were conceptually similar to those typically used in the literature (Stepansky et al., 1998; Watson, 2001; Fassler et al., 2006; Soffer-Dudek et al., 2011).

The wording of the dream frequency question was: “In the past 6 months, how often have you been able to remember at least one of your dreams when you woke up?” (0 = Less than once a month, 1 = Once a month, 2 = Two or three times a month, 3 = Once a week, 4 = Two or three times a week, and 5 = Four times a week or more).

The LD frequency question was preceded by a definition of LD: “During LD, one is – while dreaming – aware of the fact that one is dreaming. It is possible to deliberately wake up or to control the dream action or to observe passively in the course of the dream with this awareness.” The question was “Referring to the definition below, how often have you experienced LD?” (0 = never, 1 = less than once a year, 2 = about once a year, 3 = about 2–4 times a year, 4 = about once a month, 5 = about 2–3 times a month, 6 = about once a week, 7 = several times a week). The definition and frequency scale were extracted from Schredl and Erlacher (2004).

Awareness and control were both evaluated on the same 6-point rating scale (0 = never, 1 = once, 2 = Less than once a year but more than just once, 3 = many times a year, 4 = many times a month, 5 = many times a week). For awareness the wording of the question was “While dreaming, have you ever been aware that you were actually dreaming?” and to control the wording was “While dreaming, have you ever been able to control the content of your dream?”

The order of the questions concerning LD, awareness, and control was proposed in two versions (the question of LD was presented after or before the two questions on awareness and control). The original French wording for all questions are accessible as **Supplementary Material** of the present article.

Procedure

By clicking on the hyperlink associated with the recruitment text, participants were redirected to the questionnaire hosted on a Google form. Once the questionnaire was completed, all responses were entered into an online spreadsheet and transferred to an Excel spreadsheet where duplicate data were excluded. During pretest, the estimated time for completing the questionnaire was 20 min or more. All statistics were performed using R and/or Jamovi (Fox and Weisberg, 2018; R Core Team, 2019; The jamovi project, 2020).

RESULTS

Results are presented aligned with our aims: description of the results, investigation of how dream experiences could be related to sleep characteristics as assessed by the PSQI, and sample comparison on each indicator of the present study.

All comparisons considered the effect of age and gender as these factors are known to potentially influence dream frequency (Schredl and Reinhard, 2008). All of the variables in this study were compared between groups, this comparison is available in **Supplementary Materials**.

Descriptive Data on Dream Experience Frequencies and Sleep Characteristics

Summarized answers to questions about the frequency of dream experiences (frequency of dreaming, LD, consciousness, and control) are available in **Table 1**.

Summarized answers to questions about sleep quality as assessed with the PSQI are summarized in **Table 2**.

TABLE 2 | Descriptive data for the PSQI across the two groups.

	Student n = 274		General pop. n = 681	
	Counts	Percentage	Counts	Percentage
Sleep quality				
Score = 0	9	3,28	52	7,64
Score = 1	128	46,72	322	47,28
Score = 2	113	41,24	251	36,86
Score = 3	24	8,76	56	8,22
Sleep latency				
Score = 0	51	18,61	149	21,88
Score = 1	74	27,01	225	33,04
Score = 2	76	27,74	183	26,87
Score = 3	73	26,64	124	18,21
Sleep duration				
Score = 0	95	34,67	249	36,56
Score = 1	92	33,58	214	31,42
Score = 2	57	20,8	136	19,97
Score = 3	30	10,95	82	12,04
Sleep efficiency				
Score = 0	179	65,33	455	66,81
Score = 1	60	21,9	98	14,39
Score = 2	17	6,2	75	11,01
Score = 3	18	6,57	53	7,78
Sleep disturbance				
Score = 0	12	4,38	38	5,58
Score = 1	208	75,91	469	68,87
Score = 2	49	17,88	160	23,49
Score = 3	5	1,82	14	2,06
Medication				
Score = 0	240	87,59	593	87,08
Score = 1	9	3,28	33	4,85
Score = 2	13	4,74	14	2,06
Score = 3	12	4,38	41	6,02
Daytime dysfunction				
Score = 0	28	10,22	101	14,83
Score = 1	97	35,4	278	40,82
Score = 2	107	39,05	233	34,21
Score = 3	42	15,33	69	10,13
PSQI Score, Mean (SD) n for score >5	8.67 (3.41) n = 225		8.33 (3.46) n = 537	

Sleep Quality and Dream Experience Frequencies, a Regression Analysis

We performed linear regression analysis to investigate whether the global PSQI score variance could be explained by LD frequency. Within this scope, dream experiences frequencies were recoded as a frequency per month using the class means. As indicated above, age and gender have been added as covariates and factors. Summary for this analysis is available in **Table 3**. Noticeably, the model was significant (with a *p*-value lower than 0.05) only when gender was added as a covariable; a closer analysis of the model coefficient confirmed that LD did not participate to this significance. In other world, lucid dream frequency

TABLE 3 | Model fit measures and model coefficient for the regression analyses concerning sleep quality and lucid dreaming frequency.

Model	Model fit measures		Overall model test			
	R	R ²	F	df1	df2	p
1 LDF_Recoded	0.0122	1.49e-4	0.142	1	953	0.706
2 LDF_Recoded and DRF_Recoded	0.0393	0.00154	0.735	2	952	0.480
3 LDF_Recoded, DRF_Recoded, and age	0.0561	0.00315	1.002	3	951	0.391
4 LDF_Recoded, DRF_Recoded, age, and college student	0.0711	0.00506	1.207	4	950	0.306
5 LDF_Recoded, DRF_Recoded, age, college student, and gender	0.1362	0.01854	3.585	5	949	0.003

To isolate the singular effect of gender, we chose to test the prediction of the PSQI score by our variable of interest in five models by adding a control variable one by one. The model coefficients presented in the table beside concern the complete model (5) as being the only one significant. LDF: lucid dreaming frequency and DRF: Dream recall frequency.

Model coefficients – PSQI_total.				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	29.3085	17.13169	1.711	0.087
LDF_Recoded	-0.0141	0.04014	-0.352	0.725
DRF_Recoded	0.0128	0.01505	-0.352	0.725
College_Student:			0.851	0.395
Yes – No	0.3093	0.26823	1.153	0.249
Birth	-0.0104	0.00864	-1.208	0.227
Gender:				
Men – Women	0.8753	0.24241	(3.611)	(0.001)

does not help to predict sleep quality significantly. These tests were also performed for dream recall frequency, awareness, and control with similar outcomes suggesting that dream experience frequency does not predict significantly PSQI score.

Linear regression tables for the comparison mentioned above and for separate regression analysis depending on the group are available in the **Supplementary Material**.

DISCUSSION

This study was primarily conducted to evaluate how dream frequency could predict sleep quality in these two samples: a student and a general population sample. The research also aimed at describing the frequency of dream experiences (dreaming, LD, awareness, and control) and sleep quality as measured by the PSQI in these two samples.

Concerning LD frequency, individuals in the general population group have a prevalence (one or more occurrences during their lifetime) of LD of 49.49%. Even though the present general sample showed a wide age range, it was not

a representative sample, however, dream recall frequency is close to that of a representative German sample in which 51% of participants reported having a lucid dream at least once (Schredl and Erlacher, 2011). In the same group, 15.86% were considered to have frequent lucid dreams because they had lucid dreams at least once a month, compared to 20.1% in the German representative sample (Snyder and Gackenbach, 1988). In the group of students, 63.87% reported having one or more lucid dreams, while 81.05% reported having such a dream in the 2015–2016 study (Ribeiro et al., 2016) and 82% of the student sample of Schadow et al. (2018). In the same group, 21.52% were frequent lucid dreamers, while 36.36% of students were considered lucid dreamers in 2015 and 36.9% in Schadow et al. (2018). In other words, the frequency of LD is lower in this study than in a previous study, while instructions and timing of data collection (beginning of the year) are noticeably similar (Ribeiro et al., 2016). This discrepancy could be explained by the fact that in 2015, students did not indicate which disciplines they were involved in, whereas the students in this study are all psychology students. Another explanation could come from the fact that participants saw all

questions about consciousness and control in this questionnaire whereas they had only seen LD ones in the other study.

Concerning the answers to question about the dream of awareness and dream with control frequencies, participants were 72.83% to indicate one dream or more with awareness of the dream state in the general population group and 79.93% in the student group; they were 73.38% in the student group of the 2016 study (Ribeiro et al., 2016). Participants were 42.58% to indicate one dream or more with control of the dream state in the general population group and 55.47% of the student group; they were 50.65% in the student group of 2016 (Ribeiro et al., 2016).

This study did not find links between dream experiences frequencies (dream, lucid dream, awareness dreams, control dream) and sleep characteristics assessed with the PSQI for the student and the general group. Noticeably, the extent of the variance explained of significant models was rather low and only the gender predictor carried on this significance. Moreover, Schadow et al. (2018) have proposed that the occurrence of lucid dreams is not *per se* related to sleep quality but a consequence of higher nightmare frequencies. We believe that the present investigation participates in an accumulation of studies that invite to consider general LD occurrence as innocuous for sleep characteristics, but more studies are still needed. Aviram and Soffer-Dudek (2018) have indicated that LD can be beneficial or detrimental to a person's well-being, depending on the context in which lucidity occurs, such as whether or not people have attempted to induce it. Some of these techniques can be expected to disrupt sleep parameters; for example, some dreamers use devices that randomly send a red light into the eye during sleep in the hope of waking the individual sufficiently to experience LD (Stumbrys et al., 2012; Mota-Rolim et al., 2019). Therefore, future investigation of relation between LD frequency and sleep quality should focus specifically on instances where there is an increase to its frequency (Vallat and Ruby, 2019; Soffer-Dudek, 2020). In light of the present study, we believe that these future studies would benefit from using several operational definitions of dream lucidity to conduct their investigations. The Frequency and Intensity Lucid Dreaming (FILD) questionnaire may be of interest in this regard (Aviram and Soffer-Dudek, 2018). Another proposition is the Lucid dreaming Skills Scale (LUSK) that investigates frequency of LD, awareness/perception, dream control, and problems associated with being lucid during dreams using 22 items (Schredl et al., 2018). As a comment on possible future study: it would also be important to assess whether individuals who use lucid dream induction methods do so in an attempt to cope with their sleep problem. Indeed, this simple fact could lead to a misinterpretation of LD as being detrimental to sleep quality (see discussion on Schredl et al., 2020).

Additionally, the state-of-the-art on typical dreams invites also to mitigate the proposition of a detrimental effect of dream recall frequency on sleep quality, for instance, a decline in sleep quality was associated with a decline in dream recall for individuals with insomnia (Pagel and Shocknesse, 2007). For future research, we recommend using the scale proposed in the MADRE questionnaire as its metric properties are better known as the one we used in this study (for

a French validation see Schredl, 2004; Schredl et al., 2014; Ghorayeb et al., 2019).

CONCLUSION

Frequencies of dream-related experiences were in the range of previous studies and 49.5% of individuals in the general population group indicated having experience LD at least once during their lifetime. No specific link was found between atypical dream consciousness frequencies and sleep quality as expressed with a total score of the PSQI. The present result and all the others that have failed to link LD to diminished sleep quality could be an invitation to conceptualize consciousness and control as phenomena that can participate in the diversity of dream phenomenology rather than as features of waking that are insinuated into dream phenomenology in a context of abnormality. Effect of induction strategies that impact directly sleep parameters on sleep quality remains to be investigated.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The dataset generated for this study is available in the **Supplementary Material** and on request to the corresponding author.

ETHICS STATEMENT

Ethical review and approval was not required for the study on human participants in accordance with the local legislation and institutional requirements. The patients/participants provided their written informed consent to participate in this study.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

NR conducted the study and wrote the manuscript. YG and VQ supervised the research and contributed to the writing. All authors contributed to the article and approved the submitted version.

FUNDING

This study was funded by the help to support research visibility – S2R of the UPJV.

SUPPLEMENTARY MATERIAL

The Supplementary Material for this article can be found online at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.01290/full#supplementary-material>

REFERENCES

- Aviram, L., and Soffer-Dudek, N. (2018). Lucid dreaming: intensity, but not frequency, is inversely related to psychopathology. *Front. Psychol.* 9:384. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00384
- Buysse, D. J., Reynolds, C. F. III, Monk, T. H., Berman, S. R., and Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh sleep quality index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res.* 28, 193–213. doi: 10.1016/0165-1781(89)90047-4
- Denis, D., and Poerio, G. L. (2017). Terror and bliss? Commonalities and distinctions between sleep paralysis, lucid dreaming, and their associations with waking life experiences. *J. Sleep Res.* 26, 38–47. doi: 10.1111/jsr.12441
- Espie, C. A., Kyle, S. D., Hames, P., Gardani, M., Fleming, L., and Cape, J. (2014). The Sleep Condition Indicator: a clinical screening tool to evaluate insomnia disorder. *BMJ Open* 4, 1–5. doi: 10.1136/bmjopen-2013-004183
- Fassler, O., Knox, J., and Jay Lynn, S. (2006). The Iowa Sleep Experiences Survey: hypnotizability, absorption, and dissociation. *Pers. Individ. Differ.* 41, 675–684. doi: 10.1016/j.paid.2006.03.007
- Fox, J., and Weisberg, S. (2018). *car: Companion to Applied Regression. [R package]*. Available online at: <https://cran.r-project.org/package=car> (accessed February 6, 2020).
- Ghorayeb, I., Napias, A., Denechere, E., and Mayo, W. (2019). Validation of the French version of the Mannheim dream questionnaire in a French adult sample. *Int. J. Dream Res.* 12, 23–34.
- Görtelmeyer, R. (1986). *Schlaffragebogen A und B*. Beltz: Internationale Skalen Für Psychiatrie.
- Léger, D., Annesi-Maesano, I., Carat, F., Rugina, M., Chanal, I., Pribil, C., et al. (2006). Allergic rhinitis and its consequences on quality of sleep: an unexplored area. *Arch. Int. Med.* 166, 1744–1748. doi: 10.1542/peds.2007-0846OO
- Lopes, E., Milheiro, I., and Maia, A. (2013). Sleep quality in college students: a study about the contribution of lifestyle, academic performance and general well-being. *Sleep Med.* 14:e185. doi: 10.1016/j.sleep.2013.11.437
- Lund, H. G., Reider, B. D., Whiting, A. B., and Prichard, J. R. (2010). Sleep patterns and predictors of disturbed sleep in a large population of college students. *J. Adolesc. Health* 46, 124–132. doi: 10.1016/j.jadohealth.2009.06.016
- Mollayeva, T., Thurairajah, P., Burton, K., Mollayeva, S., Shapiro, C. M., and Colantonio, A. (2016). The Pittsburgh sleep quality index as a screening tool for sleep dysfunction in clinical and non-clinical samples: a systematic review and meta-analysis. *Sleep Med. Rev.* 25, 52–73. doi: 10.1016/j.smrv.2015.01.009
- Mota-Rolim, S. A., Pavlou, A., Nascimento, G. C., Fontenele-Araujo, J., and Ribeiro, S. (2019). Portable devices to induce lucid dreams-are they reliable? *Front. Neurosci.* 13:428. doi: 10.3389/fnins.2019.00428
- Nielsen, T. (2012). Variations in dream recall frequency and dream theme diversity by age and sex. *Front. Neurol.* 3:106. doi: 10.3389/fneur.2012.00106
- Noreika, V., Windt, J. M., Lenggenhager, B., and Karim, A. A. (2010). New perspectives for the study of lucid dreaming: from brain stimulation to philosophical theories of self-consciousness. *Int. J. Dream Res.* 3, 36–45.
- Pagel, J. F., and Shocknesse, S. (2007). Dreaming and insomnia: polysomnographic correlates of reported dream recall frequency. *Dreaming* 17:140. doi: 10.1037/1053-0797.17.3.140
- R Core Team (2019). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Core Team.
- Ribeiro, N., Gounden, Y., and Quaglino, V. (2016). Investigating on the methodology effect when evaluating lucid dream. *Front. Psychol.* 7:1306. doi: 10.3389/fpsyg.2016.01306
- Schadow, C., Schredl, M., Rieger, J., and Göritz, A. S. (2018). The relationship between lucid dream frequency and sleep quality: two cross-sectional studies. *Int. J. Dream Res.* 11, 154–159. doi: 10.11588/ijodr.2018.2.48341
- Schredl, M. (2004). Reliability and stability of a dream recall frequency scale. *Percept. Mot. Skills* 98(3 Suppl), 1422–1426. doi: 10.2466/pms.98.3c.1422-1426
- Schredl, M., Berres, S., Klingauf, A., Schellhaas, S., and Göritz, A. S. (2014). The Mannheim dream questionnaire (MADRE): retest reliability, age and gender effects. *Int. J. Dream Res.* 7, 141–147. doi: 10.11588/ijodr.2014.2.16675
- Schredl, M., Dyck, S., and Kühnel, A. (2020). Lucid dreaming and the feeling of being refreshed in the morning: a diary study. *Clocks Sleep* 2, 54–60. doi: 10.3390/clocksleep2010007
- Schredl, M., and Erlacher, D. (2004). Lucid dreaming frequency and personality. *Pers. Individ. Differ.* 37, 1463–1473. doi: 10.1016/j.paid.2004.02.003
- Schredl, M., and Erlacher, D. (2011). Frequency of lucid dreaming in a representative German sample. *Percept. Mot. Skills* 112, 104–108. doi: 10.2466/09.PMS.112.1.104-108
- Schredl, M., and Piel, E. (2003). Gender differences in dream recall: data from four representative German samples. *Pers. Individ. Differ.* 35, 1185–1189. doi: 10.1016/S0191-8869(02)00327-6
- Schredl, M., and Reinhard, I. (2008). Gender differences in dream recall: a meta-analysis. *J. Sleep Res.* 17, 125–131. doi: 10.1111/j.1365-2869.2008.00626.x
- Schredl, M., Rieger, J., and Göritz, A. S. (2018). Measuring lucid dreaming skills: a new questionnaire (LUSK). *Int. J. Dream Res.* 11, 54–61. doi: 10.11588/ijodr.2018.1.44040
- Snyder, T. J., and Gackenbach, J. (1988). "Individual differences associated with lucid dreaming" in *Conscious Mind, Sleeping Brain*, eds S. LaBerge, and J. Gackenbach (New York, NY: Springer US), 221–259. doi: 10.1007/978-1-4757-0423-5_10
- Soffer-Dudek, N. (2020). Are lucid dreams good for Us? Are we asking the right question? A call for caution in lucid dream research. *Front. Neurosci.* 13:1423. doi: 10.3389/fnins.2019.01423
- Soffer-Dudek, N., Wertheim, R., and Shahar, G. (2011). Lucid dreaming and resilience in the face of exposure to terrorism. *J. Traumatic Stress* 24, 125–128. doi: 10.1002/jts.20601
- Stepansky, R., Holzinger, B., Schmeiser-Rieder, A., Saletu, B., Kunze, M., Zeithofer, J., et al. (1998). Austrian dream behavior: results of a representative population survey. *Dreaming* 8, 23–30. doi: 10.1023/B:DREM.0000005912.77493.d6
- Stumbrys, T. (2011). Lucid dreaming: discontinuity or continuity in consciousness? *Int. J. Dream Res.* 4, 93–97. doi: 10.11588/ijodr.2011.2.9146
- Stumbrys, T., Erlacher, D., Schädlich, M., and Schredl, M. (2012). Induction of lucid dreams: a systematic review of evidence. *Conscious. Cogn.* 21, 1456–1475. doi: 10.1016/j.concog.2012.07.003
- The jamovi project (2020). *jamovi. (Version 1.2) [Computer Software]*. Available online at: <https://www.jamovi.org> (accessed February 6, 2020).
- Vallat, R., Eskinazi, M., Nicolas, A., and Ruby, P. (2018). Sleep and dream habits in a sample of French college students who report no sleep disorders. *J. Sleep Res.* 27:e12659. doi: 10.1111/jsr.12659
- Vallat, R., and Ruby, P. M. (2019). Is it a good idea to cultivate lucid dreaming? *Front. Psychol.* 10:2585. doi: 10.3389/fpsyg.2019.02585
- Voss, U., Hobson, A., and Wolfgang, J. (2015). *What is the State-of-the-Art on Lucid Dreaming?? Recent Advances and Questions for Future Research*. Frankfurt: MIND Group. doi: 10.15502/9783958570306
- Voss, U., Holzmann, R., Tuin, I., and Hobson, J. A. (2009). Lucid dreaming: a state of consciousness with features of both waking and non-lucid dreaming. *Sleep* 32, 1191–1200. doi: 10.1093/sleep/32.9.1191
- Watson, D. (2001). Dissociations of the night: individual differences in sleep-related experiences and their relation to dissociation and schizotypy. *J. Abnorm. Psychol.* 110, 526–535. doi: 10.1037/0021-843X.110.4.526

Conflict of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2020 Ribeiro, Gounden and Quaglino. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Etude 3 : Méthodes d'évaluation de la fréquence du rêve lucide

Le rêve lucide a été envisagé comme un état de conscience capable de permettre l'intervention expérimentale sur le contenu des rêves et donc de permettre de vérifier l'effet du sommeil sur la mémoire en choisissant les éléments qui doivent être rêvés. Toutefois, le rêve lucide et sa représentativité étaient relativement peu connus au sein de la population étudiante française. En effet, il fallait notamment pouvoir déterminer si le rêve lucide spontané, c'est-à-dire survenant sans qu'aucune méthode n'ait été explicitement mise en place pour l'induire, pourrait être exploité dans la suite de nos recherches.

Cependant, nous avons rapidement constaté que les formulations des évaluations de ces fréquences étaient très variables dans la littérature, notamment en fonction des arrière-plans théoriques définissant le rêve lucide. A notre connaissance, l'effet de ces différentes formulations sur les données recueillies n'avait pas été adressé.

En ce qui concerne ces définitions, les deux principales concernent le fait d'indiquer ou non que le rêveur a la possibilité de contrôler le contenu du rêve en rêve lucide. La différence concerne donc le fait d'intégrer ou non la possibilité de contrôler le rêve au sein de la consigne de la question de fréquence concernant la conscience du rêve. L'alternative possible consiste à proposer séparément une question pour la conscience du rêve et une autre pour le contrôle. Cela présente l'avantage de pouvoir considérer si ces deux composantes du rêve lucide ont la même représentativité et la même fréquence au sein des rêves.

Dans un premier temps, nous résumerons la problématique, les objectifs et les hypothèses de cette étude puis nous présenterons la méthode employée et les résultats qui seront discutés en fonction des objectifs de l'étude, mais également au niveau de la problématique générale.

Cette présentation se focalisera sur les éléments les plus saillants de l'étude et sera suivie, dans un second temps, de l'article en version originale tel qu'il est publié.

Titre complet de l'étude 3 : Enquête sur l'effet de la méthodologie lors de l'évaluation du rêve lucide.

Problématique, Objectif et hypothèses

Le rêve lucide a un rôle important à plusieurs égards. Spécifiquement, dans le cadre de nos recherches, il présentait une opportunité de mieux comprendre la conscience et notamment les rapports subjectifs que pouvaient formuler les individus à propos de leurs expériences subjectives survenant au cours de la nuit. De plus, les rêves lucides étaient une piste importante pour permettre la modification des contenus des rêves des participants notamment pour inclure le matériel à mémoriser. Cela aurait pu permettre d'évaluer, directement, l'effet de cette inclusion sur leurs performances de mémoire ultérieures.

Une investigation préliminaire conditionnant de telles utilisations consistait à établir comment le rêve lucide est représenté dans notre population cible. Cet objectif a rapidement été complété par celui d'une investigation des facteurs pouvant influencer le recueil de l'expérience onirique.

En ce qui concerne les rêves et les rêves lucides, le principal facteur évalué dans la littérature est celui de la fréquence, nous avons conséquemment choisi ce facteur comme cible privilégiée de nos investigations. Enfin, il était nécessaire d'établir si notre échantillon cible, des étudiants à l'université, différait des autres échantillons précédemment investigués dans la littérature sur ces aspects.

Il n'existe pas de définition consensuelle du rêve lucide et ses formulations opératoires, notamment dans les questionnaires proposés aux participants, peuvent différer en fonction de l'inscription des auteurs dans l'une ou l'autre de ses conceptualisations théoriques. Pour rappel, une des distinctions entre les conceptualisations concerne, d'une part, une description du phénomène comme concernant tous les rêves dans lesquels les individus savent qu'ils sont en train de rêver et d'autre part, comme la conjonction de plusieurs facteurs indispensables impliquant *a minima* la conscience du rêve et la possibilité de contrôle.

Méthode

Dans cette étude 309 participants ont été aléatoirement distribués dans deux groupes. Ces groupes différaient uniquement sur la version du questionnaire de sommeil qui leur était proposé. En effet, les deux questionnaires étaient identiques à l'exception des interrogations sur le rêve lucide.

Dans le premier questionnaire, la définition la plus utilisée était proposée et associée à une question de fréquence, dans le second questionnaire deux questions étaient proposées, l'une sur la fréquence de rêves avec conscience de rêver et l'autre sur la fréquence de rêve avec possibilité de contrôle du rêve.

Le questionnaire concernant les autres aspects qualitatifs du sommeil était une adaptation du questionnaire clinique du centre de sommeil de l'hôtel-Dieu de Paris (Léger et al., 2006) et du PSQI (Buysse et al., 1989). Parmi ces questions 10 événements indésirables survenant au cours du sommeil ont été sélectionnés pour créer un score appelé « score de parasomnie ». À ces questions portant sur le sommeil était associé un questionnaire d'imagerie sensorielle mentale appelé Psi-Q (Andrade et al., 2014).

Les questions portant sur les parasomnies et l'imagerie mentale avaient pour but de permettre de comparer les corrélations significatives avec les deux formulations de l'interrogation à propos du rêve lucide. Elles avaient également pour but de déterminer si les participants différaient concernant leurs caractéristiques liées au sommeil entre les deux groupes.

Résultats principaux et discussion

Les participants ayant répondu au questionnaire présentant une définition du rêve lucide (n = 153) étaient 81,05 % à déclarer avoir fait un rêve lucide au moins une fois. Parmi les participants ayant répondu au questionnaire investiguant séparément la conscience et le contrôle du rêve (n = 154), 73,38 % ont déclaré avoir expérimenté le rêve conscient au moins une fois et 50,65 % le contrôle du rêve au moins une fois. Dans ce second groupe, parmi les 113 participants ayant déclaré avoir fait au moins un rêve avec conscience au cours de leur vie, ils étaient 79 à déclarer une fréquence inférieure pour le contrôle des rêves. En outre, parmi les 76 participants ayant déclaré avoir fait une expérience de contrôle des rêves ou plus, 23 ont également déclaré une plus faible fréquence de rêves avec conscience de rêver.

La comparaison des fréquences de rêve lucide évaluée avec la définition dans le premier groupe ou la question portant uniquement sur la conscience de rêver dans le second groupe n'était pas statistiquement significative. En revanche, la fréquence de contrôle différait des autres évaluations de fréquences.

Le score de parasomnie était corrélé avec les deux indicateurs du groupe proposant une évaluation séparée de la conscience et du contrôle, mais pas avec le groupe présentant le questionnaire. Pour l'imagerie mentale, seul le test de corrélation avec le contrôle du rêve était significatif. Ces trois corrélations étaient positives et faibles ($r < .3$). Le contrôle du rêve semblait donc être une composante du rêve au moins partiellement distincte de la conscience du rêve.

Ces résultats ont été interprétés comme indiquant une indépendance de ces deux méthodes d'investigation, notamment en ce qui concerne les liens pouvant être établis avec d'autres aspects de la psychologie.

Conclusion

Des études supplémentaires étaient suggérées afin de déterminer la contribution respective de chacune de ces composantes à la variabilité de la phénoménologie des rêves lucides. Nous précisons également qu'avant de procéder à ces études, il était nécessaire de proposer une définition théorique et opératoire à la fois plus précise et plus consensuelle du rêve lucide qui permettrait de développer des méthodologies plus appropriées. En conformité avec nos interprétations, de récentes études ont proposé de nouvelles méthodologies de recueil sous la forme d'échelles consacrant spécifiquement une ou plusieurs questions à la possibilité du contrôle du contenu du rêve (Aviram & Soffer-Dudek, 2018).

Dans cette première étude initiatrice du reste de nos recherches (voir Annexe 3), la qualité du sommeil était adressée de façon exploratoire, nous avons remarqué à cette occasion que cette qualité semblait particulièrement mauvaise dans notre échantillon. Cette constatation était congruente avec les observations dans d'autres populations étudiantes et a initié le développement d'un plus grand intérêt pour la qualité du sommeil dans la suite de nos recherches. Ce plus grand intérêt a concouru à l'élaboration d'une publication scientifique (étude 1) présentant les résultats de cette investigation plus précisément et à une nouvelle étude (étude 2) comparant les résultats d'une échelle de qualité du sommeil chez des étudiants et en population générale.

Article en version originale (publié)

Ribeiro, N., Gounden, Y., & Quaglino, V. (2016). Investigating on the methodology effect when evaluating lucid dream. *Frontiers in psychology*, 7, 1306. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01306>

Traduction du résumé

Dans le rêve lucide, le rêveur est conscient qu'il rêve et peut éventuellement contrôler le contenu de son rêve. Différents types de méthodologies ont été utilisées pour évaluer sa prévalence. Dans un cas, une définition du rêve lucide est donnée aux participants ("Pendant un rêve lucide, on est - tout en rêvant - conscient du fait que l'on rêve. Il est possible de se réveiller délibérément, de contrôler l'action du rêve, ou d'observer passivement son déroulement avec cette conscience"), tandis que dans les autres cas, les participants se voient poser des questions séparées ciblant des composantes spécifiques du rêve lucide (conscience du rêve et contrôle du rêve).

Dans la présente étude, nous avons mesuré la fréquence des rêves lucides afin de rechercher d'éventuelles disparités en fonction du type de questionnaire utilisé. En outre, nous avons également évalué les liens entre la prévalence du rêve lucide telle qu'évaluée respectivement par chaque questionnaire et divers facteurs tels que la vivacité de l'imagerie mentale et les parasomnies.

Les résultats n'ont pas révélé de différence significative entre les fréquences des rêves lucides d'un questionnaire à l'autre. Pour le questionnaire avec définition, 81,05 % des participants ont déclaré avoir eu une ou plusieurs fois des rêves lucides. Pour le questionnaire basé sur les indicateurs du rêve lucide, 73,38 % des participants ont déclaré avoir eu une ou plusieurs fois des rêves lucides. Cependant, en ce qui concerne l'analyse des corrélations, les liens entre la prévalence des rêves lucides et des facteurs tels que la vivacité de l'imagerie mentale et la parasomnie, varient selon les questionnaires. Ce résultat est un argument suggérant que les chercheurs devraient être prudents lorsqu'ils étudient les liens entre les rêves lucides et d'autres facteurs. D'autres études sont nécessaires pour étudier l'effet de la méthodologie, notamment concernant le poids respectif de la prise de conscience et du contrôle dans la phénoménologie du rêve lucide.



Investigating on the Methodology Effect When Evaluating Lucid Dream

Nicolas Ribeiro, Yannick Gounden and Véronique Quaglino*

CRP-CPO, EA 7273, Université de Picardie Jules Verne, Amiens, France

OPEN ACCESS

Edited by:

Sue Llewellyn,
University of Manchester, UK

Reviewed by:

Mark Blagrove,
Swansea University, UK
Clemens Speth,
University of Dundee, UK

*Correspondence:

Véronique Quaglino
veronique.quaglino@u-picardie.fr

Specialty section:

This article was submitted to
Psychopathology,
a section of the journal
Frontiers in Psychology

Received: 30 May 2016

Accepted: 16 August 2016

Published: 30 August 2016

Citation:

Ribeiro N, Gounden Y and
Quaglino V (2016) Investigating on
the Methodology Effect When
Evaluating Lucid Dream.
Front. Psychol. 7:1306.
doi: 10.3389/fpsyg.2016.01306

Lucid dreaming (LD) is a state of consciousness in which the dreamer is aware that he or she is dreaming and can possibly control the content of his or her dream. To investigate the LD prevalence among different samples, researchers have used different types of methodologies. With regard to retrospective self-report questionnaire, two ways of proceeding seem to emerge. In one case, a definition of LD is given to participants (“During LD, one is—while dreaming—aware of the fact that one is dreaming. It is possible to deliberately wake up, to control the dream action, or to observe passively the course of the dream with this awareness”), while in the other instances, participants are presented separate questions targeting specific LD indicators (dream awareness and dream control). In the present study, we measured LD frequency in a sample of French student in order to investigate for possible disparities in LD frequency depending on the type of questionnaire as outlined above. Moreover, we also study links between the prevalence of LD as assessed, respectively, by each questionnaire with various factors such as *Vividness of Mental Imagery* and *Parasomnia*. Results revealed no significant difference between LD frequencies across questionnaires. For the questionnaire with definition (DefQuest), 81.05% of participants reported experience of LD once or more. Concerning the questionnaire based on LD indicators (AwarContQuest), 73.38% of participants reported having experienced LD once or more. However, with regard to the correlations analysis, links between LD prevalence and factors such as *Vividness of Mental Imagery* and *Parasomnia*, varied across questionnaires. This result is an argument suggesting that researchers should be careful when investigating links between LD and other factors. The type of methodology may influence findings on LD research. Further studies are needed to investigate on the methodology effect in LD research namely on the respective weight of awareness and control.

Keywords: lucid dream, awareness, control, prevalence, frequency, questionnaire

INTRODUCTION

Lucid dreaming (LD) is a state of consciousness in dreams during which the dreamer is aware that he or she is dreaming. The awareness of the dream state is a *sine qua none* condition in labeling LD (Gillespie, 1983) but this feature may be insufficient in fully assessing this phenomenon (Tholey, 1988). The possibility of controlling the dream content is cited as another core criterion of LD (Van Eeden, 1913; Snyder and Gackenbach, 1988). It is thus unclear in the literature how LD is defined (Erlacher et al., 2008; Hobson, 2009; Voss et al., 2009; Noreika et al., 2010). Moreover, there is to date no consensual method on how LD should be investigated.

Snyder and Gackenbach (1988) suggested that imprecise definition can affect LD prevalence and that a multi-component definition that encompasses various elements (such as lucidity and/or the possibility of control), is needed to ensure that LD is well understood by participants. For Green and McCreery (1994) dream awareness is sufficient to define LD. Indeed, the rationale for proposing a definition which aggregates several elements of LD is questionable considering that control does not systematically occur along with dream awareness (Mota-Rolim et al., 2013; Voss et al., 2013). It is thus of utmost importance to have a consensual definition of LD since this element is crucial in devising methodologies to investigate LD.

Lucid dreaming incidence gathered in Latin America, USA, Europe, and Asia suggests that LD is a widespread phenomenon (Mota-Rolim et al., 2013) but its prevalence appears to vary across studies (cf. Table 1). The origin of these variations has recently been addressed by Saunders et al. (2016) in a quality meta-analysis but the authors failed to identify any explanatory systematic bias. Thus, considering that, to our knowledge, no study has directly specified the origin of variations in LD prevalence, the purpose of the present study is to address this issue by targeting the type of methodology used which is a common source of variability across studies (Schredl and Erlacher, 2004; Alvarado and Zingrone, 2008; Voss et al., 2012; Fingerlin, 2013). More precisely, we investigated experimentally

whether LD prevalence would be influenced by the type of interrogation formulation (Dream Awareness and possibility of control within the same definition versus a separate evaluation for awareness and effective control).

Indeed, different methodologies have been devised to measure the frequency or prevalence of LD. For instance, some studies used questionnaires with a definition of LD (for example: "During LD, one is – while dreaming – aware of the fact that one is dreaming. It is possible to deliberately wake up or to control the dream action or to observe passively the course of the dream with this awareness"). This definition is then usually followed by a question on LD frequency (Schredl and Erlacher, 2004; Erlacher et al., 2008, 2012; Rak et al., 2015). In other studies, questionnaires do not contain a definition of LD and instead, propose a specific question on dream awareness. These questionnaires sometimes also cover questions on other LD dimensions, more specifically on the control of the dream content (for example: "Do you sometimes realize in your dreams that you are dreaming?" and "I am able to control or direct the content of my dreams"; Stepansky et al., 1998; Watson, 2001; Fassler et al., 2006; Soffer-Dudek et al., 2011). The effect of using these different methodologies in assessing the prevalence of LD is considered in the present study.

Using different methodologies, many researchers have tried to understand the various factors linked to LD (Blagrove

TABLE 1 | Prevalence differences of lucid dreaming (LD) across studies.

Author	Sample size	Age	Gender repartition	Country and sample type	Methodology	Prevalence LD (least at once)
Schredl et al., 2016	1375	26.5 ± 18.0 years	67.42% Women	United Kingdom	Question awareness	56.32%
Schredl et al., 2012	3579	12.0 ± 1.9 years	61.36% Girls	United Kingdom	Question awareness	43.5%
Alvarado and Zingrone, 2008	492	–	68% Women	Spanish New age magazine lecturers	Question awareness	89%
Schredl and Erlacher, 2004	444	23.5 ± 5.7 years	84% Women	Unselected student sample	Definition based on awareness and control	82%
Erlacher et al., 2008	153	19.1 ± 1.1 years	60.1% Women	Japan students	Definition based on awareness and control	47%
Schredl and Erlacher, 2011	919	48.1 ± 18.4 years	54% Women	Germany representative sample	Definition based on awareness and control	51%
Erlacher et al., 2012	840	21.59 years ± 6.33	57.5% Men	German athletes	Definition based on awareness and control	56.6%
Stumbrys et al., 2013	684	25.5 ± 9.7 years	59.35% Women	German voluntaries	Definition based on awareness and control	83.5%
Smith and Blagrove, 2015	84	33.80 ± 15 years	50% Women	LD forum lecturer	Definition based on awareness and control	72.6%
Fingerlin, 2013	214	17.2 ± 1.2 years	70.6% Women	Swiss Junior college student	Definition based on awareness and control + Question LD and questions control	50%
Mota-Rolim et al., 2013	3,427	Median = 25 years	50% Women	Brazil voluntaries	Definition based on awareness and control + Question Awareness and questions control	77.2%
Voss et al., 2012	793	year range [6–19]	50% Women	German student	One-on-one Interview Description based on awareness	51.9%

Literature search: The purpose of this table is to illustrate how LD prevalence and methodology vary across studies focusing on LD prevalence evaluation. Titles and abstracts were searched in the electronic PubMed and PsycINFO databases and in google scholar search engine (limited to the 10 first pages) using the following search terms: lucid dream*/AND (frequency OR prevalence OR incidence). Only studies published after 2000 were examined.

and Hartnell, 2000; Patrick and Durndell, 2004; Schredl and Erlacher, 2004; Doll et al., 2009; Zink and Pietrowsky, 2013). For instance, studies have shown strong correlations between LD and dream recall frequency (Schredl and Erlacher, 2011; Jones and Stumbrys, 2014). Links between sleep characteristics and LD have been investigated with various types of retrospective questionnaires (Mota-Rolim et al., 2013). For example, it was found that lucid dreamers tend to report experiencing more spontaneous out-of-body experience than those who have not reported LD (Spanos et al., 1995; Levitan et al., 1999). Other studies have investigated the nature of the relations between LD and cognitive performances. For example, Blagrove et al. (2010) sought links between LD and Stroop task performance. In their study, lucid dreamers were able to complete the incongruent Stroop condition faster than occasional or non-lucid dreamers. Relationships have also been shown between LD and personality factors. For instance, it appears that Lucid dreamers are likely to have a more creative personality than non-lucid dreamers (Zink and Pietrowsky, 2013). Various sleep disorders have been investigated within the scope of *parasomnia*. For instance narcolepsy patients are found to report markedly higher LD frequency than typical dreamers (Dodet et al., 2015; Rak et al., 2015). Schredl and Erlacher (2004) also found an association between nightmare frequency and LD frequency. Several studies have likewise revealed links between LD and mental imagery for visual, auditory, gustatory, kinesthetic olfactory, and tactile modalities (Hearne, 1983; Kueny, 1985; Saunders et al., 2016).

For the purpose of investigating whether typical links between LD and other factors would vary depending on the type of methodology, we perform correlations between LD frequency with factors often associated with LD. We choose to focus on the following two factors: *Vividness of Mental Imagery* and *Parasomnia*.

The present study is the first to our knowledge conducted on LD prevalence using a French sample. We aimed at investigating possible disparities in LD frequency depending on the type of question form used. More precisely, the prevalence of LD was investigated with two types of questionnaires widely used in the literature: the first questionnaire contained a definition of LD and a frequency question as used by Schredl and Erlacher (2004). The second questionnaire contained two separate questions on two specific LD dimensions, one targeted the frequency of dream awareness and the other one concerned dream control. A series of questions were common to both questionnaires in order to investigate the correlation of certain factors (the *Vividness of Mental Imagery* and *Parasomnia*) with the LD prevalence. We hypothesize that the type of methodology used could have an effect on LD frequency and its correlation with *Vividness of Mental Imagery* and *Parasomnia*.

MATERIALS AND METHODS

Participants

Participants were all students of Picardie Jules Verne University recruited from January to March 2015 through a social media website and posters pasted on the university notice boards.

The term “LD” was deliberately not mentioned during the recruitment process, to ensure that participants remained blind to the purpose of the study. Participants completed a “sleep questionnaire” which lasted for approximately 35 min. Twenty participants were involved in a pre-test and were not included in the sample of the experiment. Overall, 315 participants were enrolled in the present study, 80% female and 20% male (median age: 20.8 years). An identification number corresponding to each participant guaranteed the confidentiality and anonymity of investigations. Participants were randomly assigned to two different groups.

Material

Using the online software “google forms,” we created two questionnaires, each composed of 150 questions. The first questionnaire contained an adapted French version of a definition of LD (“*During LD, one is-while dreaming-aware of the fact that one is dreaming. It is possible to deliberately wake up or to control the dream action or to observe passively the course of the dream with this awareness*”) and a frequency question, as used by Schredl and Erlacher (2004). The second questionnaire contained two separate questions, one on the frequency of dream awareness and the other one on dream control: “*While dreaming, have you ever been aware that you were actually dreaming?*”; “*While dreaming, have you ever been able to control the content of your dream?*” These two questions were devised from existing formulations in English. They were reformulated in order to ensure a good comprehension in French language but were conceptually similar to those typically used in the literature (Stepansky et al., 1998; Watson, 2001; Fassler et al., 2006; Soffer-Dudek et al., 2011). The remaining questions were the same in both questionnaires and could be classified in the following four categories (see Annexes).

- (i) *Demographics and characteristics of the participant* including 10 questions.
- (ii) *Sleep quality and Parasomnia* (90 questions) including 24 questions from the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI; Buysse et al., 1989), 61 questions from the Diagnostic Sleep Questionnaire of Hotel Dieu Paris Sleep Center (Léger et al., 2006), and 15 questions specifically devised for the present study (e.g., number of hours of sleep, frequency of waking up during the night, how rested the participant felt).
- (iii) *Vividness of Mental Imagery* using 35 questions from the Psi-Q (Plymouth sensory imagery Questionnaire; Andrade et al., 2014) with five questions for each of the seven sensory modalities.
- (iv) *Consumption questionnaire* including 10 questions focusing on alcohol, marijuana, caffeine, tea, soda, and cigarette consumption.

Procedure

By clicking on the hotlink associated with the recruitment text, participants were randomly redirected to one of the two questionnaires. A PHP/HTML page hosted on a personal web server managed the random distribution. After completion of

the questionnaire all the answers marked with a timestamp were created in an online spreadsheet. The data were then transferred to an Excel spreadsheet where we excluded duplicated data and incomplete responses.

Data Acquisition and Pre-processing

As a reminder, the purpose of the present study is (1) To investigate whether the prevalence of LD would vary depending on the type of methodology and (2) To study links between the prevalence of LD as assessed, respectively, by each questionnaire, with the following two factors: Vividness of Mental Imagery and Parasomnia.

Analysis would thus concern only items of the Mental Imagery scale and the 10 questions on parasomnias that could be remembered by participants at wake. Exploratory items were not considered in the present statistical analysis (for example, questions on sleep position, consumptions, duration of sleep...).

For the questionnaire in which a definition of LD was presented (DefQuest), LD frequency per week was measured with an 8-point rating scale ranging from zero (never) to seven (several times). For the other questionnaire which contained a question about the frequency of dream awareness and about dream control (AwarContQuest), awareness and dream control were both, respectively, measured with a 6-point rating scale ranging from zero (never) to five (several times), to assess the frequency of each manifestation per week. To obtain unit in frequency per month, the scales were recoded using the Schredl and Erlacher (2004) methodology.

For *parasomnia* category (PSQI; Buysse et al., 1989), we selected 10 questions about the following: “headaches”; “kicks”; “hypnagogic hallucinations”; “immediate dreams”; “paralysis”; “nightmares”; “coughs”; “gastric burns”; “ruminations”; “narcolepsy.” These 10 variables were evaluated on a 6-point frequency scale ranging from zero (never) to six (every day). A total parasomnia score was calculated by summing up the point for each 10 responses.

For *Vividness of Mental Imagery*, we calculated seven scores corresponding to the seven imagery modality subscales “vision,” “audition,” “smell,” “taste,” “touch,” “body,” and “emotion” in 11-point intensity scale (Andrade et al., 2014). A *Vividness of Mental Imagery* score was calculated by summing up the point for each seven subscales score.

RESULTS

Data collection and processing was carried out using SPSS® version 20 for Windows. Non-parametric tests were conducted since the conditions of homogeneity and normality of variances were not met. After exclusion of contributions with missing answers, the statistical analyses concerned 309 participants out of the original sample of 315 individuals.

As shown in **Figure 1**, among participants who have answered the DefQuest ($n = 153$), 81.05% reported having experienced LD at least once. Among participants who answered the AwarContQuest ($n = 154$), 73.38% reported having experienced dream awareness at least once. Concerning the dream control

question, 50.65% reported dream control at least once. For the AwarContQuest, among the 113 participants who reported one dream or more with awareness, 79 reported a lower frequency for dream control. Moreover, among the 76 participants who reported one experience of dream control or more, 23 also reported a low frequency of dream awareness (**Figure 2**).

No significant difference was found between LD frequency (DefQuest) and dream awareness frequency (AwarContQuest) on the Mann-Whitney test. However, a significant difference ($p < 0.001$) appeared between LD frequency (DefQuest) and dream control frequency (AwarContQuest). The Wilcoxon signed rank test was significant ($p < 0.001$) between dream awareness and dream control in the AwarContQuest.

Using Mann-Whitney test, we also performed a comparison of scores between the two questionnaires (DefQuest vs. AwarContQuest) and the *Vividness of Mental Imagery* score. For the *Parasomnia* score, we used a chi-Square to perform comparisons. No significant difference was found for all these comparisons, except for *Vividness of Mental Imagery* in vision modality (**Table 2**).

Correlations

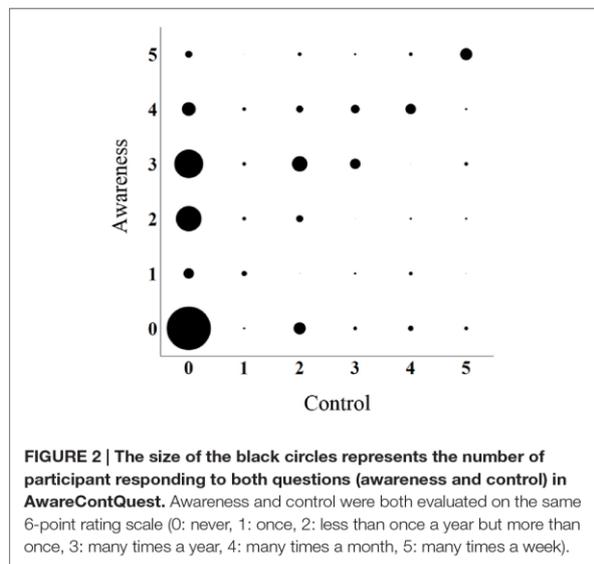
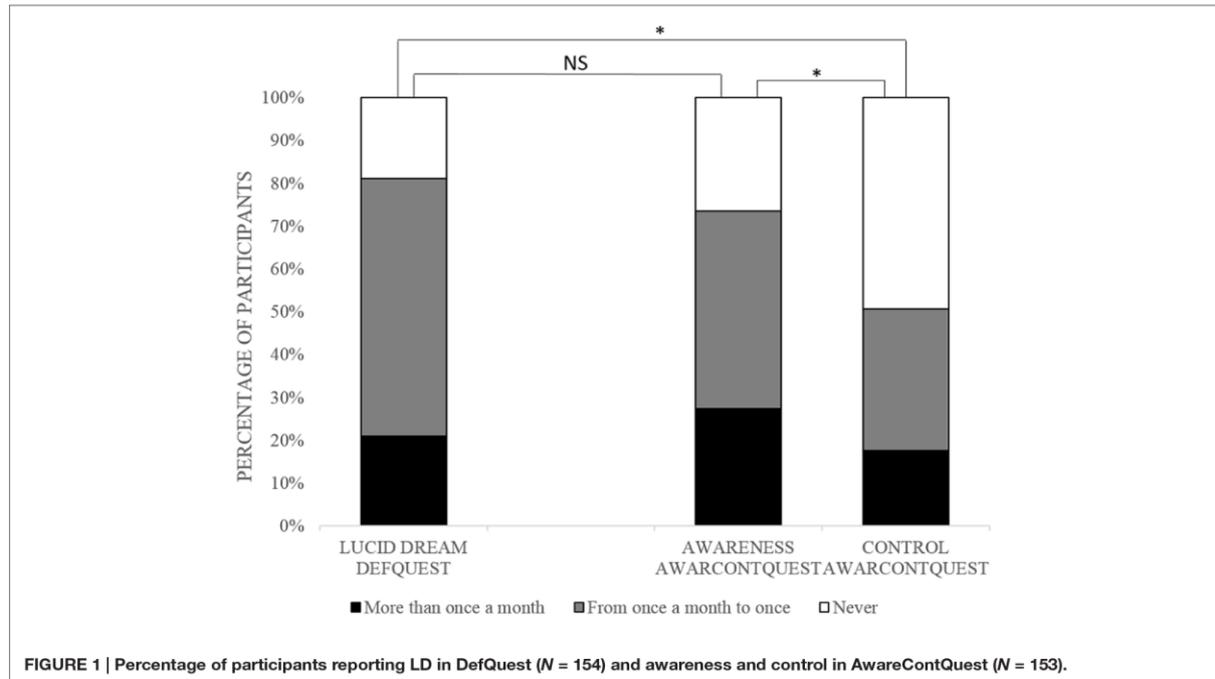
We conducted a Holm-Bonferroni sequential correction (Holm, 1979; Gaetano, 2013). Spearman's rho correlation was used to explore the relationship between LD frequency (in DefQuest), awareness and dream control frequencies (in AwarContQuest) and the two factors (*Parasomnia Vividness of Mental Imagery*). *Parasomnia* score correlated with dream awareness, $r(152) = 0.200$, $p = 0.028$, and dream control, $r(152) = 0.263$, $p = 0.002$, in the AwarContQuest, but not with LD frequency in DefQuest. *Vividness of Mental Imagery* score correlated with dream control $r(152) = 0.189$, $p = 0.019$, in AwarContQuest, but neither with dream awareness frequency in AwarContQuest nor with LD frequency in DefQuest.

DISCUSSION

The present study aims at investigating for possible disparities in LD frequency depending on the type of methodology. We thus investigated the prevalence of LD with two questionnaires: the DefQuest contained a definition of LD and a frequency question and the AwarContQuest contained two separate questions on two dimensions of LD, one about the frequency of dream awareness and the other about dream control. A series of questions were, however, common to both questionnaires to investigate whether the correlation of certain factors (*Parasomnia* and Vividness of Mental Imagery) with the LD prevalence, could vary depending on the type of questionnaire used.

Prevalence of LD as a Function of the Type of Questionnaire

The prevalence of LD was 81.05% when the definition of LD was given. On the other hand, without a definition, prevalence of dream awareness and dream control, were, respectively, 73.38 and 50.65%. Contrary to our expectations, no major discrepancies on LD frequency were observed using different



methodologies in our study. Indeed, the prevalence of LD obtained with *DefQuest* was not statistically different to the awareness frequency in *AwarContentQuest*. Control frequency was different to awareness frequency in the *AwarContQuest*. The finding that dream control is not exclusive or systematic to dream awareness, is not a new finding (Voss et al., 2013). It thus seems that these two components of the LD definition, awareness

and control, may be at least in part independent features. It is therefore problematic in methodologies such as the *DefQuest*, to identify what the participant has considered in the definition of LD (awareness OR/AND control?).

Authors have advised the use of an example to illustrate LD and to bring clarity to the given definition (Snyder and Gackenbach, 1988; Schredl and Erlacher, 2004). LD is a complex phenomenon, which as in the present study, does not systematically occur along with both awareness and control (Voss et al., 2013). Several proposals have been made for more adequate methodologies to investigate LD. For example, hybrid strategies have been employed, bearing in this way the respective benefits of both types of questionnaires used in our study (*DefQuest* and *AwarConQuest*; Snyder and Gackenbach, 1988; Voss et al., 2013). Fingerlin (2013) conducted research in which a definition of LD was presented along with the frequency scale used in Schredl and Erlacher (2004). However, for a more precise measurement of LD prevalence, Fingerlin (2013) also added the following question “*I had one or several dreams meeting only one of the first two criteria.*” In a more recent study, Mota-Rolim et al. (2013) proposed a definition of LD but in addition, they added distinct questions on LD frequency and control frequency. In another study, Mota et al. (2016) used an interesting methodology where LD awareness and dream control are considered separately: “*Can you be aware of dreaming during sleep?*” “*Can you control your dream when this happens?*”

Among the various methods used to investigate dream characteristics, dream mentation report can be an interesting paradigm that could be adapted to LD research (Stickgold et al., 1994; Windt, 2013; Speth et al., 2015; Speth and Speth, 2016a).

TABLE 2 | Descriptive data and significance of the Chi-square and Mann-Whitney tests between the two experimental groups (DefQuest and AwareContQuest).

Type of questionnaire	DefQuest N = 153	AwareContQuest N = 154	Sig.
Demographic			
Gender women/men	123/30	124/30	NS
Age mean and (SD)	20.27 (2.38)	20.11 (1.98)	NS
Vividness of mental imagery score			
Mean and (SD)			
"Vision"	7.58 (1.54)	7.34 (1.43)	0.04
"Sound"	7.37 (1.85)	7.04 (1.94)	NS
"Smell"	5.73 (2.4)	5.68 (2.23)	NS
"Taste"	6.15 (2.38)	6.06 (2.47)	NS
"Touch"	6.91 (2.35)	6.94 (2.33)	NS
"Body"	6.74 (2.11)	6.75 (1.99)	NS
"Emotion"	6.96 (1.73)	6.75 (1.9)	NS
Score	47.44 (12.16)	46.56 (12.14)	NS
Parasomnia score			
Mean and (SD)			
"Headache"	1.81 (1.57)	1.69 (1.52)	NS
"Kicks"	2.14 (1.88)	2.08 (1.85)	NS
"Hyp. hallucinations"	1.01 (1.60)	1.06 (1.58)	NS
"Immediate dreams"	2.27 (1.95)	2.07 (1.92)	NS
"Sleep paralysis"	0.77 (1.51)	0.82 (1.42)	NS
"Nightmare"	2.29 (1.39)	2.16 (1.34)	NS
"Cough"	1.48 (1.30)	1.79 (1.33)	NS
"Gastric burn"	0.61 (1.14)	0.49 (1.09)	NS
"Rumination"	3.42 (1.44)	3.44 (1.48)	NS
"Narcolepsy"	2.06 (1.82)	1.97 (1.68)	NS
Score	17.07 (6.94)	16.56 (7.23)	NS

Dream mentation report may differ from typical (narrative) dream report by considering broader subjective mentation occurring prior to waking. Mentation report can be elicited by specific questions for instance: ***"When you awaken, think back and try to remember what was going on in your mind in the time prior to waking."*** (Speth and Speth, 2016b). Typically, the responses of participants are then analyzed by the experimenter (McNamara et al., 2005).

Adjusting such methodology to the specific case of LD research, would reduce the strong reliance on participants in identifying LD. Indeed, the task of stating whether a dream is lucid or not, would be performed by the experimenter based on his or her definition of LD and not on what the participant would consider as a LD. Moreover, using a double or multiple rating procedure, could further improve the confidence in the identification of LD. The use of dream mentation report could thus be a promising methodology but the generalization of results with such technic, would be possible only if a consensual definition of LD is used in the literature.

However, methodologies such as dream report (or dream mentation report) analysis also trigger new interrogations. By requesting participants to response to specific questions in order

to collect information on their dreams, we cannot exclude that their recollections could be affected by these cueing questions.

Various methods are available for investigating LD and other alternatives can also be devised for evaluating this phenomenon. However, it is important to be aware of the forces and weaknesses of each methodology and most importantly, we should also be able to state clearly what a given method measures specifically. Saunders et al. (2016), in a quality meta-analysis, have released a tool for measuring the methodological quality of studies in LD prevalence: the ***"LD Incidence Methodological Quality Scale"*** (LDIM-Qi). The LDIM-Qi advocates the need of a clear definition that does not focus on control as a necessity. It also advices the adjunction of a LD example, the asking of a narrative recall of LD from the participants, a clear question wording, the control of confounding factor (such as social desirability) and a 7+ point clear scale.

Correlations between LD and Other Factors

We also investigated whether the correlation of *Vividness of Mental Imagery* and *Parasomnia* with the prevalence of LD could vary depending on the type of questionnaire used. LD frequency in the DefQuest did not correlate with neither *Vividness of mental imagery* nor *Parasomnia* score. In the AwarContQuest, both *Parasomnia* score and *Vividness of Mental Imagery* score correlated with control and *Parasomnia* score correlated with awareness.

Differences between LD frequency obtained with DefQuest and AwarContQuest are not apparent but, all things being equal, the interesting information here is that the two types of methodology induced different correlations. If these results can be replicated, future research will have to control systematically if the participant considered the awareness or the control of LD when presenting a multifactorial definition. Historically, the motivation for proposing a definition of LD that encompasses various factors, is to ensure a clear understanding of LD and to avoid confusion with ***"morning-after dream recall"*** (Snyder and Gackenbach, 1988). However, in the light of the present study, presenting a broad definition to investigate a unique frequency indicator, may induce ambiguity regarding the respective prevalence of awareness and control in LD.

CONCLUSION

In the present study, we measured LD frequency in a sample of French student in order to investigate for possible disparities in LD frequency depending on the type of methodology. We also study links between the prevalence of LD as assessed, respectively, by each methodology with factors such as *Vividness of Mental Imagery* and *Parasomnia*. Results revealed no significant difference between LD frequencies across methodologies. However, with regard to the correlations analysis, links between LD prevalence and factors such as *Vividness of Mental Imagery* and *Parasomnia*, varied across questionnaires. If these findings are confirmed, our study

tends to suggest that the type of methodology may affect correlations between LD and other factors (such as a mental imagery). Regarding the assessment of LD prevalence, it appears that the type of methodology cannot explain the variability of LD frequency across studies. Others factors such as age (Schredl et al., 2012; Voss et al., 2012), cultural representations toward dream experience (Erlacher et al., 2008; Mota-Rolim et al., 2013) or the fact that retrospective measurement is dependent on memory and meta-cognitive capacity (Mota-Rolim et al., 2013; Aspy et al., 2015), have already been pointed out to possibly explain this discrepancy. However, further studies are still needed to investigate the respective contribution of each of these factors in generating variability in LD frequency. Prior to these investigations, the proposal of a more accurate and consensual definition of LD with the appropriate methodologies, is needed.

REFERENCES

- Alvarado, C. S., and Zingrone, N. L. (2008). Interrelationships of parapsychological experiences, dream recall, and lucid dreams in a survey with predominantly Spanish participants. *Imagin. Cogn. Pers.* 27, 63–69. doi: 10.2190/IC.27.1.f
- Andrade, J., May, J., Deeprose, C., Baugh, S. J., and Ganis, G. (2014). Assessing vividness of mental imagery: the plymouth sensory imagery questionnaire. *Br. J. Psychol.* 105, 547–563. doi: 10.1111/bjop.12050
- Aspy, D. J., Delfabbro, P., and Proeve, M. (2015). Is dream recall underestimated by retrospective measures and enhanced by keeping a logbook? *Rev. Conscious. Cogn.* 33, 364–374. doi: 10.1016/j.concog.2015.02.005
- Blagrove, M., Bell, E., and Wilkinson, A. (2010). Association of lucid dreaming frequency with Stroop task performance. *Dreaming* 20, 280–287. doi: 10.1037/a0020881
- Blagrove, M., and Hartnell, S. J. (2000). Lucid dreaming – associations with internal locus of control, need for cognition and creativity. *Pers. Individ. Dif.* 28, 41–47. doi: 10.1016/S0191-8869(99)00078-1
- Buyse, D. J., Reynolds, C. F. III, Monk, T. H., Berman, S. R., and Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res.* 28, 193–213. doi: 10.1016/0165-1781(89)90047-4
- Dodet, P., Chavez, M., Leu-Semenescu, S., Golmard, J.-L., and Arnulf, I. (2015). Lucid dreaming in narcolepsy. *Sleep* 38, 487–497. doi: 10.5665/sleep.4516
- Doll, E., Gittler, G., and Holzinger, B. (2009). Dreaming, lucid dreaming and personality. *Int. J. Dream Res.* 2, 52–57. doi: 10.11588/ijodr.2009.2.142
- Erlacher, D., Schredl, M., Watanabe, T., Yamana, J., and Gantzert, F. (2008). The incidence of lucid dreaming within a Japanese University Student Sample. *Int. J. Dream Res.* 1, 39–43. doi: 10.11588/ijodr.2008.2.79
- Erlacher, D., Stumbrys, T., and Schredl, M. (2012). Frequency of lucid dreams and lucid dream practice in German Athletes. *Imagin. Cogn. Pers.* 31, 237–246. doi: 10.2190/IC.31.3.f
- Fassler, O., Knox, J., and Jay Lynn, S. (2006). The iowa sleep experiences survey: hypnotizability, absorption, and dissociation. *Pers. Individ. Dif.* 41, 675–684. doi: 10.1016/j.paid.2006.03.007
- Fingerlin, T. (2013). Incidence and frequency of lucid dreams in a Swiss junior college student sample. *Int. J. Dream Res.* 6, 57–59.
- Gaetano, J. (2013). *Holm-Bonferroni Sequential Correction: An EXCEL Calculator-Version 1.2*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/242331583_Holm-Bonferroni_Sequential_Correction_An_EXCEL_Calculator_-_Ver_1.2
- Gillespie, G. (1983). Memory and reason in lucid dreams: a personal observation. *Lucidity Lett.* 2, 8–9.
- Green, C. E., and McCreery, C. (1994). *Lucid Dreaming: The Paradox of Consciousness During Sleep*. London: Psychology Press.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

VQ supervised the whole research. NR constructed the research protocol and collected all the data. YG participated in the writing of the manuscript and in interpreting the results.

FUNDING

The Bonus Qualité Recherche (BQR) of the University de Picardie Jules Verne supported articles fees.

ACKNOWLEDGMENT

The authors thank heartily Shân Williams for checking the English in the manuscript.

- Hearne, K. M. T. (1983). Features of lucid dreams: questionnaire data and content analysis. *J. Lucid. Dream Res.* 1, 3–20.
- Hobson, J. A. (2009). REM sleep and dreaming: towards a theory of protoconsciousness. *Nat. Rev. Neurosci.* 10, 803–813. doi: 10.1038/nrn2716
- Holm, S. (1979). A simple sequential rejective multiple test procedure. *Scand. J. Stat.* 6, 65–70.
- Jones, S. M. R., and Stumbrys, T. (2014). Mental health, physical self and lucid dreaming: a correlational study in sport students. *Int. J. Dream Res.* 7, 54–60. doi: 10.11588/ijodr.2014.1.12330
- Kueny, S. R. (1985). *An Examination of Auditory Cueing in Rem Sleep for the Induction of Lucid Dreams*. Ph.D. thesis, Pacific Graduate School of Psychology, Palo Alto, CA
- Léger, D., Annesi-Maesano, I., Carat, F., Rugina, M., Chanal, I., Pribil, C., et al. (2006). Allergic rhinitis and its consequences on quality of sleep: an unexplored area. *Arch. Intern. Med.* 166, 1744–1748. doi: 10.1001/archinte.166.16.1744
- Levitán, L., LaBerge, S., DeGracia, D. J., and Zimbardo, P. G. (1999). Out-of-body experiences, dreams, and REM sleep. *Sleep Hypn.* 1, 186–196.
- McNamara, P., McLaren, D., Smith, D., Brown, A., and Stickgold, R. (2005). A “Jekyll and Hyde” within aggressive versus friendly interactions in REM and non-REM dreams. *Psychol. Sci.* 16, 130–136. doi: 10.1111/j.0956-7976.2005.00793.x
- Mota, N. B., Resende, A., Mota-Rolim, S. A., Copelli, M., and Ribeiro, S. (2016). Psychosis and the control of lucid dreaming. *Front. Psychol.* 7:294. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00294
- Mota-Rolim, S. A., Targino, Z. H., Souza, B. C., Blanco, W., Araujo, J. F., and Ribeiro, S. (2013). Dream characteristics in a Brazilian sample: an online survey focusing on lucid dreaming. *Front. Hum. Neurosci.* 7:836. doi: 10.3389/fnhum.2013.00836
- Noreika, V., Windt, J. M., Lenggenhager, B., and Karim, A. A. (2010). New perspectives for the study of lucid dreaming: from brain stimulation to philosophical theories of self-consciousness. *Int. J. Dream Res.* 3, 36–45.
- Patrick, A., and Durnell, A. (2004). Lucid dreaming and personality - A replication. *Dreaming* 14, 234–239. doi: 10.1037/1053-0797.14.4.234
- Rak, M., Beitinger, P., Steiger, A., Schredl, M., and Dresler, M. (2015). Increased lucid dreaming frequency in narcolepsy. *Sleep* 38, 787–792. doi: 10.5665/sleep.4676
- Saunders, D. T., Roe, C. A., Smith, G., and Clegg, H. (2016). Lucid dreaming incidence: a quality effects meta-analysis of 50years of research. *Conscious. Cogn.* 43, 197–215. doi: 10.1016/j.concog.2016.06.002
- Schredl, M., and Erlacher, D. (2004). Lucid dreaming frequency and personality. *Pers. Individ. Dif.* 37, 1463–1473. doi: 10.1016/j.paid.2004.02.003
- Schredl, M., and Erlacher, D. (2011). Frequency of lucid dreaming in a representative german sample 1. *Percept. Mot. Skills* 112, 104–108. doi: 10.2466/09.PMS.112.1.104-108

- Schredl, M., Henley-Einion, J., and Blagrove, M. (2012). Lucid dreaming in children: the UK library study. *Int. J. Dream Res.* 5, 94–98.
- Schredl, M., Henley-Einion, J., and Blagrove, M. (2016). Lucid dreaming and personality in children/adolescents and adults: The UK library study. *Int. J. Dream Res.* 9, 75–78. doi: 10.11588/ijodr.2016.1.26454
- Smith, B. V., and Blagrove, M. (2015). Lucid dreaming frequency and alarm clock snooze button use. *Dreaming* 25, 291–299. doi: 10.1037/drm0000012
- Snyder, T. J., and Gackenbach, J. (1988). "Individual Differences Associated with Lucid Dreaming," in *Conscious Mind, Sleeping Brain*, eds J. Gackenbach and S. LaBerge (Boston, MA: Springer New York), 221–259. doi: 10.1007/978-1-4757-0423-5_10
- Soffer-Dudek, N., Wertheim, R., and Shahar, G. (2011). Lucid dreaming and resilience in the face of exposure to terrorism. *J. Trauma. Stress* 24, 125–128. doi: 10.1002/jts.20601
- Spanos, N. P., McNulty, S. A., DuBreuil, S. C., Pires, M., and Burgess, M. F. (1995). The frequency and correlates of sleep paralysis in a University Sample. *J. Res. Pers.* 29, 285–305. doi: 10.1006/jrpe.1995.1017
- Speth, C., and Speth, J. (2016a). The borderlands of waking: quantifying the transition from reflective thought to hallucination in sleep onset. *Conscious. Cogn.* 41, 57–63. doi: 10.1016/j.concog.2016.01.009
- Speth, J., and Speth, C. (2016b). Motor imagery in REM sleep is increased by transcranial direct current stimulation of the left motor cortex (C3). *Neuropsychologia* 86, 57–65. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2016.04.010
- Speth, J., Speth, C., and Harley, T. A. (2015). Transcranial direct current stimulation of the motor cortex in waking resting state induces motor imagery. *Conscious. Cogn.* 36, 298–305. doi: 10.1016/j.concog.2015.07.005
- Stepansky, R., Holzinger, B., Schmeiser-Rieder, A., Saletu, B., Kunze, M., and Zeitlhofer, J. (1998). Austrian dream behavior: results of a representative population survey. *Dreaming* 8, 23–30. doi: 10.1023/B:DREM.0000005912.77493.d6
- Stickgold, R., Pace-Schott, E., and Hobson, J. A. (1994). A new paradigm for dream research: mentation reports following spontaneous arousal from REM and NREM sleep recorded in a home setting. *Conscious. Cogn.* 3, 16–29. doi: 10.1006/ccog.1994.1002
- Stumbrys, T., Erlacher, D., and Schredl, M. (2013). Reliability and stability of lucid dream and nightmare frequency scales. *Int. J. Dream Res.* 6, 53–56. doi: 10.11588/ijodr.2013.2.11137
- Tholey, P. (1988). "A model for lucidity training as a means of self-healing and psychological growth," in *Conscious Mind, Sleeping Brain*, eds J. Gackenbach and S. LaBerge (Boston, MA: Springer New York), 263–287. doi: 10.1007/978-1-4757-0423-5_11
- Van Eeden, F. (1913). A study of dreams. *Proc. Soc. Psych.* 26, 1–10.
- Voss, U., Frenzel, C., Koppehele-Gossel, J., and Hobson, A. (2012). Lucid dreaming: an age-dependent brain dissociation. *J. Sleep Res.* 21, 634–642. doi: 10.1111/j.1365-2869.2012.01022.x
- Voss, U., Holzmann, R., Tuin, I., and Hobson, J. A. (2009). Lucid dreaming: a state of consciousness with features of both waking and non-lucid dreaming. *Sleep* 32, 1191–1200.
- Voss, U., Schermelleh-Engel, K., Windt, J., Frenzel, C., and Hobson, A. (2013). Measuring consciousness in dreams: the lucidity and consciousness in dreams scale. *Conscious. Cogn.* 22, 8–21. doi: 10.1016/j.concog.2012.11.001
- Watson, D. (2001). Dissociations of the night: individual differences in sleep-related experiences and their relation to dissociation and schizotypy. *J. Abnorm. Psychol.* 110, 526–535. doi: 10.1037/0021-843X.110.4.526
- Windt, J. M. (2013). Reporting dream experience: why (not) to be skeptical about dream reports. *Front. Hum. Neurosci.* 7:708. doi: 10.3389/fnhum.2013.00708
- Zink, N., and Pietrowsky, R. (2013). Relationship between lucid dreaming, creativity and dream characteristics. *Int. J. Dream Res.* 6, 28–33. doi: 10.11588/ijodr.2013.2.10640

Conflict of Interest Statement: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2016 Ribeiro, Gounden and Quaglini. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Etude 4 : Fréquences des rêves : évaluations rétrospectives et longitudinales.

Les personnes qui se réveillent ont la possibilité de formuler des récits qui les impliquent à la première personne dans des scénarii pouvant être complexes et très variés. Les expériences de rêves sont donc intégrées dans des narrations *a posteriori*. À ce titre, il est nécessaire de questionner les méthodes qui permettent de recueillir ces narrations et donc de comprendre la phénoménologie des expériences oniriques. Il fallait également déterminer et élaborer les meilleurs outils pour les recueillir.

Pour mettre en lien des récits de rêves et des performances de mémoire, il convient de définir quelles sont les caractéristiques de ces rêves. Il existe deux possibilités méthodologiques principales pour apprécier les témoignages que peuvent faire les individus à propos de leur vécu onirique. La première est celle des évaluations rétrospectives à l'aide de questionnaire et l'autre est celle des évaluations longitudinales à l'aide de journaux de rêves. A notre connaissance, les informations concernant la façon dont ces deux évaluations sont corrélées étaient limitées.

La problématique, les objectifs, les hypothèses, la méthode et les résultats de cette étude seront discutés en fonctions de ses propres objectifs et de ceux de la problématique générale.

L'article en version originale sera ensuite intégré au manuscrit dans le format dans lequel il a été publié.

Deux perspectives peuvent être envisagées concernant le contenu onirique et ses liens avec la mémoire. La première est celle de l'observation d'inclusions spontanées des expériences oniriques dans les rêves et la seconde est de trouver un moyen d'influencer les rêves plus directement. Dans cette optique, nous nous sommes intéressés au rêve lucide qui permet aux personnes de potentiellement décider de ce dont elles rêvent, au moment où elles rêvent. Cette possibilité d'intervention sur le contenu de conscience est logiquement un levier possible pour l'investigateur en cela qu'il lui permet d'inclure des items spécifiques dans les rêves des participants puis d'évaluer les effets de cette inclusion sur la mémoire. Nos investigations concernant l'induction du rêve lucide seront évoquées en commentaires de cette étude.

Titre complet de l'étude 4 : Évaluation de la fréquence de rappel des rêves : Comparaison des évaluations rétrospectives et longitudinales

Problématique, Objectif et hypothèses

Deux méthodes principales permettent le recueil des caractéristiques subjectives de l'expérience onirique et notamment de la fréquence de rappel des rêves (FDR). En particulier, l'estimation de la FDR peut se faire longitudinalement à partir d'un journal de rêves et rétrospectivement à partir d'un questionnaire. Les différences possibles entre des évaluations rétrospectives et longitudinales de la FDR ont déjà été l'objet d'une revue de la littérature par Aspy et ses collaborateurs (2015). Ils ont montré que la méthode longitudinale conduisait à une estimation de la FDR avec une fréquence plus importante que la méthode rétrospective. Aspy et ses collaborateurs (2015) ont proposé deux hypothèses concernant cette différence. La sous-estimation rétrospective et l'augmentation de la fréquence avec un journal de bord. Dans le prolongement de cette revue, Aspy (2016) a investigué ces deux hypothèses qu'il a confirmées. L'étude mentionnée ci-avant a été menée avec un journal en ligne et une évaluation rétrospective précédant ce journal. Aspy (2016) a de plus suggéré qu'une évaluation rétrospective administrée après le journal pourrait révéler à quel point l'estimation rétrospective sous-estime la FDR. Aspy (2016) a cependant averti qu'avec ce type de méthodologie, les participants pourraient éventuellement relire leurs rapports de rêves (du journal) pour effectuer leur estimation rétrospective.

Un journal de rêves est habituellement basé sur le format papier et crayon. Dans ce cas de figure avec de tels journaux, et comme suggéré par Aspy (2016), les participants peuvent accéder aux récits des pages précédentes. Par conséquent, il pourrait être difficile de savoir si la différence potentielle entre ces deux approches est due à la méthode utilisée pour évaluer la FDR ou à l'influence des éventuelles relectures des journaux sur la mémoire. Il était donc nécessaire de développer un outil ne permettant pas aux participants de reconsulter leurs récits de rêve.

L'objectif de cette étude était d'évaluer les potentielles disparités entre une évaluation rétrospective par questionnaire et une évaluation longitudinale par journal en ligne en proposant ces estimations sur une période identique. Nous avons prédit que ces fréquences différeraient selon les hypothèses de la sous-estimation rétrospective et de l'augmentation longitudinale.

Méthode

Quatre-vingt-un étudiants en psychologie ont été impliqués dans cette étude (âge moyen : 20,34 ans ; tranche d'âge : 18 à 25 ans). Ces participants ont d'abord répondu à un questionnaire rétrospectif portant sur leur FDR au cours des derniers 21 jours. Ils ont ensuite immédiatement démarré un journal de rêves qu'ils devaient remplir chaque matin en se levant pendant 21 jours. Enfin, à l'issue de ces 21 jours, ils ont répondu à un autre questionnaire rétrospectif portant sur leur FDR au cours des derniers 21 jours (soit la période du journal).

Résultats principaux et Discussion

La seule comparaison significative entre ces différentes évaluations concernait l'estimation longitudinale faite avec le journal et la première estimation rétrospective. Cette étude a confirmé l'effet d'un journal de rêves sur la FDR, en revanche, la sous-estimation des estimations rétrospectives n'a pas été démontrée. Nous avons considéré que ces résultats permettaient raisonnablement de considérer que les deux méthodes d'investigations de la FDR étaient fiables.

Conclusion

Par conséquent, nous avons, ensuite, utilisé préférentiellement les méthodes par questionnaire pour qualifier les caractéristiques du sommeil et des rêves. Nous nous sommes également appuyés sur des journaux de rêves proposés au réveil permettant d'appréhender le contenu de l'expérience subjective de la période de sommeil écoulée.

Article en version originale (publié)

Ribeiro, N., Gounden, Y., & Quaglino, V. (2018). Measure of dream recall frequency: Comparing retrospective and logbook evaluations. *International Journal of Dream Research*. <https://doi.org/10.11588/ijodr.2018.1.40617>

Traduction du résumé

La fréquence de rappel des rêves est le principal indicateur pour évaluer les rêves. Dans un cadre d'une évaluation domestique (à la maison), la fréquence de rappel de rêve peut être établie à l'aide de deux méthodes principales : l'estimation rétrospective et l'estimation à l'aide d'un journal de rêves. Aucune recherche à ce jour n'a comparé la fréquence de rappel de rêve obtenue avec ces deux méthodes sur la même période et en utilisant un journal de rêves en ligne qui ne permet pas de relire les rapports précédents. Notre objectif est d'étudier ces deux méthodes en évaluant leur influence sur la fréquence de rappel des rêves.

Dans la présente étude, le protocole s'appuie sur des questionnaires en ligne : un questionnaire rétrospectif initial, un journal de rêves pour une période de 21 jours, et un questionnaire rétrospectif final. Les deux questionnaires rétrospectifs contenaient une question ouverte sur la fréquence de rappel de rêve des 21 derniers jours. Ainsi, le score de la fréquence de rappel de rêve évalué avec le journal de rêves et le questionnaire rétrospectif final ont été établis sur la même période.

Conformément à la littérature, nos résultats ont révélé que la fréquence de rappel de rêve évaluée avec le questionnaire rétrospectif avant l'utilisation du journal de rêves était significativement inférieure à la fréquence de rappel de rêve obtenu avec le journal. Cependant, la fréquence de rappel de rêve évaluée avec le questionnaire rétrospectif final n'était pas différente du score obtenu avec le journal.

Nos résultats préliminaires sont discutés en suggérant que les disparités existantes entre les évaluations rétrospectives avant le journal et celle du journal pourraient être réduites par d'autres facteurs que l'influence du choix méthodologique de recueil. Nous proposons que les comparaisons méthodologiques ultérieures tiennent compte des effets de la période étudiée et de l'influence de la relecture sur la mémoire.

Measure of dream recall frequency: Comparing retrospective and logbook evaluations

Nicolas Ribeiro, Yannick Gounden, and Véronique Quaglini

Université de Picardie Jules Verne, Amiens, France

Summary. Dream recall frequency (DRF) is the main indicator for evaluating dream. In home-setting, DRF can be established using two major methods: the retrospective estimation (RE) and the logbook estimation (LE). No research to date has compared DRF obtained with these two methods on the same period and using an online logbook that does not allow rereading of previous reports. We aim at investigating on these two methods by evaluating their influence on the recall frequency of dream (DRF). In the present study, the protocol consisted of online questionnaires in order to prevent rereading: an initial RE, a LE for a 21-day period, and a final RE. Both RE were based on an open-ended question about DRF on the last 21 days. Thus, the score of DRF assessed with the LE and the post-logbook RE were established on the same period. In line with the literature, our results revealed that the score of DRF with the pre-logbook RE was significantly inferior to the score of DRF obtained with the LE. However, the score of DRF with post-logbook RE was not different to the score obtained with LE. Our preliminary results are discussed by suggesting that disparities existing between Pre-logbook RE and LE might be undermined by other factors than methods influence on DRF. We recommend that further methodological comparisons should care about effects of period investigated and influence of rereading on memory.

Keywords: Dream recall frequency, retrospective measures, prospective measure (logbooks)

1. Introduction

Two main methods are usually used to assess dream recall frequency (DRF) in a home setting (Aspy, Delfabbro, & Proeve, 2015): the logbook estimation and the retrospective estimation. With the logbook estimation (LE), one records his/her dream each morning in a logbook (or diary) during a specific number of days. With the retrospective estimation (RE), one retrospectively provides estimation of his/her DRF in general or during a specific period. Typically, an open-ended question and/or a frequency scale are used (Schredl, 2004). We aim to investigate these two methods to measure their influence on the scores reported on dream recall frequency (DRF). Studies using both methods in the same protocol have been conducted with various objectives, for instance: investigating dream content in specific populations (Schredl and Engelhart, 2001), studying links between social contact and dreams content (Schredl, 2001) or investigating on links between personality factors and DRF (Schredl et al., 2003). For long, these two widely-used methods were posited to be equivalent, and the comparison of both methods to investigate for possible methodology effect was not considered.

Aspy and collaborators have highlighted the diversity of methods used in the aforementioned studies (Aspy, 2016; Aspy et al., 2015). First, LE was typically conducted using a paper/pencil logbook. Considering that participants could consult the logbook by going through previous reports, it

may be uncertain whether any possible difference that exist between these two methods are due to the dream recalling or to the effect on memory of uncontrolled subsequent consultation of reports. Indeed, the memory that a participant can have of an event can be influenced by various factors such as the possibility of reviewing previous information. However beside refreshing the mind, the action of reviewing previous reports can also increase the risk of memory distortions, errors, and reconstructions of souvenirs due to interferences of past events on more recent ones (Schacter, Guerin, & St. Jacques, 2011). The effect of repetition on memory is well documented (Greene, 1992 cited by Karpicke & Roediger, 2007) but, to our knowledge, this factor has never been taken into consideration in dream research comparing LE reports and RE questionnaire. More precisely, we suggest that the effect of uncontrolled rereading of LE reports and recalling of previous information while completing the RE questionnaire have never been explicitly addressed in previous research. Second, the different methods used to investigate on DRF generally do not take as reference the same period when collecting data. Indeed, evaluation of DRF using RE is typically assessed on a period occurring before the LE.

The possible differences that exist between RE and LE were already investigated in a literature review conducted by Aspy and collaborators (2015). They showed that, LE was more likely to give a greater DRF than RE. They termed the differences between RE and LE as the retrospective-logbook disparity (RLD). Aspy and collaborators (2015) proposed two hypotheses to account for the RLD. The retrospective underestimation posits that DRF tends to be underestimated by RE, while the logbook enhancement suggests that LE tends to enhance DRF over time. In continuity of this review, Aspy (2016) addressed empirically the RLD and demonstrated that RE underestimate DRF and LE tends to enhance it. This study was conducted with an online pre-logbook RE (we use the term pre-logbook to signify that the

Corresponding address:
Nicolas Ribeiro, CRP-CPO, EA 7273, Université de Picardie Jules Verne, Amiens, France.
Email: ribeiro.nicolas@live.fr

Submitted for publication: August 2017
Accepted for publication: December 2017

RE occurs before the logbook) and a one-week LE. In accordance with Zunker et al. (2015), Aspy (2016) suggested that a post-logbook RE (i.e. administered after the logbook), established on the same period of the logbook, could reveal the extent to which RE underestimates DRF. Aspy (2016) also warned that with such post-logbook RE, participant might directly reread his/her written dream reports from the logbook to perform the post-logbook RE. We propose in the present study a logbook that prevent this possibility. Moreover, we aim to compare the scores of DRF in pre-logbook RE, post-logbook RE, and LE.

Objective and hypothesis

The purpose of the present study was to address experimentally the retrospective-logbook disparity with online journal and questionnaire that prevent rereading. In line with Aspy (2016), we postulated that the retrospective-logbook disparity between a pre-logbook RE and a LE with regard to DRF may be addressed by using the same RE questionnaire at post-logbook period (after the logbook instead of before). The post-logbook RE would thus investigate exactly the same period as the LE. For the RE and the LE we proposed an online version in order to prevent the reviewing of previous information about dream. By proposing a pre and post RE, before and after the LE, we posit that such procedure would allow to make the DRF comparison upon the same period and determine whether one is able or not to directly assess retrospectively his/her DRF with accuracy.

2. Method

2.1. Participants

Eighty-one undergraduate psychology students were enrolled (mean age: 20.34; age range: 18 to 25 years old). The sample was 85.6% feminine. Recruitment process and the administration of the protocol were performed in conformity with the legislation of our country. All participants filled in a consent form and a medical survey included exploratory questions about motivation for participating, perceived time to fall asleep, oneiric consciousness, sleep quality, anxiety, or depression. Participants who have mentioned sleep pathology or mental disorders were excluded. An identification number corresponding to each participant guaranteed the confidentiality and anonymity of personal data.

2.2. Materials

The online questionnaire assessed DRF with open-ended questions. Participants were asked to estimate the number of morning with dream recall during the last 21 days concerning two periods: before and after the logbook. The wordings in French could be translated as follows "During the last 21 days, how many mornings did you wake up while being able to recall one dream or more?" The questionnaire was constructed and diffused using google form online software. Pre-logbook RE responses were not accessible to avoid comparison with the second completion of the RE questionnaire post-logbook.

The logbook software was completed online on awakening every morning during 21 days. It addressed DRF by questioning on the number of dreams occurring during the night that one could remember and recalled (narrative report). The color-tone was desaturated and developed in dark shades

to limit at most the emission of blue-light. A built-in Messaging was used to notify the end of the logbook period to the participants. To avoid re-reading during the logbook period, dream reports were automatically deleted from the participant device once they were written. In this way, the dreams were only reported once and not read the ulterior days.

2.3. Procedure

Participants were first given oral instructions on how to complete the questionnaire and the logbook. After ensuring that the procedure was clear for all, they were proposed to sign a consent form and filled in the medical survey. Then, using their smart phones or tablets, they had to connect to a webpage containing the pre-logbook questionnaire and received an identifier which ensured the anonymity of data.

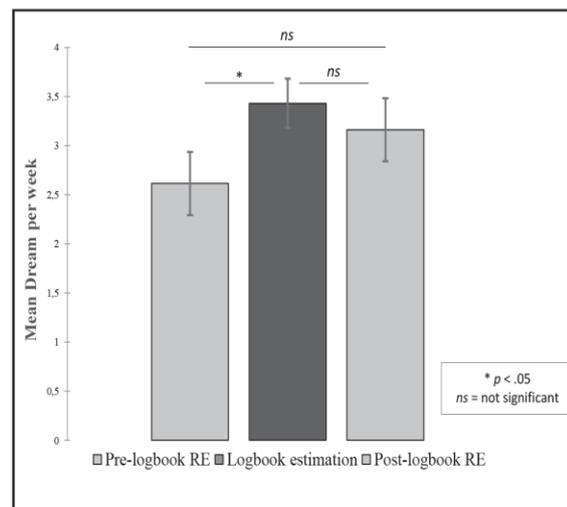
After the first completion of the pre-logbook questionnaire, participants had to connect to the logbook application with their identifier using their smart phones or tablets. Then, each day, they had to indicate the time that they were going to sleep. When waking the following day, each participant completed the logbook (to gather information for DRF). This procedure was repeated for 21 consecutive days. After this period, participants were asked to complete the RE questionnaire again. The post-logbook RE was proposed following the same procedure as the pre-logbook RE questionnaire.

3. Results

Out of 81 participants, 13 did not started the logbook at all, while 29 did not completed it for at least 14 days and not at all the post-logbook questionnaire. Overall, 39 participants assiduously followed the protocol instructions.

A repeated measures ANOVA was conducted on the three measures of DRF (pre-logbook, logbook and post-logbook). As the Mauchly's Test of Sphericity indicated that the assumption of sphericity had been violated ($W = 0.50$, $p < .001$), the ANOVA was conducted with a Greenhouse-Geisser correction. Results showed that mean DRF differed significantly between time points [$F(1.33, 50.45) = 4.126$,

Figure 1. Mean DRF obtained in the pre-logbook RE, in LE and in post-logbook RE. Each error bar denotes one standard error around the mean



$p < 0.05$]. Post hoc tests using the Bonferroni correction revealed that mean DRF between the Pre-logbook DRF (2.62 ± 2.12) and the Logbook DRF (3.43 ± 1.56) was different ($p < 0.05$). The other pair-wise comparison concerning the logbook and the post-logbook (3.16 ± 2.01) was not significant. The comparison between pre-logbook and post-logbook was not significant either.

Finally, the pre-logbook RE for participants who left the protocol before the end ($N = 42$) was not significantly different from those who stayed ($N = 39$).

4. Discussion

This study compared two methods employed for dream recall frequency (DRF) evaluation. The originality of the research was firstly to propose online versions of RE and LE that unable rereading of previous dream report. Secondly, we ensured that the methodological comparison was based on the same period. We used a pre and post-logbook RE and we worded to specifically refer to a same period-length for RE and LE. Thus, the post-logbook RE was based on the same period (the same 21-days) like the logbook estimation (LE). As expected, retrospective-logbook disparities (RLD) was present between the pre-logbook RE and LE. This result is consistent with previous research on RLD (Aspy, 2016; Aspy et al., 2015). However, RLD difference between LE and post-logbook RE referring to the same period was not significant. Additionally, proposing a post-logbook RE has allowed us to compare RE of DRF before and after LE. However, no difference was significant.

Our 21 days protocol was particularly demanding and engaging. For instance, logbook duration was seven days in Aspy (2016). We opted for a 3-week logbook as Schredl and Fulda (2005) have demonstrated that DRF over a period of 2 weeks or more allows reliable DRF evaluation. Aspy et al. (2015) suggested that enhancement decreases along the logbook period. It would be interesting to investigate when the disparity is most prominent within the logbook period.

Our results suggest that both method widely used in dream research to investigate DRF can refer with accuracy to actual DRF when a logbook precedes this evaluation. It also interrogates the possible influence of the period investigated and rereading effect. Aspy and collaborators (2015) proposed that a possible effect of a logbook is to encourage people to pay attention to their dreams. Manipulating re-consultations might be one way to enhance this attention. An online logbook, as one described in this paper, could be adapted to propose protocol with re-consultation, possible, mandatory or forbidden, to evaluate its influences on DRF. In the present study, it is possible that RLD mechanisms (underestimation and enhancement) compensate themselves and underlie the retrospective evaluation of DRF. Thus, it would be interesting to explore in which way RLD (gathered with post-logbook RE) can be related to indicators proposed by Aspy (2016) such as time dedicated to report dream, motivation and subjective change. Aspy (2016) advised the use of quantity logbook, it thus would be interesting to investigate if the logbook type influences post-logbook RLD.

5. Conclusion

In line with previous research, the disparity was observed for a pre-logbook questionnaire and a following logbook period (Aspy, 2016; Aspy et al., 2015). However, the RLD was not significantly present when DRF was evaluated upon the

same period as the logbook. The present study was conducted to introduce a new methodology and therefore results should be interpreted as preliminary. As a reminder, the key feature of the present study is to test a new methodology and procedure that allow the investigation of RLD on the same period while also limiting possibilities of re-reading dream reports. Although results are interesting and to some extent in line with previous literature, they should be interpreted as preliminary. For future research comparing RE and LE on a larger sample, we encourage the use of a post-logbook retrospective evaluation of DRF. We also recommend using a logbook that unable re-consultation of previous reports and a 2-weeks or more period. We believe that the principal strength of this study was to investigate RLD by adding a post-logbook RE. This was made possible by a new polyvalent method that prevented rereading along the logbook period.

References

- Aspy, D. J. (2016). Is dream recall underestimated by retrospective measures and enhanced by keeping a logbook? An empirical investigation. *Consciousness and Cognition*, 42, 181–203. <http://doi.org/10.1016/j.concog.2016.03.015>
- Aspy, D. J., Delfabbro, P., & Proeve, M. (2015). Is dream recall underestimated by retrospective measures and enhanced by keeping a logbook? A review. *Consciousness and Cognition*, 33, 364–374. <http://doi.org/10.1016/j.concog.2015.02.005>
- Greene, R. L. (1992). Repetition paradigms. *Human Memory: Paradigms and Paradoxes*, 132–152.
- Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2007). Repeated retrieval during learning is the key to long-term retention. *Journal of Memory and Language*, 57(2), 151–162.
- Schacter, D. L., Guerin, S. A., & St. Jacques, P. L. (2011). Memory distortion: An adaptive perspective. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(10), 467–474. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2011.08.004>
- Schredl, M. (2004). Reliability and stability of a dream recall frequency scale. *Perceptual and Motor Skills*, 98(3_suppl), 1422–1426.
- Schredl, M., & Fulda, S. (2005). Reliability and Stability of Dream Recall Frequency. *Dreaming*, 15(4), 240–244. <http://doi.org/10.1037/1053-0797.15.4.240>
- Zunker, M., Althoff, H. K., Apel, J., Lässig, H. S., Schültke, L., & Schredl, M. (2015). Comparing questionnaire and diary measures for eliciting nightmare frequency. *International Journal of Dream Research*, 8(2), 129–134.

Commentaires : induction du rêve lucide

Introduction

Les éléments ayant conduit à préférer une inclusion relativement spontanée plutôt qu'une inclusion opérée au travers du rêve lucide sont discutés dans la présente partie.

Pour rappel, un enjeu méthodologique était de disposer d'un moyen de manipuler le contenu des rêves afin d'identifier, dans une autre étude, si ce contenu onirique est lié aux performances de mémoire. Cette partie commentaire a uniquement pour but de permettre aux lecteurs de comprendre pourquoi la piste du rêve lucide comme outil méthodologique a été abandonnée au profit d'une stratégie plus observationnelle laissant l'inclusion onirique se produire d'une façon relativement spontanée. Ce point est également discuté dans l'introduction. Par ailleurs, le rêve lucide demeure pertinent en cela qu'il permet de considérer différemment les dynamiques de la conscience onirique.

Le rêve lucide est un état pouvant permettre aux personnes de déterminer, au sein même du rêve, ce dont elles vont rêver. Nous l'avons donc particulièrement investigué et nous avons décidé d'ajouter un groupe supplémentaire d'étudiants à qui serait présentée une tâche d'induction du rêve lucide. Les résultats de ce groupe n'ont pas été inclus dans l'étude susmentionnée, car le but de tester l'induction de rêves lucides ne faisait pas partie de ses objectifs, mais s'articulait plus largement avec notre problématique générale. En ce qui concerne la méthodologie, elle était identique à l'étude précitée à la différence qu'un groupe de participants a reçu, par l'application de journal des rêves, des consignes susceptibles d'augmenter leur fréquence de rêve lucide.

Au moment où nous avons réalisé cette étude, il n'existait pas de méthode fiable permettant d'induire le rêve lucide avec succès et régularité (Stumbrys et al., 2012). Nous avons donc sélectionné parmi les méthodes existantes et imparfaites, celles n'étant pas susceptibles d'influencer négativement la qualité du sommeil. Les méthodes impliquant l'ingestion de substance ou l'administration de signaux externes au cours du sommeil sont susceptibles de réveiller la personne au cours de la nuit. Nous les avons évitées aux profits de méthodes dites cognitives. Ces méthodes cognitives

consistent à demander à l'individu d'entreprendre des activités ayant pour but de maximiser les chances d'expérimenter un rêve lucide. Parmi celles-ci, la méthode des tests de réalité est celle qui donne les meilleurs résultats tout en ne nécessitant pas d'explication complexe pouvant difficilement être proposée par l'intermédiaire d'une application.

Lors d'un test de réalité, la personne exécute une action qui est susceptible de ne pas donner le même résultat selon que la personne est endormie et en train de rêver ou qu'elle est éveillée. Descartes, pour constituer son *cogito*, utilise le doute méthodique et indique, dans un premier temps, que toute expérience du monde pourrait être rêvée, puis il trouve une méthode de test de la réalité en questionnant le trajet l'ayant amené à une situation qu'il expérimente puisqu'il indique que la mémoire ne lie pas les choses entre elles de la même façon dans les rêves et qu'il y a une absence de continuité entre les lieux notamment. D'autres tests ont été proposés dans des études empiriques. Elles ont, par exemple, suggéré que les mains imaginées dans les rêves ont un aspect étrange et anormal, ou encore que l'image spéculaire lorsque imaginée dans un rêve est déformée. Dans cette étude nous avons décidé d'utiliser le test de la respiration qui consiste à demander aux personnes de faire une inspiration et/ou une expiration à travers leur main ; dans la réalité, l'air est empêché par la main alors que la respiration est susceptible de continuer librement en rêve puisqu'aucune main réelle ne vient l'empêcher.

Notre objectif était donc de déterminer si les personnes qui effectuent un test de réalité au moment du coucher étaient susceptibles de rapporter une augmentation de la lucidité onirique au cours de la période d'investigation.

Méthode

Échantillon : 45 étudiants (43 femmes, moyenne d'âge : 20,33 ans) ont été recrutés selon le même procédé que l'étude 4 ; étude dont les participants ont servi de comparaison dans ce commentaire afin d'évaluer la réussite de l'induction.

Matériel : Le journal était également identique à l'exception de l'incitation à réaliser un test de réalité (Figure 11). Les deux questionnaires contenaient une échelle de conscience onirique appelée *échelle de lucidité et de conscience dans les rêves* (LuCiD) distinguant 8 facteurs : Conscience de l'état de rêve, Contrôle, Pensée,

Réalisme, Mémoire, Dissociation, Émotion négative et Émotion positive (Voss et al., 2013). Parmi les facteurs précités, conscience et contrôle nous ont particulièrement intéressés puisque, premièrement, l'inclusion d'un contenu décidé au préalable est susceptible de particulièrement en dépendre et parce que ces deux facteurs sont les plus utilisés pour conceptualiser le rêve lucide.



Figure 11 Vue de l'instruction du test de réalité dans le journal de rêve

Procédure : La procédure est identique avec l'article présenté précédemment à l'exception du test de réalité. De plus, lorsque les participants indiquaient dans leur journal qu'ils allaient se coucher, le test leur était proposé conformément à la figure 11.

Résultats

La Figure 12 présente les moyennes des participants des deux groupes ; cette figure semble indiquer que les deux groupes ont répondu d'une façon similaire au questionnaire final présentant la LuCiD. Cela suggère une absence d'effet de la tâche d'induction à la fois sur les facteurs contrôle et conscience, mais également sur le

Etude 4 : Fréquences des rêves : évaluations rétrospectives et longitudinales.

score total de l'échelle. Le groupe d'induction de rêve lucide était composé de 17 participants. Le groupe contrôle était composé de 81 participants.

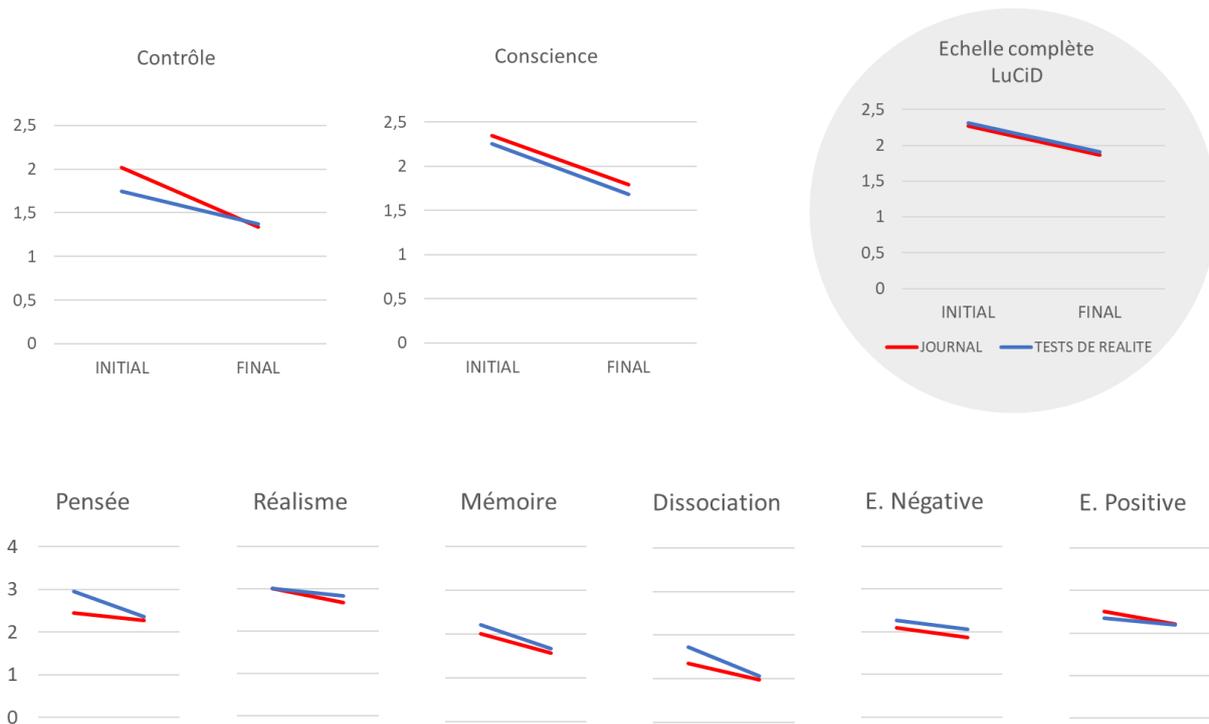


Figure 12 Scores aux facteurs de l'échelle LuCid. Le groupe journal est celui présenté avec les lignes rouges et le groupe ayant reçu une consigne d'induction est appelé tests de réalité (lignes bleues). E. Négative/Positive signifie : émotion Négative/Positive.

Discussion et conclusion

Nous avons testé une version des méthodes d'induction qui s'est révélée inefficace. Les parutions les plus récentes portant sur les méthodes d'induction montrent qu'elles nécessitent toutes de couper la nuit en deux et de forcer le réveil. L'incidence possible de ces autres méthodes sur la qualité du sommeil des participants n'était donc pas compatible avec nos objectifs de recherche.

Nous avons par conséquent décidé de nous appuyer sur la proposition de Blagrove (2011) indiquant que l'observation et le recueil du contenu du rêve étaient importants pour des études investiguant le lien entre le contenu des rêves et les performances de mémoire. C'est cette approche, présence ou absence de référence au contenu de la tâche ou à la tâche que nous avons donc privilégiée pour la suite des investigations.

Etude 5 : Une nuit de sommeil améliore les performances associatives

La finalité principale de nos investigations était de pouvoir évaluer la contribution du sommeil et des rêves au reste du fonctionnement mnésique. Nous avons adopté une vision multitraces et dynamique de la mémoire et avons cherché, en particulier, à définir comment le sommeil et les rêves améliorent les liens qui unissent les choses qui nous arrivent. Les concepts d'association et de relation en mémoire permettent justement d'appréhender cela.

Les bénéfices du sommeil sur les performances associatives et relationnelles avaient déjà été testés et démontrés dans des contextes de siestes. Cependant, la contribution du sommeil pour une période de sommeil qui serait similaire aux nuits habituelles des participants en ce qui concerne son contexte et sa durée n'avait pas encore été investiguée.

Enfin, à notre connaissance, la démonstration d'un lien entre le contenu onirique et le contenu de mémoire avait uniquement été démontrée dans des situations de laboratoire pour une tâche de labyrinthe, d'une part, et dans des contextes de rêves lucides pour des tâches motrices pour lesquels il est difficile d'identifier si le rêve lucide témoigne du fonctionnement non atypique du rêve.

Les recherches que nous avons menées précédemment nous ont permis d'élaborer un outil de recueil de l'expérience onirique original capable de nous permettre de récupérer les rapports de rêve et de les comparer avec les éléments perçus lors des passations de la tâche de mémoire. Nous avons ainsi pu évaluer si les éléments perçus en rêve étaient mieux reconnus que les autres.

Comme pour les autres études de ce manuscrit, la problématique, les objectifs, les hypothèses, la méthode et les résultats de cette étude seront succinctement présentés puis discutés en fonctions des objectifs de cette étude et de la problématique générale.

L'article en version originale sera ensuite intégré au manuscrit dans le format dans lequel il a été publié.

Titre français : Une nuit complète de sommeil au domicile améliore les performances de mémoire dans une tâche d'apprentissages associatifs et relationnels.

Problématique, Objectif et hypothèses

La mémoire est associative en cela que les expériences quotidiennes de vie sont intégrées dans un réseau mnésique dynamique et adaptatif. Ce réseau est composé des traces des événements passés et actuels qui s'entrelacent et se recomposent (Nadel, Hupbach, Gomez et Newman-Smith, 2012 ; Versace et al., 2014). En effet, la mémoire humaine crée de nouvelles connexions entre les nouvelles et les anciennes expériences par des mécanismes qui remodelent les traces précédemment fixées. Ces transformations affectent la mémoire en fonction des similitudes entre les expériences passées et les expériences en cours. Pour simplifier, ce processus dynamique implique l'association et la mise en relation de nos expériences. À ce titre, il est intéressant et important d'établir quels sont les facteurs capables d'influencer ses dynamiques.

Les présentes investigations ont porté sur des niveaux associatifs et relationnels puisque nous avons considéré qu'ils permettent d'apprécier comment la mémoire met dynamiquement en lien les choses que nous vivons. Les paradigmes expérimentaux s'appuyant sur les inférences relationnelles et associatives permettent d'approcher ces liens. L'inférence relationnelle peut être définie comme une capacité à inférer de façon flexible une relation en s'appuyant sur les informations existantes ou encore comme la capacité de la mémoire à combiner des informations provenant d'épisodes passés discontinus pour guider les décisions dans de nouvelles situations (Ellenbogen et al., 2007; Henke et al., 2012). Ces inférences peuvent être hiérarchisées ou non. Dans les tâches d'inférences transitives relationnelles, des paires d'éléments sont associées et une relation hiérarchique est instaurée entre les éléments (Youniss & Murray, 1970). Le ou la participante doit ensuite retrouver quel est le niveau de hiérarchie et entre les deux éléments qui lui sont présentés (Figure 13).

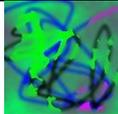
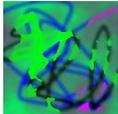
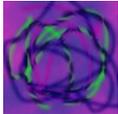
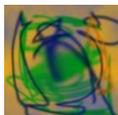
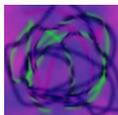
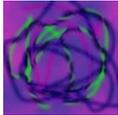
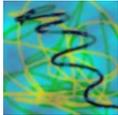
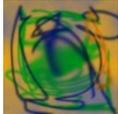
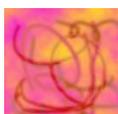
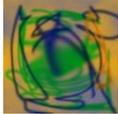
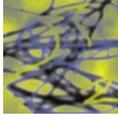
Phase d'apprentissage			Exemples de rappels	
	Élément 1	Élément 2		
1		> 	Choisir la bonne relation : < ou >	
2		> 		
3		> 	Choisir la bonne relation : < ou >	
4		> 		
5		> 	Choisir la bonne relation : < ou >	

Figure 13 Représentation simplifiée de la tâche d'inférence transitive relationnelle, cette représentation est adaptée d'Ellenbogen et al. (2007). Les items sont représentatifs de ce qui peut être utilisé pour ce genre de tâche bien qu'ils aient été générés uniquement pour cette figure.

Les effets du sommeil sur les performances relationnelles ont été évalués à l'aide d'une tâche d'inférence relationnelle (Ellenbogen et al., 2007). Il est intéressant de noter que dans l'étude d'Ellenbogen et collaborateur (2007) trois délais différents ont été proposés entre l'apprentissage et le rappel. Un délai de 20 minutes pendant lequel les participants sont restés éveillés, un délai de 12 heures contenant ou non du sommeil et un délai de 24 heures. Les performances inférentielles relationnelles étaient meilleures pour la période de 12 heures et de 24 heures comparativement à la période de 20 minutes. De plus, les inférences présentant un degré de séparation important étaient mieux reconnues après une période de sommeil (comparativement à une période de 12 heures sans sommeil). Par conséquent, les performances relationnelles comportant une hiérarchie et impliquant une inférence relationnelle sont consolidées par une période de sommeil.

Toutefois, dans notre expérience de la vie quotidienne, les éléments qui surviennent ne sont pas nécessairement organisés hiérarchiquement. Une autre tâche a été développée connexe à la tâche d'inférence transitive relationnelle. Cette tâche est appelée la tâche d'inférence associative (Alger & Payne, 2016; Bunsey et al., 1996). Dans cette tâche, le ou la participante se voit présenter deux éléments associés (présenté dans la même temporalité) dont l'un est commun avec une autre association (Figure 14). À travers cet élément commun, les éléments n'ayant pas été présentés dans la même temporalité de ces deux associations sont en relation. C'est cela qui est nommé inférence dans le nom de la tâche et considéré, dans notre approche des phénomènes mnésiques, comme la conséquence des processus opérant sur les traces et participant au fonctionnement dynamique de la mémoire.

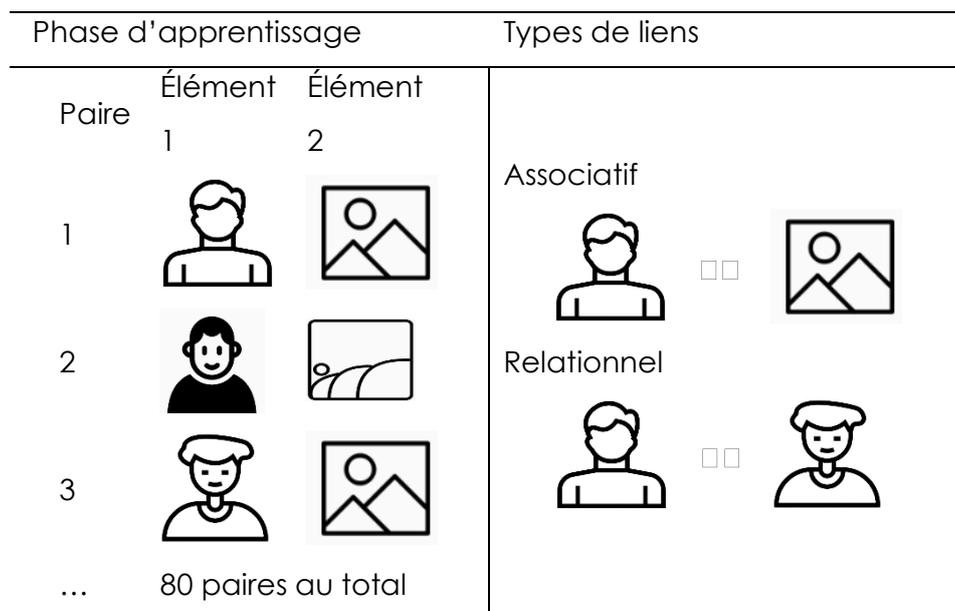


Figure 14 Bases de la tâche d'inférence associative qui met en lien différents éléments à travers deux associations. Cette présentation s'appuie sur la formalisation de la tâche d'inférence associative telle que proposée par Alger & Payne (2016).

La tâche d'inférence associative (AIT) a été initialement utilisée pour étudier les structures neuronales de l'apprentissage relationnel et associatif (Preston & Eichenbaum, 2013). L'AIT a également été utilisée pour démontrer la contribution de l'hippocampe à la médiation des informations relationnelles des participants humains (Preston et al., 2004). Preston et ses collaborateurs (2004) ont utilisé l'AIT pour évaluer comment les expériences individuelles doivent être liées ou combinées de manière nouvelle pour gérer de nouvelles situations (Preston et al., 2004). Zeithamova, Dominick et Preston (2012) ont utilisé une version modifiée de l'AIT pour évaluer la corrélation entre l'activation de l'hippocampe et du cortex préfrontal ventromédian

pendant l'apprentissage par association. Cette tâche a été proposée à des participants qui étaient répartis aléatoirement dans deux groupes (Alger & Payne, 2016; Lau et al., 2010). Dans le premier, les participants devaient rester éveillés, dans le second, les participants devaient faire une sieste entre l'apprentissage et le rappel.

Dans une première expérience où les participants étaient placés en polysomnographie au cours de leur sieste, ils avaient de meilleures performances à la fois aux niveaux associatifs et relationnels (Lau et al., 2010). Une quantité plus importante de sommeil lent profond était liée à de meilleures performances relationnelles. Dans une seconde expérience, Alger et Payne (2016) ont proposé une tâche d'inférence associative à 59 étudiants (dont 31 étudiantes). Dans cette étude, une période de sommeil de 90 minutes était proposée aux participants après avoir appris des associations (et les relations incidentes) formées avec des images de différentes valences émotionnelles (négative ou neutre). Les auteurs se sont également intéressés à la contribution du sommeil paradoxal aux performances associatives et relationnelles, ainsi, les participants étaient sous polysomnographie durant leur sieste. Les auteurs ont indiqué que le sommeil permettait d'améliorer les performances associatives et relationnelles comparativement à une période de veille. De plus, les auteurs ont montré que la quantité de sommeil REM était liée à des performances plus importantes pour le rappel des liens relationnels.

Dans les recherches précédentes prenant en considération les associations et les relations, ce sont principalement des siestes diurnes qui ont été utilisées pour tester les effets du sommeil sur la mémoire (Alger & Payne, 2016). Cependant, la durée du sommeil est susceptible d'affecter la consolidation de la mémoire (Achermann & Borbély, 1999 ; Ambrosini & Giuditta, 2001 ; Scullin & Gao, 2018) et le sommeil en laboratoire est susceptible d'affecter la qualité du sommeil et des rêves (Agnew Jr, Webb & Williams, 1966 ; Baekeland & Hoy, 1971 ; Metersky & Castriotta, 1996 ; Toussaint et al., 1997). De plus, nous avons précédemment indiqué comment la succession des stades de sommeil est susceptible d'avoir un effet sur la mémorisation. Notamment, la vision en deux stades du sommeil (paradoxal et lent) permet une explication séquentielle de l'intégration des liens associatifs au niveau systémique. Le début de nuit contient plus de sommeil non paradoxal et la fin de nuit voit une augmentation importante de sommeil paradoxal (Hirshkowitz, 2004). Pour Llewellyn (2015), l'altération de la connectivité corticale au cours du sommeil lent profond autorise les

réorganisations survenant dans les phases de sommeil ultérieures. En effet, au cours du sommeil paradoxal de la seconde moitié de la nuit, la fonction associative de l'hippocampe active collectivement plusieurs traces mnésiques (qui se reflètent dans l'imagerie onirique). Ces activations créent de nouvelles associations se reflétant dans le contenu du rêve. Ces activations contribuent à l'élaboration de nouvelles jonctions hippocampo-corticales instanciées vers les réseaux corticaux lors de la résurgence du sommeil non paradoxal (Llewellyn, 2013). Il est, par conséquent, pertinent que les études évaluant les effets du sommeil sur la cognition dans un contexte de sieste soient complétées par une évaluation sur une nuit complète de sommeil. Pour ces raisons, nous avons préféré, dans cette étude, une nuit complète de sommeil effectuée dans le cadre habituel des participants.

L'expérience subjective renseigne sur les changements en mémoire, plus spécifiquement, nous pensons que les expériences oniriques sont une fenêtre sur les réorganisations survenant au cours du sommeil. D'autres modulateurs de la force de la trace tels que les émotions sont susceptibles d'avoir un effet complémentaire (Alger & Payne, 2016) qu'il était important d'étudier.

Cette étude avait pour but d'étudier les bénéfices du sommeil sur les performances de la mémoire en prenant en considération les niveaux associatifs et relationnels. Nous avons fait l'hypothèse que le sommeil permet de réorganiser les traces épisodiques de la journée et nous nous attendions à un bénéfice quantitatif sur les performances pour les participants qui avait dormi après l'apprentissage par rapport à ceux qui étaient restés éveillés. Nous nous attendions également à ce que les participants indiquant des rêves sur l'étude aient de meilleures performances de mémoire sur les tâches relationnelles et associatives. Nous avons également supposé que l'importance des émotions influencerait les performances de la mémoire et que cette influence serait différente entre les participants qui ont dormi et ceux qui n'ont pas dormi.

Méthode

L'échantillon expérimental était composé de 63 participants (âge = $21,03 \pm 3,47$ ans) répartis au hasard entre les deux groupes expérimentaux : le groupe du sommeil ($n = 31$) et le groupe du réveil ($n = 32$). Par ailleurs, avant l'expérimentation, 42 autres

étudiants ont été recrutés parmi les étudiants de l'université pour prétester les items et le protocole.

Les investigations ont été menées à l'aide de la tâche d'inférence associative dont la logique peut être décrite ainsi : si, lors d'un apprentissage, A est associé à B d'une part, et B est associé à C d'autre part, alors un lien relationnel est susceptible de se constituer en mémoire entre A et C. Les performances de rappel d'AB et de BC sont considérées comme relevant du niveau associatif, tandis que les performances de rappel pour AC sont considérées comme relevant du niveau relationnel (Armstrong, Kose, Williams, Woolard, & Heckers, 2012 ; Carpenter & Schacter, 2017 ; Ragland et al . 2009 ; Shohamy & Wagner, 2008 ; Tripathi & Mishra, 2017). Le lien associatif est créé en présentant, dans la même unité épisodique, deux éléments. La méthodologie utilisée dans la présente recherche s'appuie sur le paradigme de la tâche d'inférence associative dont le fonctionnement peut être résumé comme s'appuyant sur des successions de deux éléments (un visage et une scène) présentées sur un écran d'ordinateur. Les participants devaient essayer de mémoriser ces associations (chaque paire d'images) parce qu'ils allaient devoir les retrouver plus tard. Pour le niveau associatif, il y avait un rappel immédiat servant de ligne de base. Le délai entre l'apprentissage et le rappel était de 12 heures environ pouvant contenir de la veille d'une part ou de la veille et du sommeil d'autre part. À l'issue de ce délai, les reconnaissances relationnelles et associatives différées étaient proposées. Les scènes proposées avaient été prétestées pour préférentiellement susciter une valence émotionnelle négative, positive ou neutre.

Le contenu des rêves a été recueilli à l'aide d'un journal de rêves numérique tel que celui que nous avons employé pour l'étude 4. Plus précisément, une version améliorée avait été élaborée spécifiquement pour cette nouvelle étude. Pour rappel, le matériel de nos études a été élaboré en fonction des conditions idéales pour le recueil du contenu onirique telles que proposées par Windt (2013). Conformément aux discussions de l'étude 4, nous avons également utilisé des évaluations rétrospectives des caractéristiques du sommeil et des rêves par le biais de questionnaires proposés au début et à la fin de l'étude.

Pour être plus spécifiques, les différents journaux (Figure 15) ont été élaborés avec le logiciel *Construct 2* qui permet de coder visuellement les dynamiques du programme. Le journal a été exporté dans des langages (HTML5, CSS, backend PHP) permettant à

Etude 5 : Une nuit de sommeil améliore les performances associatives

l'application d'être lancée sur de nombreux supports tels que les smartphones, tablettes, ordinateurs, etc. Le journal a été élaboré en version numérique afin :

- De permettre les passations à distance ;
- De garantir l'anonymat ;
- Que le journal puisse être rempli sans sources externes de lumière ;
- De recueillir l'horaire de remplissage ;
- De changer les éléments affichés en fonction de la distribution aléatoire dans les groupes ;
- De pouvoir communiquer de façon anonyme avec un ou une participante ne remplissant pas correctement son journal (cette fonction n'a pas été utilisée) ;
- De ne pas avoir d'ambiguïté liée à la retranscription des récits manuscrits,
- D'empêcher les relectures non souhaitables ;
- De permettre d'ajouter un récit de rêves en cas de rappel au cours de la journée ;
- De limiter le nombre de livrets papier à imprimer ;
- De permettre des questions à menu déroulant ;
- Présenter la tâche de rédactions de rêves avant les questions, notamment pour que ces questions n'influencent pas le contenu du rapport ;
- De garder les questions confidentielles (jusqu'au matin) afin que leur formulation n'influence pas les rêves ;
- De faciliter la constitution des bases de données et d'éviter les erreurs de recopie.



Figure 15 Vues des versions 1 et 2 de l'application illustrant notamment comment la teinte est sombre

Le processus d'élaboration du journal est décrit plus avant en Annexe 1 et les récits de rêves que ce journal a permis de recueillir sont exemplifiés en Annexe 2.

Résultats et Discussion

Cette étude a évalué les effets du sommeil dans la médiation des performances en mémoire dans une tâche de reconnaissance d'éléments visuellement associés. Plus précisément, nous avons examiné comment les images visuellement associées créent de nouvelles relations de mémoire au cours d'un processus d'apprentissage et comment ces relations influencent les performances de reconnaissance ultérieures après une nuit complète de sommeil. Nous avons également examiné l'influence de la saillance émotionnelle sur les performances de rappel. Enfin, nous avons évalué l'effet de l'incorporation du matériel étudié dans le contenu des rêves sur la performance de la mémoire.

Les participants ayant dormi entre l'apprentissage et le rappel avaient de meilleures performances de rappel pour le niveau associatif et relationnel. En d'autres termes, les personnes ayant dormi avaient des performances qui s'étaient moins détériorées au niveau associatif et des performances améliorées au niveau relationnel. Les deux groupes différaient uniquement sur les associations qui avaient été correctement reconnues en ligne de base puis non reconnues après le délai. Nous n'avons pas observé de différence en ce qui concerne les associations incorrectement apprises initialement.

Ce résultat est cohérent avec la théorie de la reconsolidation qui stipule qu'une mémoire réactivée peut être sujette à des changements au cours de la veille, et notamment une fragilisation, mais qu'elle subit une stabilisation dans le sommeil, ce qui la rend plus résistante aux interférences et donc plus susceptible d'être remémorée dans une étude comme celle-ci (Diekelmann, Büchel, Born, & Rasch, 2011 ; Klinzing et al., 2016). Dans la présente étude, l'effet du sommeil sur la performance de reconnaissance associative a donc surtout opéré sur les associations correctement apprises. Cela a corroboré les résultats précédents qui supposaient que le sommeil a un effet protecteur sur des associations précédemment bien intégrées (Alger & Payne, 2016 ; Schreiner & Rasch, 2018).

Il y a eu un effet significatif de la valence émotionnelle sur le rappel des associations, mais aucun effet croisé n'avait pu être démontré avec la présence ou non de sommeil. En ce qui concerne les expériences conscientes telles que rapportées dans les journaux de rêves, la présence de rêve à propos des associations de l'étude était liée à une meilleure performance de rappel. Ce lien n'a pu être démontré que pour le niveau associatif. Cet effet était perceptible à l'aide des récits de rêves évalués par des codeurs indépendants et *a posteriori* par des questions après chaque reconnaissance (p. ex. : « avez-vous rêvé de cette association ? »)

L'hypothèse d'un lien entre le contenu des rêves et l'amélioration des performances mnésiques qui a été suggérée précédemment se confirme dans cette étude à des niveaux associatifs (Schoch, Cordi, Schredl et Rasch, 2018 ; Wamsley et Stickgold, 2018). Dans la présente étude, les participants qui ont indiqué rétrospectivement avoir rêvé des associations ont eu de meilleures performances que ceux qui ne l'ont pas fait. Ceci est conforme à notre étude 4 qui illustre comment l'évaluation du sommeil et du contenu des rêves au moyen d'un journal de rêves sur smartphone peut être informative. Le nombre de rêves que l'on peut rapporter avec un seul rapport par nuit ne peut que sous-estimer le nombre réel de rêves que l'on fait (Schoch et al., 2018). Nous avons donc considéré que nos résultats, dans lesquels nous avons pu identifier des liens entre les rapports de rêves et les performances de la mémoire, suggéraient que ce lien est solide et est susceptible d'être, en réalité très important.

Depuis la parution de cet article, une nouvelle recherche a été publiée reprenant le protocole et la méthodologie mise en place par Alger et Payne (Alger & Payne, 2016; Huguet et al., 2019) que nous avons également utilisés. Cette recherche a montré un effet bénéfique du sommeil. Le sommeil modifie la mémoire, ces modifications sous-tendent une augmentation des performances associatives dans les populations adultes normales (Chatburn et al., 2014). Le sommeil favorise la liaison des éléments associés, ce qui conduit à l'émergence de nouvelles connaissances basées sur les éléments incorporés (Cherdiou et al., 2018).

Conclusion

Cette étude est venue compléter un faisceau grandissant d'études démontrant un bénéfice du sommeil sur les performances associatives et relationnelles (Huguet et al., 2019). Cette amélioration avait été confirmée dans cette étude et nous avons

interprété le fait que cette amélioration soit présente dans des situations aussi variées comme une nouvelle confirmation du fait que le sommeil est essentiel pour la mémoire, notamment pour l'entretien de ses propriétés associatives et relationnelles (Diekelmann, Wilhelm, Wagner et Born, 2013 ; Klinzing, Rasch, Born et Diekelmann, 2016).

Article en version originale (publié)

Ribeiro, N., Gounden, Y., & Quaglino, V. (2020). A full night's sleep at home improves memory performance in an associative and relational learning task. *Dreaming*, 30(2), 171. <https://doi.org/10.1037/drm0000130>

Traduction du résumé

Cette étude a évalué l'effet du sommeil dans la médiation des performances de mémoire épisodique dans une tâche de reconnaissance d'éléments visuels associés et reliés. Elle a également examiné les liens entre les performances mnésiques, le contenu des rêves et la saillance émotionnelle des éléments.

Deux groupes de participants ont été étudiés ; dans le groupe "veille", les participants sont restés éveillés dans des conditions habituelles, et dans le groupe "sommeil", ils ont dormi à la maison selon leurs horaires et leur contexte de sommeil habituels.

Par rapport au groupe "veille", les participants du groupe "sommeil" ont obtenu de meilleurs résultats aux tests associatifs et relationnels différés. Les images émotionnelles négatives et positives ont été mieux reconnues par les participants que les images neutres sans spécificité de groupe. L'examen des rapports de rêves a suggéré que le fait de rapporter un rêve lié à la présente étude était associé à une augmentation des performances de reconnaissance.

Dans l'ensemble, notre recherche a démontré comment de nouveaux liens associatifs et relationnels peuvent être consolidés en mémoire après une nuit complète de sommeil.

Etude 6 : Repos et performances associatives, une étude en Réalité virtuelle

Nous avons voulu définir si les performances de mémoire étaient améliorées après une période de sommeil. Nous avons cherché à définir cette amélioration en nous appuyant sur un contexte théorique au sein duquel nous considérons que les éléments que nous vivons sont intégrés au sein de notre mémoire en fonction de leurs similitudes avec les événements précédemment vécus.

Nous avons utilisé de nouvelles modalités de présentation des items en utilisant la tâche d'inférences associatives. Notre motivation était de pouvoir apprécier si les améliorations précédemment observées lors de l'étude 5 résultaient d'un fonctionnement global de la mémoire (et donc non spécifique à un type de matériel).

Les bénéfices du sommeil sur les performances associatives et relationnelles ont été uniquement testés et démontrés dans des contextes de siestes longues supérieures à 90 minutes et dans des contextes de nuits complètes. D'autres études, ne prenant pas en compte les aspects associatifs de la performance de mémoire, ont mis en évidence des effets bénéfiques du sommeil sur la mémoire dès six minutes de siestes. A notre connaissance, la durée minimale de sommeil pour observer une amélioration aux niveaux associatif et relationnel n'était pas connue. Nous avons donc décidé de proposer une fenêtre de siestes relativement courte au cours de laquelle tous les participants n'auraient pas le temps de s'endormir. Cela a en effet permis d'observer si une période de repos au calme pouvait également améliorer les performances associatives.

Comme pour les études précédentes et dans un souci de clarté et de concision, nous résumerons la problématique, les objectifs et les hypothèses de la présente étude puis nous évoquerons la méthode et les résultats de cette étude. Nous reproduirons les discussions telles qu'elles ont été publiées et nous les recontextualiserons au regard de notre problématique générale.

L'article en version originale sera ensuite proposé dans le manuscrit en utilisant le format de publication.

Titre complet de l'étude 6 : Effet d'une courte période de repos sur les performances de mémoire associatives et relationnelles : une étude en Réalité Virtuelle

Problématique, Objectif et hypothèses

Nous vivons dans un monde tridimensionnel et nos expériences sont spatialisées. Pour pouvoir être adapté à ce monde, il faut donc être capable de mémoriser les composantes spatiales de l'expérience. Une période de repos et/ou de sommeil améliore l'intégration de ces composantes en mémoire à long terme (Orban et al., 2006 ; Rauchs et al., 2008). Par ailleurs, ces éléments spatiaux, associés et reliés en mémoire aux autres éléments de notre vie quotidienne et évaluer ces aspects associatifs est important. Enfin, les propriétés spatiales de l'expérience sont traitées au cours du sommeil par un processus de réactivation hippocampique basée sur les éléments topographiques de l'expérience ; à ce titre la spatialité est intéressante à évaluation puisqu'elle dépend d'une chronologie bien établie.

La façon dont le sommeil influence la mémoire a été étudiée scientifiquement pendant plus d'un siècle dans différents processus ou systèmes de mémoire (voir Rasch & Born, 2013). Le sommeil permet une augmentation des performances de mémoire comparativement à une période identique de veille. Ces effets bénéfiques opèrent sur de nombreux aspects de la mémoire et nous avons démontré que les aspects associatifs et relationnels profitent aussi de ces effets positifs (Ribeiro, Gounden, & Quaglino, 2020 ; Rasch & Born, 2013 ; Ficca et al., 2010). Ces effets bénéfiques sur la mémoire sont perceptibles pour des siestes aussi courtes que 6 minutes (Lahl et al., 2008). Le sommeil influence positivement plusieurs composantes de la mémoire, telles que la mémoire spatiale procédurale (Talamini et al., 2008). Pour rappel le premier stade de sommeil est un stade de transitions et il peut être subjectivement difficile d'évaluer si on est endormi ou non. À ce titre une période de repos, que le participant n'indiquerait pas relever du sommeil, pourrait également être le signe d'un rôle du sommeil sur la mémoire.

À notre connaissance, toutes les études qui ont étudié les liens entre les siestes et les performances de la mémoire dans leurs propriétés associatives et relationnelles ont utilisé une tâche informatique qui présentait les éléments à associer sur un même écran. Comme indiqué en introduction, les composantes spatiales d'une expérience sont susceptibles de bénéficier particulièrement des réseaux hippocampiques, donc

la réactivation au cours du sommeil est corrélée avec une hausse de performance. Les solutions de réalité virtuelle sont récemment devenues plus abordables, accessibles et fiables (Bohil et al., 2011). Les possibilités offertes par ces technologies sont intéressantes parce que l'utilisation d'un écran d'ordinateur bidimensionnel peut raisonnablement être considérée comme très éloignée de ce que les individus expérimentent dans notre monde tridimensionnel. D'autre part, pour une tâche similaire, la mise en jeu du corps dans un cadre dans lequel les mouvements sont libres permet raisonnablement d'impliquer la mémoire à une plus grande échelle que le simple fait de s'asseoir sur une chaise comme le propose la notion d'*embodiment* (Barsalou, 2008; Thompson & Varela, 2001).

L'objectif de cette étude est de mieux comprendre comment la mémoire et le sommeil interagissent lorsque la spatialité est fortement impliquée tout en tenant compte des niveaux associatif et relationnel.

Méthode

Dans cette étude, 82 étudiants de l'Université Jules Verne de Picardie (48 femmes, 36 hommes ; M = 21,63 ans, tranche d'âge : 19-26 ans) étaient impliqués. En utilisant une répartition aléatoire, les participants avaient une chance sur trois d'être dans le groupe veille ; les autres ont été inclus dans le groupe repos. Cette répartition a été choisie pour maximiser les chances d'avoir un nombre suffisant de participants ayant dormi dans le groupe de repos.

La réalité virtuelle permet de présenter des objets dans des positions spécifiques dans un environnement d'une façon similaire à la réalité tout en offrant le même contrôle expérimental que les autres technologies numériques couramment utilisées en recherche (Sauzéron et al. 2012). Par conséquent, cette technologie a été utilisée afin d'immerger les participants dans un environnement dynamique dans lequel nous contrôlions les items affichés.

Les participants étaient libres de leurs mouvements et la téléportation, usuellement possibles avec les casques de réalité virtuelle, n'étaient pas disponibles. La taille de l'environnement était similaire à la taille de la pièce réelle dans laquelle l'investigation a eu lieu, c'est-à-dire que les participants n'étaient pas contraints par l'environnement réel.

Etude 6 : Repos et performances associatives, une étude en Réalité virtuelle

La tâche de mémoire était une adaptation de la tâche d'inférence relationnelle telle qu'utilisée dans l'étude 5. Cette adaptation a principalement consisté à intégrer l'emplacement d'un objet comme un des éléments à associer. La tâche comprend donc un apprentissage, un rappel immédiat associatif, un rappel différé relationnel et un rappel différé associatif.

L'environnement virtuel (Figure 16, Figure 17, Figure 18) a été développé en utilisant l'*Unreal Engine 4*. Le but était de pouvoir spatialiser les éléments à apprendre afin que cette dimension spatiale puisse être manipulée afin de créer les relations entre ces éléments. Une contrainte importante était de trouver un moteur comparable à « *Construct 2* » en cela que la programmation des dynamiques complexes pourrait se faire sans avoir à apprendre un langage de programmation. *Unreal Engine* propose un système appelé *Blueprint* qui permet de coder visuellement les éléments et donc de construire les dynamiques de l'environnement tels que la distribution aléatoire des emplacements des objets dans l'environnement.

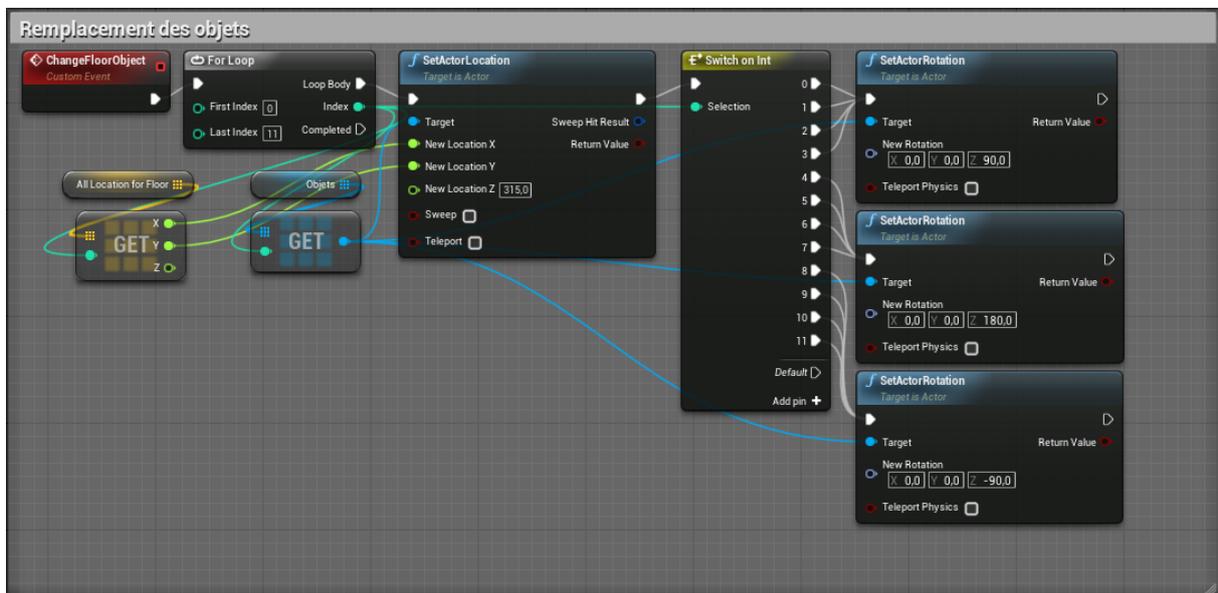


Figure 16 Blueprint d'une fonction. Ici cette fonction change l'emplacement des objets en fonction du déroulement de la passation.

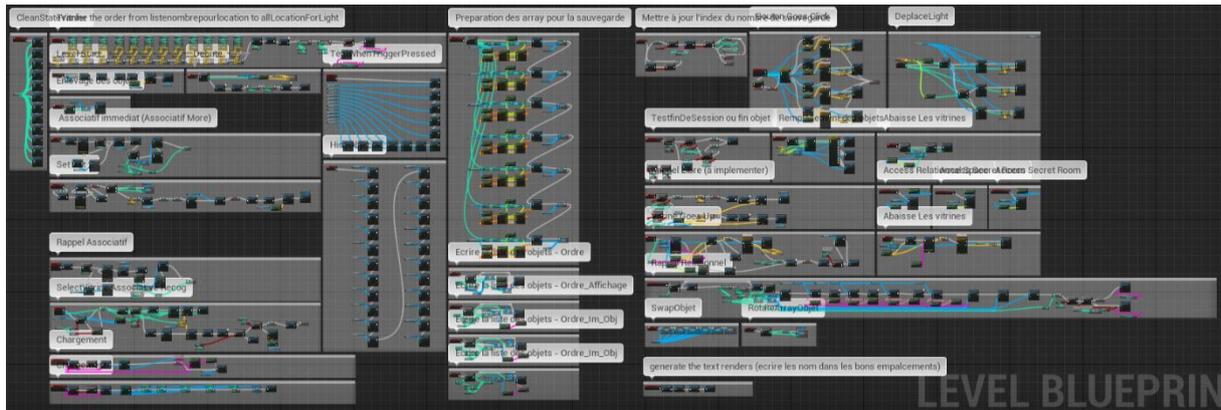


Figure 17 Cette figure représente 50% des règles permettant de faire fonctionner l'environnement. Le codage par blueprint permettait notamment l'affichage dynamique et randomisé des objets.



Figure 18 L'image à gauche représente le lieu de la passation. L'image au centre représente le stock d'objets pouvant être appelé par l'application. L'image à gauche représente le lieu du rappel relationnel.

Résultats et Discussion

Les étudiants du groupe repos ont eu des performances associatives meilleures que ceux du groupe veille. Il n'a pas été possible d'établir de différence entre les étudiants du groupe repos ayant dormi et ceux n'ayant pas dormi. Ce résultat était inattendu en cela qu'il semble indiquer que l'amélioration du processus d'intégration des épisodes sous-tendant les meilleures performances associatives ne dépend pas uniquement du sommeil, mais du contexte d'une pause au calme. Dans cette étude, les performances relationnelles n'étaient pas meilleures après une période de repos de 20 minutes. Ce résultat est cohérent avec les observations précédentes suggérant que les réorganisations aboutissant à de meilleures performances relationnelles nécessitent plus de temps.

D'une façon notable, 20 minutes de sieste ne permettent pas au dormeur d'expérimenter le stade du sommeil paradoxal. Comme précédemment indiqué, le stade paradoxal a été associé à une série d'interactions entre l'amygdale,

l'hippocampe et le cortex préfrontal médial liées à la mémoire. Il est donc possible que l'augmentation des performances relationnelles dépende de telles interactions. L'étude présentée en Annexe 4 semble confirmer que les liens relationnels demandent plus de temps pour être reconsolidés.

Conclusion

Les processus conduisant à l'intégration des propriétés spatiales de l'expérience au sein de la mémoire sont modifiés par le sommeil. Ces changements produisent une hausse quantitative des performances de rappel. La méthodologie innovante utilisée dans cette étude a permis de démontrer comment les associations en mémoire sont renforcées par une période de repos pouvant contenir du sommeil comparativement à un réveil actif.

L'environnement virtuel proposé dans cette étude a permis de spatialiser les items et a autorisé la mise en évidence du processus de consolidation des propriétés associatives de la mémoire.

Article en version originale (publié)

Ribeiro, N., Sagnier, C., Quaglino, V., Gounden, Y., & Loup-Escande, E. (2020). Effect of a short rest period on associative and relational memory performance: A Virtual Reality study. *International Journal of Virtual Reality*, 20(1), 21-32. <https://doi.org/10.20870/IJVR.2020.20.1.3186>

Traduction du résumé

La réalité virtuelle immerge les individus dans des environnements 3D où les propriétés spatiales sont similaires à celles de la vie réelle. La réalité virtuelle peut donc être efficace et pertinente dans l'étude des processus de la mémoire, en particulier lorsque des propriétés spatiales sont impliquées.

Nous avons étudié l'effet d'une période de repos de 20 minutes sur les performances de la mémoire pour les apprentissages associatifs et relationnels.

Quatre-vingt-un participants ont été placés dans un environnement virtuel dans lequel ils ont appris 24 associations impliquant des objets et leur emplacement précis respectif.

Comme attendu, les performances associatives ont été améliorées par une période de repos entre les phases d'apprentissage et de rappel. Nous discutons de ces résultats et des avantages de l'utilisation d'un environnement virtuel immersif dans de telles études de la mémoire. En outre, l'élaboration de notre environnement a été très instructive et a conduit à plusieurs recommandations qui, selon nous, pourraient être utiles aux chercheurs qui souhaitent s'appuyer sur la réalité virtuelle pour l'étude de la mémoire.

DISCUSSION GÉNÉRALE ET ORIENTATIONS FUTURES

Les différents résultats obtenus au cours de nos études sont discutés ici au regard de la contribution du sommeil aux modifications opérant sur la mémoire et aboutissant à de meilleures performances de rappel. Pour rappel, trois objectifs, dont une partie des résultats est résumée ci-dessous, avaient été élaborés pour, *in fine*, permettre de rendre compte de cette contribution. Ces objectifs étaient, premièrement, de définir les caractéristiques du sommeil et des rêves chez des étudiants ; deuxièmement, de décider des méthodologies les plus appropriées pour recueillir et évaluer le sommeil et les rêves avec un focus sur le rêve lucide ; troisièmement, d'évaluer les liens existants entre la mémoire, d'une part, et le sommeil et les rêves, d'autre part, en prenant en considération les aspects associatifs et relationnels de la mémoire. Chacun de ces objectifs a été opérationnalisé en 2 études dont les références et résultats principaux sont présentés ci-après.

1. Définir les caractéristiques du sommeil et des rêves chez des étudiants.

Le sommeil est susceptible de varier considérablement entre les individus et les populations. Il était donc nécessaire de caractériser ses propriétés dans notre population : les étudiants. Cette exploration semblait, de plus, indispensable aux études qui seraient réalisées ensuite.

Un type de rêve spécifique, appelé rêve lucide, peut permettre aux individus de modifier le contenu de leurs rêves. Ces rêves lucides présentaient donc une perspective intéressante pour nos investigations ultérieures. Toutefois, son influence potentielle sur la qualité du sommeil, déjà mauvaise, des étudiants était peu connue.

Etude 1 : Nous avons observé que les étudiants rapportaient dans leur majorité un manque de sommeil qui était corroboré par une différence importante dans les horaires et la quantité rapportée de sommeil entre la semaine et le week-end. Ces difficultés étaient également confirmées lorsque les étudiants étaient invités à indiquer des horaires de lever et de coucher idéaux ; en effet, ils indiquaient majoritairement souhaiter se coucher aux mêmes horaires que la semaine et se lever aux mêmes horaires que le week-end. Par ailleurs, les étudiants ont indiqué de nombreuses difficultés de sommeil contrastant avec les résultats d'une étude précédente (Vallat et al., 2018). Par rapport à cette disparité, il est important de souligner que la

recherche de Vallat et collaborateurs (2018) avait été faite sur un groupe d'étudiants sélectionnés pour ne pas présenter de trouble du sommeil.

Vast, D., Ribeiro, N., Gounden, Y., & Quaglino, V. (2021). Subjective quality of sleep of French students: an investigation of sleep schedules, difficulties and parasomnia

Etude 2 : Nous avons observé que les étudiants rapportaient de nombreuses difficultés de sommeil sur le plan des horaires de sommeil, de sa durée, de la satisfaction subjective qu'ils exprimaient à son sujet et des parasomnies qu'ils pouvaient rapporter. Ces difficultés n'étaient toutefois pas significativement liées aux fréquences de rêves et de rêve lucides. Ce résultat semble indiquer qu'il n'y a pas d'obstacle significatif à l'utilisation du rêve lucide pour l'incorporation des éléments dans les rêves. Il restait donc à déterminer si le rêve lucide pouvait répondre à nos attentes concernant ces incorporations, il fallait donc déterminer sa fréquence d'occurrence en particulier lorsqu'il permet le contrôle du rêve.

Ribeiro, N., Gounden, Y., & Quaglino, V. (2020). Is There a Link Between Frequency of Dreams, Lucid Dreams, and Subjective Sleep Quality?. *Frontiers in psychology, 11*, 1290. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01290>

2. Décider des méthodologies les plus appropriées pour recueillir et évaluer le sommeil et les rêves avec un focus sur le rêve lucide.

Plusieurs formulations distinctes existent pour explorer les rêves lucides cependant, leur effet potentiel sur les données recueillies est mal connu. De plus, seuls les rêves avec possibilité de contrôle présentaient un intérêt pour la suite de nos recherches. Leur fréquence et leur représentation dans notre population étaient indéterminées, ce qui rendait impossible d'estimer si le rêve lucide pourrait effectivement être utilisé dans nos recherches.

En ce qui concerne les rêves typiques, nous ne savions pas si les informations recueillies à l'aide de journaux de rêves et de questionnaires pouvaient fournir des informations comparables en particulier concernant leur fréquence ; nous souhaitons, de plus, développer et éprouver un journal de rêves en amont de son utilisation dans les recherches sur la mémoire que nous allions réaliser.

Etude 3 : Les étudiants ne rapportaient pas des fréquences identiques de rêves lucides selon les formulations utilisées pour les interrogations. En effet, nous avons sélectionné les deux formulations les plus représentées. L'une proposait une seule question englobant les deux composantes principalement du rêve lucide (conscience et contrôle du rêve) dans le même énoncé et l'autre formulation proposait deux questions ; une pour chaque composante (conscience et contrôle). Les résultats suggéraient que ces composantes étaient distinctes à la fois en termes de représentativité et également en ce qui concerne les liens pouvant être tracés avec d'autres éléments liés au sommeil ou avec la vivacité de l'imagerie sensorielle. Nous avons observé que la représentativité du rêve lucide était dans le quartile le plus haut des observations effectuées jusqu'alors bien que, pour la composante contrôle, ces occurrences spontanées s'avéreraient potentiellement insuffisantes dans la suite de nos études.

Ribeiro, N., Gounden, Y., & Quaglino, V. (2016). Investigating on the methodology effect when evaluating lucid dream. *Frontiers in psychology*, 7, 1306. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01306>

Etude 4 : Les participants ont rapporté des fréquences de rêve similaires selon les évaluations rétrospectives et longitudinales. L'évaluation longitudinale effectuée à l'aide d'un journal de rêves avait toutefois un effet propre sur l'observation en cela qu'elle augmentait la fréquence de rappel de rêve. Cette étude a permis d'éprouver la faisabilité et la rationalité de l'utilisation d'un journal de rêves pour recueillir l'expérience onirique consciente. À l'occasion de cette étude, nous avons inclus un groupe de participants à qui nous avons proposé une tâche d'induction du rêve lucide. Nous ne sommes pas parvenus à induire de contenu de rêve et avons donc décidé de ne pas employer l'induction de rêve lucide dans les études ultérieures, mais de privilégier des observations de ce contenu.

Ribeiro, N., Gounden, Y., & Quaglino, V. (2018). Measure of dream recall frequency: Comparing retrospective and logbook evaluations. *International Journal of Dream Research*. <https://doi.org/10.11588/ijodr.2018.1.40617>

3. Évaluer les liens existants entre la mémoire, d'une part, et le sommeil et les rêves, d'autre part, en prenant en considération les aspects associatifs et relationnels de la mémoire.

Pour s'adapter à notre environnement, nous devons à la fois être capables d'associer les éléments présents dans une situation donnée et de relier ces éléments aux situations similaires rencontrées précédemment. Il est largement admis que le sommeil améliore les performances de la mémoire, mais seules des siestes en laboratoire avaient été utilisées pour démontrer des améliorations sur ces niveaux associatif et relationnel. Nous avons donc souhaité compléter les informations existantes en proposant des nuits de sommeil au domicile des participants. En outre, nous voulions évaluer si les rêves pouvaient fournir des informations sur les activités de la mémoire se produisant pendant le sommeil. Enfin, le matériel utilisé pour démontrer les améliorations de performances pour les niveaux associatif et relationnel avaient été jusqu'alors principalement des images en 2D sur des écrans ; nous souhaitions proposer une tâche intégrant la personne dans un environnement dans lequel elle devrait se déplacer activement et librement afin de prendre connaissance des éléments à mémoriser puisque nous considérons que le corps est important et indissociable de la mémoire.

Etude 5 : Les participants ayant dormi une nuit complète à leur domicile ont présenté de meilleures performances de rappel à la tâche de mémoire qui leur était proposée. Cette amélioration a été observée à la fois pour les niveaux associatifs et relationnels de traces mnésiques. Les individus, qui ont indiqué lors de la reconnaissance avoir rêvé d'une association, avaient de meilleures performances pour ces associations. De plus, une analyse du contenu des rêves a montré que tous les items présents dans les rêves étaient ensuite correctement reconnus. En revanche, rêver de la situation expérimentale ne garantissait pas une augmentation statistiquement significative des performances de mémoire. Ces résultats ont été interprétés comme suggérant, a minima, que le contenu du rêve était lié aux transformations de la mémoire prenant place au cours du sommeil et permettant cette augmentation de performance.

Ribeiro, N., Gounden, Y., & Quaglino, V. (2020). A full night's sleep at home improves memory performance in an associative and relational learning task. *Dreaming*, 30(2), 171. <https://doi.org/10.1037/drm0000130>

Etude 6 : Dans cette étude en réalité virtuelle, les participants ont montré une augmentation de performance mnésique au niveau associatif après une situation de repos pendant 20 minutes (comparativement à des participants restés en veille active). La présence ou l'absence de sommeil perçu au cours de cette période de repos entre l'apprentissage et le rappel n'a pas affecté la significativité des tests statistiques concernant les performances de mémoire. L'amélioration de la mémoire due au sommeil n'était pas perceptible pour le niveau relationnel dans cette étude.

Ribeiro, N., Sagnier, C., Quaglino, V., Gounden, Y., & Loup-Escande, E. (2020). Effect of a short rest period on associative and relational memory performance: A Virtual Reality study. *International Journal of Virtual Reality*, 20(1), 21-32. <https://doi.org/10.20870/IJVR.2020.20.1.3186>

Dans la suite de cette discussion, nous évoquerons les recherches publiées depuis nos investigations ayant montré des résultats similaires aux nôtres sur le plan de l'amélioration des performances de mémoires aux niveaux associatifs et relationnels. Par ailleurs, certaines pistes de compréhension des phénomènes observés dans nos différentes études, tels que la protection contre les interférences, qui n'ont initialement pas participé significativement à leur conceptualisation et leur élaboration seront également discutées. Cette discussion sera organisée en fonction du degré d'importance de nos résultats. Dans la première partie, elle commencera donc par l'évocation de la mémoire et des performances mnésiques aux niveaux associatifs et relationnels. Nous nous intéresserons en particulier aux processus qui opèrent sur les traces mnésiques pendant le sommeil et qui se révèlent, notamment, dans l'expression des rêves. Nous discuterons de la manière dont, méthodologiquement parlant, la tâche d'inférence associative pourrait être améliorée pour être à nouveau utilisée dans l'étude de la mémoire et de ses liens avec le sommeil et les rêves. L'étude des rêves a justement nécessité de déployer des méthodes de recueil que nous discuterons, notamment, au vu de notre expérience accumulée. Dans ce cadre, des propositions pour de futures études seront également formulées. Enfin, les difficultés du sommeil que nous avons observées transversalement au cours de nos recherches et en particulier dans l'étude 1 concernant les horaires décalés, la durée insuffisante, les parasomnies fréquentes et la mauvaise satisfaction subjective liée au sommeil seront discutées.

1 Sommeil, rêve et traces mnésiques

La capacité à associer les événements vécus entre eux est fonctionnellement essentielle pour l'adaptation au monde et dépend de phénomènes opérant sur les traces tels que l'activation et l'intégration (Cherdiou et al., 2018). Nous avons investigué les performances de mémoire en considérant les niveaux associatifs et relationnels de la construction mnésique. Ce choix était guidé par la proposition que ces associations relevaient de la dynamique même de la mémoire, liant et reconfigurant les traces en fonction du décours des expériences et du temps. Nous avons focalisé nos évaluations sur les transformations mnésiques survenant au cours sommeil et nous avons montré, conformément à nos attentes, qu'une période de sommeil favorise les performances associatives et relationnelles comparativement à une période identique de veille. Cette démonstration a été effectuée dans le cadre de deux études maintenant publiées et d'une autre soumise (Annexe 4). De manière innovante, cette démonstration s'est déroulée notamment dans des contextes habituels de sommeil au domicile des participants et avec des types d'éléments associés très différents : images d'objets et localisation dans un espace tridimensionnel en réalité virtuelle.

Nous avons montré que la mémoire dépend de processus qui, lors du sommeil, lient les événements entre eux en fonction de leurs similarités et permettent ainsi de meilleures performances associatives et relationnelles. Cependant, la façon dont à l'inverse la discrimination des épisodes en fonction de leurs différences relève, résulte, procède du sommeil, reste à être élucidée (Cellini et al., 2020). En effet, il est important de pouvoir distinguer les événements qui nous arrivent afin de ne pas les confondre notamment parce que la réponse comportementale adéquate à adopter face à une situation peut être déterminée par des différences subtiles. Du point de vue fonctionnel, cette capacité de discrimination semble importante pour l'adaptation au monde. Par exemple dans la nature, les aliments comestibles et ceux hautement toxiques ne diffèrent parfois que sur des éléments perceptifs infimes. Il pourrait donc être pertinent de poursuivre les présentes investigations afin de définir si le sommeil permet de meilleures performances de discrimination. Pour rappel, les études que nous avons menées ont considéré que les performances associatives et relationnelles découlent de processus d'appariements basiques conduisant à une recombinaison

des traces mnésiques qui intègre les nouveaux épisodes aux restes de la mémoire. Il a été proposé que ces processus élémentaires devraient raisonnablement également supporter les performances de discrimination et sont donc susceptibles d'être modifiés par le sommeil (Vagnot, 2014). Les résultats actuels de la communauté scientifique à ce propos sont peu nombreux et semblent ne pas converger dans ce sens. En effet, il a été démontré qu'une sieste de 2 heures ne permet pas d'améliorer les performances de discrimination, voir les détériore lorsque les individus se sentent encore fatigués après la sieste probablement en lien avec le phénomène d'inertie du sommeil (Davidson et al., 2020). Ce résultat a simultanément été trouvé par une autre équipe qui a démontré qu'une fenêtre de sieste d'une heure et demie ne permettait pas d'observer d'amélioration de la discrimination comparativement à une période de veille active (Cellini et al., 2020). De notre point de vue, ces résultats, qui peuvent sembler contre-intuitifs, ne vont pas à l'encontre de nos interprétations puisqu'il est probable que ces performances discriminantes dépendent d'une plus grande intégration des nouveaux épisodes dans la mémoire. Une telle intégration devrait raisonnablement demander plus de temps, comme c'est le cas pour les intégrations permettant une meilleure performance relationnelle comme dans nos études 5 et 6. Des études plus approfondies sont donc nécessaires avec des périodes de sommeil plus longues, comme des nuits complètes, par exemple. Toutefois, en amont de ces autres études éventuelles, nous pensons qu'il est raisonnable de considérer qu'une des forces nos recherches, tout en s'appuyant sur le plan conceptuel sur des modèles fonctionnels, connexionnistes et dynamiques, est d'avoir déjà démontré le rôle actif et intégrateur du sommeil sur la mémoire.

Depuis les premières démonstrations d'une amélioration des performances de la mémoire par le sommeil, une interrogation a été soulevée concernant la nature passive ou active de cette amélioration. L'explication passive fait référence à la réduction des perturbations pendant le sommeil. En effet, les interférences survenant à l'éveil sont susceptibles de fragiliser les traces mnésiques. Ces interférences étant réduites au cours du sommeil, l'amélioration des performances comparativement à la veille peut donc être une conséquence de cette réduction. Plusieurs arguments constituant un faisceau d'indices allant à l'encontre de cette interprétation passive ont été mis en avant.

Premièrement, il y a une activité consciente au cours du sommeil susceptible d'interférer également avec les traces. Deuxièmement, pour les études impliquant des siestes, une période de veille supplémentaire égalant ou dépassant la période de sommeil est proposée afin que des interférences soient présentes pour tous les participants. Troisièmement, le sommeil permet une protection à l'interférence qui est rétroactive, c'est-à-dire qu'une période de sommeil permet la stabilisation des traces mnésiques (Ellenbogen et al., 2006). Quatrièmement, une période de sommeil survenant immédiatement après l'apprentissage ou après un délai ne permet pas d'observer les mêmes bénéfices pour la mémorisation (Gais et al., 2006). Cinquièmement, des changements actifs, notamment du fonctionnement dopaminergique, se produisent dans le cerveau et expliquent ces améliorations (Berry et al., 2015). Sixièmement, les générations spontanées de solutions à des problèmes semblent démontrer un effet actif du sommeil sur la réorganisation des traces (Wagner et al., 2004). Septièmement, les activations au cours du sommeil semblent avoir un effet bénéfique sur les performances qui diffèrent de la veille (Diekelmann et al., 2011; Rasch et al., 2007).

Cependant, en dépit de ces sept arguments, il est difficile de concevoir dans quelles mesures la réduction des interférences contribue aux augmentations de performances. Par exemple, dans notre 6^e étude, nous n'avons pas constaté de différence entre les individus qui avaient effectivement dormi et ceux qui n'avaient pas dormi, mais s'étaient reposés. Par ailleurs, la protection contre l'interférence rétroactive est encore discutée dans la littérature suite à des répliques échouant à la démontrer (Bailes et al., 2020). De plus, une analyse de différents scénarios possibles (reconnaissance initiale correcte ou non puis reconnaissance différée correcte ou non) après la présentation du matériel dans l'étude 5, montre que la différence associative entre la veille et le sommeil se situe au niveau de l'oubli. Les participants du groupe veille oubliaient plus que les participants du groupe sommeil les éléments pourtant rappelés initialement, ce qui serait compatible avec l'interprétation proposant que la baisse des interférences limite les perturbations sur le processus de consolidation et entraîne la hausse de performance. De notre point de vue et pour être conclusif sur ce point, nous pensons que les résultats que nous avons observés dans nos études sont compatibles avec à la fois avec une vision passive et active du sommeil. Il semble rationnel de ne pas s'inscrire dans une perspective dichotomique

sur ce point, mais plutôt de croire que la réduction des interférences est une propriété inhérente au sommeil et qu'en cela elle s'ajoute à un éventuel effet actif de celui-ci sur les traces.

Les travaux que nous avons menés pourraient être étendus afin de contribuer aux théorisations portant sur la forme de la mémoire. En particulier, nous nous sommes appuyés dans nos recherches sur une approche dynamique que nous avons choisi d'illustrer, en introduction, par le modèle Act-In, notamment parce que sa compatibilité avec les transformations liées au sommeil a déjà été explorée dans un article théorique (Cherdiou et al., 2018). Ce modèle propose que la mémoire s'appuie à la fois sur des activations modales et d'une intégration qui unifie (intègre) les différents traits de l'expérience. Il serait donc pertinent d'ajouter aux considérations associatives, qui ont animé le présent travail de recherche, un intérêt plus spécifique pour les intégrations multimodales (ou multicomposante). En effet, lorsque nous sommes confrontés à une expérience, cette expérience est faite des différents éléments modaux de l'expérience. Rencontrer une personne c'est percevoir un visage et l'associer au son d'une voix, à une façon de se mouvoir, à la texture d'un vêtement, à la dureté du sol, etc. Ces différents aspects de l'expérience se mêlent, se mélangent et s'associent en mémoire et la qualité de la trace unifiant ces différents aspects est susceptible de définir la capacité à se rappeler de la personne, lors d'une rencontre ultérieure et donc d'influer sur notre adaptation au monde.

A notre connaissance, ces questions ont été abordées dans la littérature uniquement à travers la notion de transfert modale ; ces travaux permettent de penser qu'il est probable que le sommeil contribue effectivement à la qualité et aux performances liées à ce transfert modal (Durrant et al., 2016). Nous suggérons que de futures études pourraient évaluer cette possibilité et qu'elle serait éclairante du fonctionnement de la mémoire.

Dans les présentes recherches, nous avons choisi d'évaluer l'amélioration des performances associatives et relationnelles en faisant appel à des modalités très différentes. Dans l'étude 5, nous avons utilisé du matériel visuel présentant des visages et des objets et situations suggestifs sur le plan émotionnel. Dans l'étude 6, nous avons utilisé des emplacements et des objets dans un environnement immersif. Ce matériel est susceptible de faire varier considérablement la façon dont les différentes structures cérébrales sont impliquées par l'expérience (Rossion et al., 2012). Par exemple, le gyrus

fusiforme médian est particulièrement impliqué dans le traitement des visages et moins dans celui des objets, notamment lorsqu'ils n'ont pas de charge émotionnelle saillante (Palejwala et al., 2020). L'implication de l'amygdale sera également différente en fonction de la saillance émotionnelle des stimuli (Phelps & LeDoux, 2005). Des cellules de lieu hippocampiques sont recrutées afin de coder les informations spatiales de l'environnement (Cobar et al., 2017). Nous avons volontairement cherché cette diversité et il apparaît que les processus conduisant à l'augmentation des performances associatives et relationnelles relèvent de mécanismes probablement, eux aussi généraux que le sont l'activation et l'intégration sur lesquels ils reposent.

Sur le plan méthodologique, il est notable que cette diversité ait été permise par l'utilisation de la tâche d'inférence associative qui pourrait se révéler opportune pour de futures études bien que certains de ces défauts doivent être encore considérés et discutés. En effet, lors de la passation de la tâche d'inférence associative et relationnelle, il a été demandé explicitement d'associer les éléments. En revanche, il n'a pas été précisé que des relations existaient entre les associations et que les participants devraient identifier ces relations lors d'un rappel. Les associations dépendent donc d'un apprentissage volontaire et les relations d'un apprentissage incident. Il est possible qu'une partie des résultats que nous avons observés dépendent de ces différences induites par le protocole, en particulier en ce qui concerne le bénéfice d'une courte période de sommeil sur les associations en mémoire, mais pas sur la mise en relation des événements. L'association dépendrait de processus principalement explicites et les relations de processus principalement implicites.

Afin de faire varier les composantes de l'expérience, nous avons décidé d'utiliser dans l'étude 6 des éléments spatialisés en réalité virtuelle. Nous avons observé une augmentation des performances de rappel après à une phase de repos de 20 minutes (comparativement à de la veille active). En se basant sur le décours traditionnel des stades de sommeil, ce repos ne contenait pas, *a priori*, de sommeil paradoxal. Ce bénéfice était toutefois perceptible au niveau associatif uniquement. Cela pourrait signifier que, pour être améliorées, les performances relationnelles nécessitent du sommeil paradoxal ou une alternance entre les stades. Une poursuite éventuelle de nos recherches pourrait concerner l'investigation de cette hypothèse à l'aide d'une méthodologie similaire à l'expérience 6, mais pour une durée de sommeil plus longue.

Cette interprétation était partagée dans une étude précédente d'Huguet, Payne, Kim et Alger (2019) en utilisant une version de la tâche d'inférence associative non spatialisée pour une nuit complète. Cette proposition, selon laquelle la performance relationnelle dépend du sommeil paradoxal ou de l'interaction entre les stades, est également soutenue par l'étude, en nuit complète, que nous avons menée depuis les recherches mentionnées dans le corps de ce manuscrit (annexe 4).

De notre point de vue, la tâche d'inférence associative, et surtout sa polyvalence, permettra encore à l'avenir d'envisager l'interaction du sommeil et de la mémoire au travers du prisme fin des relations qui se créent entre les choses qui nous arrivent. Les rêves qui surviennent pendant ce sommeil sont intéressants sur ce point puisque comme l'éveil, ils contiennent des sensations et des scénarios qui impliquent les personnes et leur mémoire. Un autre résultat notable de la recherche 5 et la concordance entre les récits de rêves et les performances pour les items identifiés comme ayant été rêvés. À notre connaissance, ce résultat est relativement rare dans la littérature. En effet, il n'a été démontré que pour, d'une part, les performances de jets de pièces de monnaie dans un verre et pour, d'autre part, l'apprentissage de séquences digitales. Ces deux entraînements moteurs ont été réalisés en rêves lucides et il est difficile de définir dans quelle mesure ils s'apparentent aux rêves typiques. Deuxièmement, une amélioration des performances de mémoire consécutive à une incorporation en rêve typique a également été démontrée pour les temps d'orientation dans des labyrinthes, cette fois dans un contexte d'incorporation spontanée des éléments dans les rêves tels que nous avons pu également l'évaluer en nous intéressant de plus aux niveaux associatifs et relationnels de la performance de mémoire (Schädlich et al., 2017; Wamsley & Stickgold, 2018).

De notre point de vue, cette nouvelle démonstration est donc précieuse par les défis méthodologiques qui ont dû être dépassés, mais également par la compréhension des phénomènes mnésiques qu'elle offre. En effet, il est particulièrement bien démontré que les rêves incorporent des éléments diurnes, mais les fonctions de ses intégrations restent discutées notamment sur le plan de la mémoire (Hobson & Friston, 2012). Nous pensons que ces incorporations sont la partie émergée à la conscience des réactivations *off-line* démontrées notamment pour la spatialité et que ces réactivations relèvent des transformations mêmes qui permettent de meilleures performances. Nous pensons que le fait que ces éléments soient intégrés à des

épisodes subjectifs rapportables invite toujours plus à ne pas se satisfaire de césures conceptuelles trop importantes entre la mémoire et la conscience. Toutefois et pour conclure sur ce point, cette démonstration de l'intrication des rêves et des améliorations de performances de mémoire reste fragile et dépendante des méthodes de collecte des rapports de rêves. Pour nos recherches, nous avons d'ailleurs développé une approche hétérophénoménologique du recueil des expériences de rêves qui pourrait probablement, à l'avenir, être encore enrichie.

4. Hétérophénoménologie et rapports des rêves

L'exploration des phénomènes de la conscience s'est inscrite principalement dans une perspective hétérophénoménologique telle que formalisée par Dennett (2003). En effet, les observations que nous avons effectuées dans ces recherches étaient limitées par le fait que l'expérience phénoménale ne peut pas toujours être objectivée par des contreparties physiologiques à l'expérience consciente. Par exemple, les corrélats des activations cérébrales, tels que ceux collectés avec un EEG ou autres instruments d'imagerie en sommeil non paradoxal, ne constituent pas des marqueurs discriminants du rêve (Wong et al., 2020). La méthode hétérophénoménologique s'appuyant sur une multiplication de récits subjectifs a donc été utile et nécessaire à l'étude des liens entre conscience et mémoire. Toutefois, nous ne postulons pas une équivalence totale entre des éléments objectifs et subjectifs de la conscience ; ils constituent conjointement un faisceau informatif des processus à l'œuvre dans l'expérience consciente. De plus, les moyens mis en œuvre pour l'exploration du contenu du rêve auraient pu être complétés plus encore en suivant ces propositions hétérophénoménologiques qui recommandent, notamment, d'adjoindre le plus d'observations objectives possibles aux témoignages subjectifs.

Ces dernières années, il a été démontré que la somniloquie et les comportements en sommeil paradoxal (incluant les mouvements des muscles faciaux) peuvent fournir des informations précieuses et prometteuses pour confirmer les rapports rétrospectifs des individus sur le contenu de leur conscience (Chabani et al., 2020; Uguccioni, 2014). La somniloquie, en particulier, fait référence à la présence de productions verbales pendant que la personne est endormie. Le contenu de ces productions semble lié au contenu des rêves et offre donc une fenêtre intéressante sur le rêve (Alfonsi et al., 2019; Uguccioni, 2014). Toutefois, la mise en œuvre technique de ces investigations

était raisonnablement limitée dans le cas de nuit de sommeil réalisée au domicile des participants notamment à cause du contrôle insuffisant des données par l'utilisateur et les personnes qui partagent sa chambre avec les applications commerciales existantes. Le journal de rêves de l'étude 5 a été choisi et développé en fonction d'un objectif important : proposer un contexte de sommeil aussi habituel que possible. Cela a limité la possibilité de multiplier les types d'observations. Cependant, nous avons considéré que la performance mnésique elle-même et les questionnaires rétrospectifs étaient des signes susceptibles de lever une partie des doutes qui pouvaient subsister sur la qualité de ces rapports subjectifs. De plus, nous avons respecté la distance phénoménologique vis-à-vis de ces rapports en proposant une cotation en aveugle des récits de rêve et nous avons contextualisé les résultats observés en proposant de multiples réserves concernant leurs interprétations. En particulier, nous avons indiqué comment les relations de rêve pourraient être influencées par le processus même de narration du rêve.

Pour réaliser ces investigations, il a été nécessaire de développer un outil permettant de recueillir les appréciations subjectives des participants sur leur sommeil. Cet outil était indispensable, à la fois pour définir si les évaluations longitudinales et rétrospectives pouvaient donner des résultats comparables et pour appréhender le contenu des rêves et ses liens avec la mémoire.

Plusieurs contraintes ont guidé la création de cet outil, parmi celles-ci trois ont orienté le choix vers la création d'un nouveau dispositif plutôt que l'utilisation de ceux existant déjà. La première est qu'il fallait que les questions posées soient adaptées aux investigations en cours. La seconde est qu'il fallait que les participants gardent un contrôle sur leurs données. La troisième est qu'il était nécessaire que l'application soit semblable sur un maximum de types de dispositifs différents afin que l'expérience des participants soit comparable.

La validation puis la diffusion et l'adaptation de cet outil auprès de la communauté scientifique n'étaient pas compatibles avec les recherches que nous souhaitons mener en priorité, mais pourraient être des objectifs futurs. En effet, dans le cadre d'investigations du sommeil et des rêves comparables à celles que nous avons effectuées, il pourrait être nécessaire pour d'autres chercheurs de pouvoir avoir accès à de tels outils. C'est en effet de l'outil utilisé que dépendent, pour une part congrue, les conditions idéales de recueil telles que proposées par Windt (2013).

Cependant nous ne nous sommes pas expérimentalement interrogés sur les différences pouvant exister entre un rapport manuscrit au format papier et via l'utilisation du numérique. Le choix du numérique présentant de nombreux avantages, nous l'avons sélectionné pour pouvoir limiter les relectures lorsqu'elles auraient pu parasiter nos évaluations. De plus l'application a pu permettre : d'écrire les rêves au plus près du réveil sans lumière externe, nous assurer de l'horaire de la rédaction, et permettre le stockage et la transmission des rapports de rêve de façon anonyme et automatique. En simultanéité avec une éventuelle adaptation puis diffusion de notre matériel, une telle comparaison méthodologique entre des dispositifs papiers et logiciels resterait justifiée. Il pourrait être opportun pour une future étude de réaliser les investigations du lien sommeil et mémoire à l'aide d'un tel matériel et d'observer si cela influence les résultats et notamment la qualité des rapports de rêve recueillis.

En dépit des limites décrites ci-avant, les récits de rêves que ces outils nous ont permis de collecter coïncidaient avec une augmentation des performances de mémoire lorsque le matériel était inclus dans ces récits. Face à ce résultat d'importance, il semble important de rappeler la labilité des récits de rêve et leur sensibilité aux croyances. Au milieu du XXe siècle, une idée s'est popularisée et propagée jusque dans la recherche scientifique : nous rêvons en noir et blanc (Schwitzgebel, 2002). Les estimations du pourcentage de rêves étaient très variables et les participants aux différentes études étaient de 9 % à 68 % à déclarer ne pas voir de couleur dans leur rêve (Schwitzgebel, 2002). Cette question même de la couleur dans les rêves est apparue en coïncidence avec l'avènement des images en noir et blanc notamment avec les téléviseurs. Elle a également disparu depuis la fin de la limitation technologique associée à la couleur. Les témoignages portant sur les rêves sont donc susceptibles d'être influencés ou contaminés par de nombreux aspects, liés notamment à l'interprétation rétrospective opérée sur un souvenir.

Guénolé (2009) a proposé de distinguer trois aspects du rêve (Figure 19). Premièrement, le rêve-vécu qui fait référence à l'expérience de rêve telle qu'expérimentée par le rêveur au cours du sommeil. Ce rêve-vécu est une hallucination complexe multimodale qui implique le rêveur dans un vécu à la première personne. Le rêveur est comme engagé dans une réalité virtuelle qu'il, à la fois, génère et expérimente. Deuxièmement, le rêve-souvenir est une ré-évoation interne de la trace du rêve qui n'est pas nécessairement totalement homologue au

rêve-vécu et peut, par exemple, être sensible à des oublis. Enfin, troisièmement, le rêve-récit est la traduction narrative du rêve-souvenir qui peut être influencé par de nombreux paramètres tels que le contexte d'énonciation (p. ex., l'interlocuteur). C'est ce rêve-récit qui est utilisé dans des recherches que nous avons présentées.

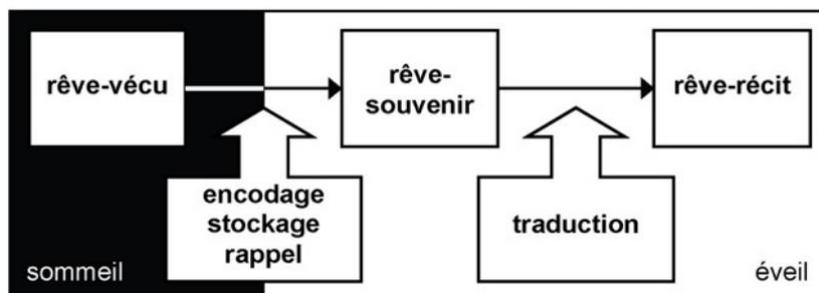


Figure 19 Processus aboutissant au récit d'un rêve d'après Guénolé (2009)

En utilisant ce cadre, plusieurs commentaires peuvent être effectués. Tout d'abord, cet oubli du contenu du rêve dans la progression de la création du rêve-récit à partir du rêve-vécu, rends remarquable le lien entre rêve et mémoire relevé dans l'étude 6. Il est cependant possible que le lien relevé entre les expériences oniriques et les performances de mémoire soit une conséquence de la mise en récit (traduction sur la Figure 19) et non du contenu même des rêves. En cela, il témoignerait tout de même d'une activité mnésique à même d'intégrer les expériences récentes dans un récit. Une telle possibilité a donc une incidence limitée sur les développements conceptuels que nous avons proposés (Windt, 2013). D'autres limitations plus étayées semblent toutefois exister, notamment en termes de quantité de rapports de rêves pouvant être recueillis en comparaison de la multitude des expériences subjectives vécues au cours du sommeil. De plus, les contenus de rêves ont une labilité très importante et peuvent être rapidement oubliés. Il est peu commun pour une personne non entraînée de se souvenir de plusieurs rêves de sa nuit. Il y a donc une différence de quantité qui n'a peut-être pas permis d'explorer pleinement les liens unissant récit onirique et augmentation de performances relationnelle. Par ailleurs, les performances dépendantes de la mise en relation des connaissances et des expériences ne nécessitent pas nécessairement l'explicitation de ces relations pour exister (Leo & Greene, 2008). Cela pourrait suggérer que ces modifications relationnelles peuvent survenir en dehors du champ de la conscience et donc ne pas influencer le contenu des rêves. Dans cette optique, elles sont donc susceptibles d'échapper aux observables fournis par le récit onirique. Ce raisonnement

concernant les éléments implicites peut d'ailleurs rationnellement être étendu à la veille. Pour toutes les raisons développées dans ce paragraphe, il pourrait être intéressant de déterminer si ces liens existent toujours avec des méthodes permettant d'être plus proches de l'expérience de rêve telle que celle du rêve lucide.

Le rêve lucide aurait pu permettre de recueillir l'expérience juste après un rêve, les individus pouvant faire le choix de se réveiller délibérément. Pour rappel, cela n'a pas été possible en raison de l'absence de méthodes d'induction fiables au moment de nos recherches. De nouvelles méthodes commencent à apparaître et semblent permettre la survenue du rêve lucide une fois sur quatre (Erlacher & Stumbrys, 2020). Même avec ces méthodes, une limite importante du rêve lucide est qu'il est difficile de savoir si l'expérience est typique, c'est-à-dire si elle reflète le comportement habituel du rêve. En outre, ces nouvelles méthodes présentent des instructions qui peuvent avoir un effet délétère sur le sommeil (Vallat & Ruby, 2019). Comme mentionné précédemment, parallèlement à l'article 4, nous avons testé la pertinence et la faisabilité de l'induction de rêves lucides. Cette tentative a été décrite après la présentation de l'étude 4, puisque le protocole utilisé était substantiellement identique à celui de ladite étude, à l'exception, précisément, de la tâche d'induction. Les résultats (ne montrant pas d'effet de l'induction de rêve), combinés aux éléments de la littérature (suggérant qu'une observation moins interventionnelle des rêves est également pertinente), nous ont conduits à orienter l'étude suivante de manière qu'elle ne nécessite pas de rêves lucides. Nous avons donc préféré une observation et une collecte des rêves plutôt que l'application de méthodes inefficaces pour induire le rêve lucide.

Pour conclure sur le rêve lucide, les discussions probablement les plus animées dans la littérature concernent la continuité onirique, c'est-à-dire la façon dont le contenu de notre vie éveillée se reflète dans le contenu des rêves d'une part et la façon dont les dynamiques même soutenant notre fonctionnement (telles que nos préoccupations ou notre personnalité) durant l'éveil sont également similaires durant le sommeil (Blagrove, 2011; Domhoff, 2017). À l'aide du concept de continuité, il est possible de considérer que les rêves sont probablement aussi divers que l'est l'expérience éveillée. Cette diversité s'est exprimée pleinement dans les récits de rêves lucides rapportés dans les exemplaires que nous avons pu recueillir au cours de nos différentes études et se constate facilement sur les plateformes de partage en ligne. Cette diversité

pourrait également expliquer les divergences quant aux structures cérébrales particulièrement impliquées dans le rêve lucide (Dresler et al., 2012; Holzinger et al., 2006; Mota-Rolim & Araujo, 2013; Schredl et al., 2016a; Stumbrys et al., 2013; Voss et al., 2009). Autre signe de cette diversité, nous avons montré que les deux composantes principales du rêve lucide (la conscience et le contrôle du rêve) pouvaient être présentes indépendamment dans des rêves bien que leur représentativité soit fortement intercorrélée. Plus largement, sur de nombreux aspects, les théorisations du rêve lucide semblent insuffisantes pour permettre une utilisation dans un contexte expérimental tel que le nôtre. En effet, il souffre d'un manque de méthode pour l'induire bien que sa forte représentation chez les personnes atteintes de narcolepsie a permis de compenser ces manques dans d'autres études (Dodet et al., 2015; Rak et al., 2015). L'intérêt d'un développement de méthodes d'inductions fiables s'étend également au versant thérapeutique (de Macêdo et al., 2019; Spoormaker & Van Den Bout, 2006). Pour ces deux usages, notre démonstration que le rêve lucide ne semble pas lié, en population générale, à une mauvaise qualité de sommeil est toutefois rassurante. Cette démonstration est aussi en total accord avec la proposition que le rêve lucide fait partie de la phénoménologie onirique typique au même titre que les cauchemars ordinaires par exemple.

A l'issue de nos recherches, nous pensons que de futures études devraient encore étayer comment le rêve lucide peut être utilisé pour mieux conceptualiser le sommeil et les rêves. Cela ne pourrait raisonnablement se faire qu'à la condition, là aussi, que de nouvelles stratégies d'inductions continuent d'émerger.

Les limitations méthodologiques actuelles ont guidé nos choix vers le recueil de l'expérience onirique spontanée à l'aide d'un journal de rêves et/ou d'un questionnaire. La prise en compte d'autres indicateurs reste potentiellement éclairante pour de futures études, notamment en laboratoire, qui pourrait consister à corroborer les témoignages subjectifs par des observations de comportements directement observables, tels que les expressions faciales des dormeurs (Chabani et al., 2020) ou des productions verbales. Plus largement, la poursuite de nos recherches dans un domaine disciplinaire tel que les neurosciences, où l'association de corrélats physiologiques avec d'autres observations est une pratique fondamentale, semble importante et indispensable pour continuer à définir comment les changements de la

mémoire coïncident avec des éléments oniriques. Nous pensons que nos recherches constituent un préambule justifiant indéniablement de telles explorations.

Enfin, des études ont montré que l'intégration des éléments de la vie quotidienne dans les récits de rêves répondait à un déroulé temporel particulier intitulé *dream-lag effect* (Nielsen & Powell, 1992). Le *dream-lag* correspond à l'apparition d'événements apparemment mondains (de peu d'importance) dans les deux jours qui suivent un événement, mais également au cours de la semaine qui suit l'événement (un lag de 7 jours motivant l'appellation). Le *dream-lag effect* a été discuté et les résultats concernant les spécificités du décours temporel de l'incorporation du contenu diurne dans les rêves sont mitigés (van Rijn et al., 2015). Cette incorporation, en elle-même, reste cependant avérée et vérifiable (Henley-Einion & Blagrove, 2014; van Rijn et al., 2015). Il pourrait donc être, d'une part, opportun d'évaluer l'inclusion du matériel dans les rêves et d'autre part, intéressant d'évaluer les liens entre la mémoire et les rêves sur de plus longues périodes. En accord avec la proposition du *dream-lag effect*, l'étude présentée en annexe 4 a justement montré l'inclusion des éléments de l'étude au sein des rêves de la nuit suivant l'apprentissage.

Au total, nous pensons avoir réussi à synthétiser les contraintes philosophiques et techniques liées à la collecte des rêves et à proposer un journal portatif et simple d'utilisation. Ce journal a été utile pour recueillir les rapports de rêves et les mettre en lien avec la mémoire. Nous pensons également que les bases de ce journal pourraient être utilisées dans d'autres études, notamment lorsque réalisées au domicile des participants.

L'ensemble des éléments que nous venons de discuter ne se limitent pas uniquement au rêve et à son contenu. En effet, les caractéristiques du sommeil ont également été estimées à l'aide de telles méthodes dans nos recherches. Ces évaluations ont permis d'identifier une qualité de sommeil particulièrement mauvaise pour les étudiants.

5. Qualité de sommeil chez les étudiants

Les connaissances les plus récentes concernant les caractéristiques du sommeil chez les étudiants français étaient en contradiction avec les résultats que nous avons obtenus cependant elles étaient basées sur un échantillon sélectionné pour ne pas présenter de trouble du sommeil (Vallat et al., 2018). En effet, nos résultats suggèrent

des difficultés et une mauvaise qualité de sommeil, y compris concernant sa durée, sa chronologie, la satisfaction subjective des étudiants à son égard et le nombre de parasomnies signalées. Nos résultats sont cohérents toutefois avec les recherches françaises plus antérieures et la littérature internationale qui ont montré des difficultés importantes de sommeil chez les étudiants dans des mesures comparables aux nôtres (Amaral et al., 2018; W. C. Buboltz et al., 2001; Printemps et al., 1999; Vitale et al., 2015; Zochil & Thorsteinsson, 2018). Pour être plus précis, concernant les horaires de sommeil, nous avons mis en évidence que les étudiants ont tendance à se coucher plus tard que les personnes de la population générale et il semblerait que cette tendance ait un effet délétère sur la durée de leur sommeil pendant la semaine. En effet, les étudiants dorment beaucoup plus longtemps le week-end en se réveillant plus tard tout en s'étant couchés à des heures comparables à celles de la semaine. Concernant cette durée, les étudiants ont dormi environ 7h40 en semaine contre 10h20 le week-end, cette différence importante est significative sur le plan statistique et peut être interprétée comme une tentative de combler un déficit de sommeil. Cet aspect plutôt quantitatif a également été confirmé par les évaluations subjectives que les étudiants ont pu faire, en cela qu'une majorité d'entre eux ont indiqué qu'ils éprouvaient un manque de sommeil. Ce manque était d'ailleurs l'élément subjectif le plus évident parmi les autres dimensions évaluées. Enfin, nous avons été surpris par la prévalence des événements indésirables liés au sommeil, que nous avons regroupés sous l'étiquette parasomnie, mais il convient d'indiquer que les évaluations subjectives sur ce point sont susceptibles de surestimer ces prévalences. En effet, lorsque les questions sur la satisfaction subjective liée au sommeil sont proposées avant celles sur la parasomnie, elles peuvent raisonnablement entraîner une tendance chez les participants à répondre à ces dernières en cohérence avec leurs réponses précédentes. Cependant, en contradiction avec cette interprétation, nous avons constaté que les étudiants qui ont déclaré une mauvaise qualité de sommeil et ceux qui ne l'ont pas fait rapportaient la même tendance à déclarer des épisodes fréquents de parasomnie. Ce résultat était en contraction avec ce à quoi nous aurions pu nous attendre puisque le manque de sommeil est susceptible d'affecter son architecture et, incidemment, d'affecter les parasomnies constatées (Elmenhorst et al., 2008). Plus précisément, les étudiants universitaires qui ont signalé une mauvaise qualité de sommeil associée à des réveils nocturnes et à des difficultés d'endormissement avaient la même fréquence de parasomnie que ceux qui

n'indiquaient pas de mauvaise qualité de sommeil. Il semblerait donc que la fréquence des parasomnies ne soit pas un facteur déterminant de la satisfaction subjective liée à la qualité du sommeil. Il est également possible que les étudiants qui déclaraient ne pas avoir une mauvaise qualité n'aient simplement pas conscience que les éléments qu'ils rapportaient par ailleurs étaient évocateurs de difficultés. Le sommeil des étudiants est donc bien singulier et nous pensons que cela justifie d'avoir maintenu une cohérence entre les différents échantillons de nos études.

De notre point de vue, ce sommeil de mauvaise qualité met en lumière un paradoxe pour cette population. En effet, les étudiants sont placés dans un contexte académique où ils sont particulièrement sollicités sur le plan mnésique alors que, dans le même temps, ils font partie d'une population particulièrement vulnérable sur le plan de la qualité du sommeil. Cette mauvaise qualité du sommeil étant capable en retour d'influencer négativement leur performance de mémoire (Eliasson & Lettieri, 2010; Gaultney, 2010; Gilbert & Weaver, 2010; A. Phillips et al., 2017).

Il est admis que les adolescents et les étudiants ont subi une baisse du temps de sommeil depuis les 50 dernières années (Kronholm et al., 2008; Webb & Agnew, 1975). Cette baisse a probablement créé un manque. Ce manque est retrouvé dans nos observations de l'étude 1, mais également, transversalement, dans les autres recherches que nous avons menées. Une conséquence future de ce travail est donc appliquée et concerne toutes les actions qui permettraient d'améliorer leur sommeil, notamment en termes de durée. Des programmes de sensibilisation et d'éducation proposés outre-Atlantique dans le cadre d'une étude randomisée à groupe contrôle ont eu des effets bénéfiques sur le long terme et ont permis à des étudiants d'adopter de bonnes pratiques liées à l'hygiène de sommeil (Kloss et al., 2016).

De notre point de vue, et au regard de la mauvaise qualité du sommeil des étudiants tel que cela a été relevé dans nos études, de telles actions bénéficieraient à se généraliser.

Pour ce faire, les investigations s'appuyant sur les rapports subjectifs que peuvent formuler les individus sur les caractéristiques de leur sommeil demeurent probablement les plus aisées à mettre en place, mais elles doivent s'accompagner d'une prudence fondamentale dont le concept hétérophénoménologique permet de rendre compte.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Nos travaux illustrent l'importance du sommeil dans le fonctionnement cognitif et comportemental des individus. Particulièrement, l'apport spécifique de nos recherches est qu'elles mettent en lumière le rôle déterminant du sommeil dans les performances mnésiques en montrant que les réorganisations des traces mnésiques qui surviennent pendant la nuit sont considérables. En effet, ces réorganisations opèrent à la fois sur les associations entre des éléments perçus simultanément et sur les relations créées en fonction des similitudes entre des éléments non perçus simultanément lors de l'encodage. Pour conclure, nous avons illustré de manière innovante comment les récits de rêves sont susceptibles de coïncider avec ces changements de performances. Les expériences conscientes survenant au cours du sommeil contribuent ou témoignent donc des phénomènes mnésiques.

Plusieurs éléments méthodologiques doivent être mentionnés dans cette conclusion générale parce qu'ils ont constitué une part importante de nos investigations. Par exemple, en raison de sa difficulté d'accès, le rêve est un phénomène difficile à étudier. Nous avons considéré que son investigation nécessitait de réunir des concepts philosophiques, comme l'hétérophénoménologie, et des technologies innovantes, comme les smartphones, pour identifier les méthodes qui pourraient être utilisées pour explorer les rêves. De cette rencontre est né un journal des rêves informatisé qui nous a permis de recueillir les rapports de rêves de nos participants d'une manière originale et innovante. Ce journal des rêves a notamment contribué à guider nos prises de décisions méthodologiques ultérieures. Par exemple, nous sommes passés de la perspective d'une intervention sur le contenu des rêves par le biais du rêve lucide à une perspective plus observationnelle de recueil des incorporations spontanées à l'issue des rapports effectués par les participants concernant leur fréquence de rêves lucides. Les explorations à propos du rêve lucide n'ont cependant pas été vaines et ont aidé à définir sa fréquence et sa phénoménologie chez les étudiants français. Enfin, cet accent méthodologique s'est également exprimé par le développement de dispositifs informatisés, notamment en réalité virtuelle, ayant permis de montrer que le sommeil coïncide avec l'amélioration des performances de mémoire impliquant des relations spatiales entre des éléments.

En conformité avec la littérature internationale concernant la qualité du sommeil, nous avons constaté que le nombre d'étudiants exprimant une mauvaise qualité du sommeil était important. En particulier, les troubles du sommeil, ses horaires et sa durée étaient évocateurs de difficultés. Les sociétés modernes ont repoussé les limites du jour à des fins de productivité ou de divertissement. L'heure du coucher a reculé au cours du siècle dernier et, incidemment, la durée du sommeil a diminué. Ce recul témoigne peut-être du fait que les perceptions des étudiants sur l'importance du sommeil sont inadaptées. De nouvelles études sont donc nécessaires, car il pourrait être bénéfique d'investir dans l'actualisation de ces perceptions. En effet, il a été démontré que dans une situation académique les résultats sont déterminés par la qualité du sommeil avant tout autre facteur.

Ce travail de thèse s'est appuyé sur une approche fonctionnelle de la mémoire qui considère que sa capacité à lier les épisodes entre eux contribue à l'adaptation des personnes aux situations qu'elles rencontrent. Nos recherches se sont spontanément orientées vers des modèles dynamiques de la mémoire pour tenter de définir la contribution du sommeil pour le rappel de ces liens que nous avons investigués aux niveaux associatif et relationnel. En préambule de ces recherches sur la mémoire, cet objectif général a nécessité l'exploration des caractéristiques du sommeil et des moyens théoriques et méthodologiques adaptés à l'étude des rêves. Pour ce dernier point, nous avons évalué l'apport que les rêves lucides pouvaient avoir pour de telles explorations. Finalement, les différentes recherches que nous avons menées semblent converger, au moins partiellement, vers un même point : le sommeil fait partie intégrante de notre fonctionnement, en particulier de notre mémoire. De notre point de vue, des études futures sont indispensables pour définir quels pourraient être les apports de cette prise en compte pour les théories de la mémoire et les conceptualisations du fonctionnement psychologique des individus.

ANNEXES

1.	Dispositifs de recueil et de passation	166
2.	Exemples de récits de rêves	167
3.	Un indicateur du positionnement dans la littérature	170
4.	Article en cours d'élaboration	171

1. Dispositifs de recueil et de passation

La procédure pour l'élaboration du matériel en interne a été sensiblement la même pour tous les dispositifs élaborés au cours de la thèse ; après une vérification que des outils adaptés n'étaient pas déjà disponibles dans la littérature, cette procédure a systématiquement commencé par une recherche de technologie permettant de répondre aux contraintes et à nos objectifs de recueil.

Cette technologie devait être à la fois accessible pour être maîtrisée suffisamment dans la temporalité de la thèse, être libre ou à un prix modéré pour une question de rationalité budgétaire, assurer le contrôle de bout en bout des données recueillies (c.-à-d., ne pas permettre à ces données d'être diffusées ou exploitées) et être exécutée sur les supports visés (smartphone, tablette et ordinateur pour le journal par exemple).

À l'issue de cette phase préliminaire du choix de l'outil de création, l'outil était élaboré puis testé dans un abord de rétroactions itératives permettant d'aboutir au dispositif final (Figure 20). Les tests étaient d'abord réalisés par le chercheur principal, puis par l'équipe de recherche, puis par des participants (non inclus dans l'échantillon final).

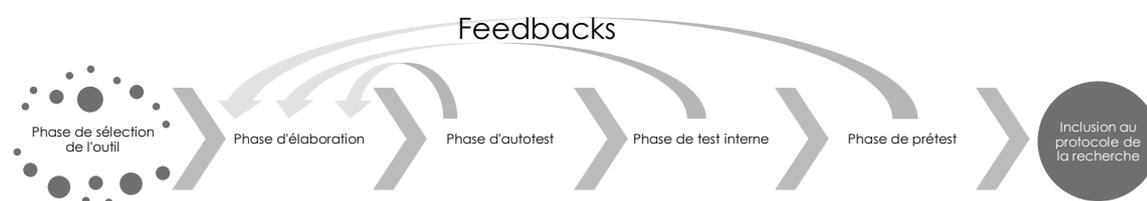


Figure 20 représentation du processus de développement du journal, de l'environnement virtuel, des outils de passations informatisés et de l'outil de cotation inter-juges des contenus de rêves.

Cette stratégie a été employée pour les journaux de rêves et la tâche spatialisée.

2. Exemples de récits de rêves

Les prénoms ont été changés. Les récits de situations très distinctives ou en lien avec la vie des participants ont été écartés. Ces récits font partie du corpus recueilli en 2018 et sont proposés à titre d'illustrations. Le nombre a été arbitrairement arrêté à 20 exemplaires par souci de concision. Ces exemples ont été sélectionnés pour illustrer la diversité des éléments recueillis. Certaines erreurs de typographies ont été corrigées lorsqu'elles réduisaient la compréhension.

« Rêve des partiels, Je me trouvais dans la salle où plutôt dans l'amphi, devant moi se trouvait une feuille blanche. »

« J'ai rêvé avoir envoyé un message à cette fille. Je me suis réveillée dans un état de semi-endormissement ayant une impression que cette personne était là au-dessus de moi (étant donné que j'avais une mezzanine au-dessus. Rêve assez réaliste. »

« Je retournais à l'hôpital et mes parents étaient avec moi au début, mais au bout de quelques jours ils voulaient que je sorte le plus vite possible et m'accusaient de faire semblant d'être malade pour pouvoir rester à l'hôpital. »

« J'ai rêvé que j'ouvrais un restaurant. »

« Je suis dans un champ avec beaucoup de monde, on dirait une fête de famille. Un jeu est organisé, apparemment c'est très traditionnel dans le lieu où le contexte où je suis, il s'agit d'un concours pour lancer des pommes le plus loin possible. J'y participe avec un garçon de la vingtaine. On doit ramasser des pommes au pied de pommiers, je me dis qu'il faut bien que je les choisisse (lourdes, rondes...), Mais elles sont toutes pourries. Je trouve une moitié de pomme à peu près en bon état. Le garçon lance les siennes très loin, la mienne retombe ridiculement bien avant les siennes. Je crois que ma mère est là. »

« J'étais à une fête avec mes ami(e)s, un mélange... À la sortie, je me retrouvais avec mon ex et son meilleur ami on parlait de cigarette électronique...je ne sais pas trop pourquoi, mais je me trouvais en voiture avec eux, je pris le volant, j'étais vraiment peu à l'aise et faisais n'importe quoi ils habitaient dans un immeuble où mes oncles et tantes habitaient aussi, le garage était assez particulier, on se garait et tout le monde devait attendre dans une salle... Ma tante était enceinte, ma petite cousine de cinq ans était plus grande que moi.... D'un coup je me retrouvais en présence de ma

meilleure amie qui venait d'ouvrir un Subway, je travaillais donc là-bas, on faisait n'importe quoi en donnant de très grosses quantités. Elle avait un porte clé avec une mini vraie baguette que je mange à.... entre temps dans le rêve je participais à des cours où il y avait une amie, une pionne (qui faisait un scandale), mon copain, le cours consistait en des débats ou jeux, il y avait beaucoup de monde... »

« J'ai rêvé que j'écrivais dans ce journal le rêve que je venais de faire. C'était très réaliste. J'ai fini par comprendre que je dormais encore et que ce n'était qu'un rêve. J'ai compris que je ne pourrais pas me réveiller pour écrire. »

« J'ai rêvé que j'arrivais dans une soirée où je devais retrouver une copine de fac, Sarah. Il y avait plein de garçons. Ce devait être ses amis, mais dans la réalité ce n'est pas le cas puisque je connais déjà tous ses amis. Ça se déroulait dans l'ancienne chambre de Clara, dans la maison dont j'ai rêvé avant (ce n'est pourtant pas sur lieu dont je rêve beaucoup). Il y avait aussi mon ex petit copain. »

« Je me trouvais dans une sorte d'école spécialisée (pour une porte ouverte ') et j'ai assisté à un spectacle de danse orientale »

« Rêve de début de nuit, deuxième ou premier cycle. Impression que le cadre était Châtelet et qu'il était question de l'étude, mais il est possible que j'aie déformé le souvenir en tentant de fixer le rêve en m'en réveillant. Voir rapport "fixation". Rêve noté ici au matin. Rajout : vague idée qu'il est possiblement question de la Horde du Contrevent, livre en cours de lecture. »

« J'étais en Espagne dans une auberge je travaillais »

« J'ai enfin visité l'appartement de ma voisine (j'ai emménagé il n'y a pas longtemps et découvert que ma voisine était une copine à moi j'y tenais, car j'ai un petit studio elle a un T2 et c'est ce que je voulais à la base. J'ai donc vu chez elle je lui ai raconté cette histoire qui m'était arrivée la veille (le rêve numéro 1) et on a discuté un peu du village, etc. »

« J'ai rêvé de différents visages, sans vraiment savoir ce qu'ils faisaient. »

« Je devais faire des courses avec un sac à roulette mauve qui été cassé »

« Je devais impérativement libérer un prisonnier de guerre dans un pays du moyen orient. »

« Je me suis trouvé dans un supermarché qui se changeait constamment. J'étais avec une bonne amie à moi et on cherchait certains produits, mais chaque fois on se perdait, où trouvait un chemin qui n'existait pas avant, ou trouvait que des produits qu'on avait déjà vus étaient disparus. Puis, je changeais à certains moments de rôle - à tel point je donnais des conseils à des filles pour une bouteille de vin, à un autre je demandais des conseils à un autre. On voulait à tout prix du bon fromage, mais on trouvait que des tranches fines sans emballage qui étaient un peu dégueullasses. J'ai fini par en acheter une ! Quand j'ai quitté le magasin, je parlais un moment avec mon amie, puis je m'en suis allé tout seul, mais j'étais vite perdu dans les boulevards d'une ville qui me paraissait à moitié Japon et à moitié Afrique du nord. Les cartes de la ville étaient affichées très haut dans le ciel, mais il fallait se fermer devant les voitures pour les lire, du coup je me suis mis en danger plusieurs fois pour savoir où j'étais. À la fin j'ai trouvé une ruelle que je reconnaissais, et en la descendant je crois que je commençais à me réveiller. »

« J'ai rêvé qu'une ancienne personne à qui je parlais très bien avant venait me reparler par message pour me dire qu'il était en couple et qu'il était content que je le sois aussi depuis peu »

« J'ai rêvé que j'étais avec une femme enceinte et une autre personne de ma famille dans un pays chaud, on se baignait dans l'eau et je filmais avec mon téléphone l'océan qui était magnifique et la femme enceinte entraînée de nager jusqu'au moment où je me suis fait attraper le pied par une bête. »

« J'attendais mon bus pour aller en cours et un garçon passe devant moi se retourne et me demande si je peux lui prêter une cigarette en arrivant, je lui dis oui et on monte dans le bus je m'assois toute seul et en arrivant on a fumer cette cigarette, il était intéressé par moi, mais je n'arrivais pas à lui dire que j'avais quelqu'un. En fin de journée il m'a montrée à travers une vitre d'un magasin des chaussures (très moche) qu'il voulait s'acheter. En entrant dans le magasin il m'a offert une bague, mais il a vite changé de visage ce n'était plus lui, mais une fille qui m'offrait cette bague assez coûteuse d'ailleurs. »

« Cette je pense avoir rêvé, mais je ne sais pas du tout de quoi. Je ne me souviens plus. »

« Il y avait une musique qui disait "weekend", dans le même genre qu'un réveil, c'est pour cela que je me suis réveillée. »

« Je devais transporter différents cartons de papier dans différents endroits de la ville et je m'en souviens avoir vu les cartons. Mon rêve concernait surtout ma réflexion sur comment j'allais les transporter et dans quel ordre. »

« Je dormais avec mon copain et j'étais réveillée par ce que je pensais être ces aller-retour dans la salle de bain. Je voulais lui en parler, mais je ne faisais que me rendormir. J'oubliai et en allant prendre la douche je remarquai que le mur du fond avait disparu et qu'il donnait sur une sorte de cave où 2 ados en maillot de bain ébahis me regardaient. Ils m'ont expliqué que leur abonnement à la salle de sport leur donnait accès à ma salle de bain. Pour régler le pb j'ai appelé ma tante à qui il était apparemment arrivé la même chose. »

« Avant de m'endormir j'ai pensé à un repas que j'avais mangé le jour même. J'ai rêvé deux fois dans la nuit entrecoupée d'un réveil. Le premier reste assez flou je me rappelle qu'il y avait une personne malade qui prenait des cachets parce qu'elle était malade. Le deuxième rêve j'ai vu une personne réaliser un gâteau. Je n'ai pas rêvé du repas de la veille, mais j'ai quand même rêvé d'un gâteau. »

3. Un indicateur du positionnement dans la littérature

Cette annexe a pour but d'illustrer comment le premier article intitulé "*Investigating on the Methodology Effect When Evaluating Lucid Dream*" s'articule avec la littérature scientifique (Figure 21). L'agrégateur et moteur de recherche de production scientifique, « *semantic scholar* » l'a identifié comme étant un article *hautement influent*. Cet indicateur est attribué par un algorithme d'intelligence artificielle qui prend en compte le nombre et la qualité des citations en fonction du contexte de la publication (Valenzuela et al., 2015). Cette inclusion est probablement une conséquence double de l'antériorité de la publication et de la thématique abordée relativement large.

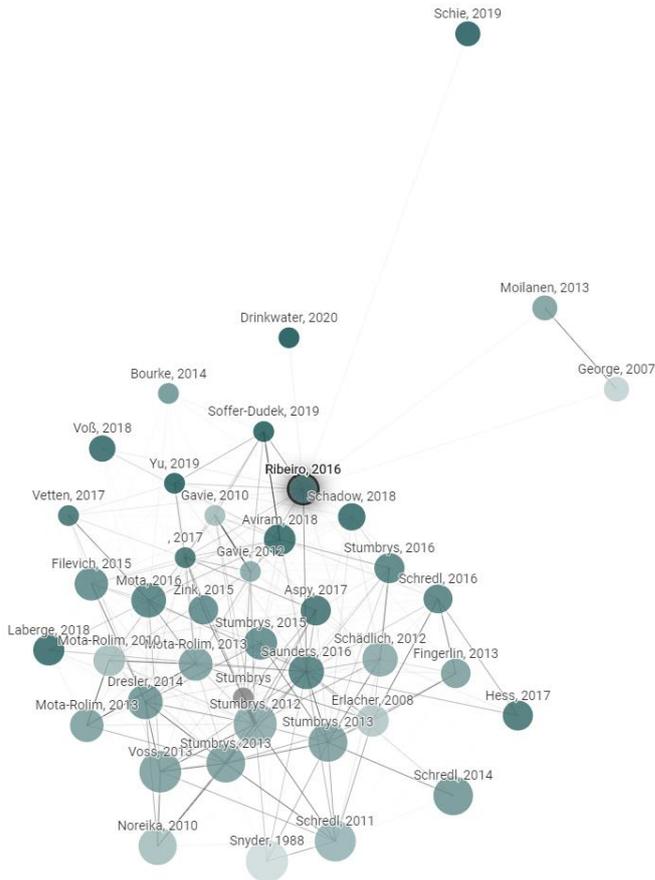


Figure 21 ce graphique illustre les liens qui existent entre cet article et la littérature. La distance entre les nœuds illustre la distance thématique entre le contenu textuel des articles. Plus la similarité est importante moins la distance est importante. La taille du nœud correspond au nombre de citations. La couleur de nœud est relative à l'année de parution (une parution plus ancienne correspond à une couleur plus claire). Généré depuis connectedpapers.com le 22/06/2020.

4. Article en cours d'élaboration

4.1. Résumé de l'article

Titre français

Amélioration des liens associatifs et relationnels en mémoire après une nuit de sommeil : une étude spatialisée et immersive

Résumé français

Nous vivons dans un monde tridimensionnel où les choses que nous expérimentons sont associées en mémoire à l'endroit où elles se sont déroulées. Cette étude a évalué l'effet du sommeil sur les performances de rappel de liens associatifs et relationnels

dans une tâche immersive spatialisée. Elle a également examiné comment les éléments de l'étude ont été incorporés aux récits de rêves des participants.

Selon leur groupe (sommeil ou éveil), la moitié des 54 participants sont restés éveillés pendant une journée normale entre l'apprentissage et le test, tandis que l'autre moitié a dormi chez eux selon leur horaire de sommeil habituel. Les rêves de la nuit ont été rapportés par les participants à l'aide d'un journal papier/crayon.

Les résultats ont montré que le sommeil améliorait les performances de rappel tant au niveau associatif que relationnel. L'examen du rapport du rêve lié à l'étude a montré que les éléments étaient susceptibles d'être inclus dans le rapport. L'effet de l'incorporation du rêve sur la performance n'était pas apparent.

À notre connaissance, cette étude est la première à démontrer une amélioration du rappel associatif et relationnel après une nuit complète de sommeil dans un cadre domestique respectant l'horaire habituel de sommeil du participant et utilisant un matériel immersif et spatialisé. Ces résultats, concernant la mémoire et le rêve, sont discutés en s'appuyant sur une vision uniciste de la mémoire et du reste de l'organisme. En outre, nous proposons des améliorations méthodologiques pour de futures études portant sur les rêves et leurs relations avec les améliorations des performances mnésiques.

4.1.1. Problématique, Objectif et hypothèses

Notre monde est spatialisé. Se repérer dans ce monde est vital pour se mouvoir et donc pour se nourrir, retrouver des objets ou trouver des partenaires. Il est donc concevable que notre mémoire se soit développée sous une pression évolutive favorisant la qualité des performances spatiales.

Les cellules qui permettent les phénomènes de mémoire sont spécialisées dans l'échange avec d'autres cellules. Les neurones métabolisent des connexions qui conduisent à l'émergence de réseaux. La pression principale s'exerçant sur ces réseaux est celle de l'intrication des individus avec le monde et donc des stimulations provenant du monde que l'individu perçoit. Des règles élémentaires semblent animer ce réseau, par exemple, des activations simultanées ont tendance à s'associer (Josselyn et al., 2017). Il a notamment été proposé que des mécanismes associatifs soient à la base du fonctionnement de la mémoire (Anderson & Bower, 1973). Il est

commun de distinguer deux niveaux associatifs puisque les associations peuvent être directes et concerner des éléments perçus simultanément ou elles peuvent être indirectes et concerner des éléments n'ayant pas été perçus simultanément, mais associés par une propriété commune comme son emplacement par exemple. Ces aspects sont communément décrits en termes d'associations et de relations.

Le sommeil est un état transitoire dans lequel l'individu passe un quart de sa vie et qui modifie transversalement son fonctionnement de la cellule au comportement. Le sommeil par ailleurs est le siège d'expériences conscientes, les rêves, susceptibles de refléter la vie éveillée et de témoigner des transformations mnésiques. Les mesures dans lesquelles les rapports de rêves sont influencés par le matériel expérimental sont toutefois relativement peu connues (Nielsen et al., 2004 ; Wamsley & Stickgold, 2011).

Des évaluations précédentes ont montré que le sommeil est susceptible d'améliorer les performances aux niveaux associatifs et relationnels. Les connaissances sur ces bénéfices pour des éléments associés spatialement dans un contexte immersif sont lacunaires ; à notre connaissance seule notre étude 6 avait testé cela. Dans l'étude 6, seul le niveau associatif était amélioré après une période de repos en contraste avec les démonstrations précédentes pour d'autres types d'éléments montrant une amélioration pour les niveaux associatif et relationnel. Nous avons postulé que le temps mis à disposition pour faire une sieste n'était pas suffisant dans cette étude pour que les individus expérimentent les stades de sommeil susceptibles d'influencer les traces mnésiques.

Dans la présente étude nous avons donc choisi de proposer une période sommeil dans un contexte habituel ; c'est-à-dire d'une durée d'une nuit et réalisé au domicile des participants. Nous avons fait l'hypothèse que les performances seraient améliorées pour les niveaux associatif et relationnel. Nous avons également postulé que les éléments présentés au cours de l'apprentissage seraient présents dans les rêves. Enfin, nous souhaitons tester si cette incorporation dans les rêves était associée avec l'amélioration de la mémoire.

4.1.2. Méthode

Cinquante-sept étudiants de premier cycle de l'Université Picardie Jules Verne (44 femmes, 13 hommes ; M = 21,42 ans, tranche d'âge : 19-26 ans) ont été impliqués dans

cette étude sur la base du volontariat. Ils ont complété un formulaire de consentement présentant l'étude et ont été informés que les données recueillies respectent l'anonymat.

Le matériel et la procédure sont similaires à l'étude 6 à l'exception du délai entre l'apprentissage et le rappel qui était de 12 heures dans la présente étude.

4.1.3. Résultats et Discussion

Les performances associatives et relationnelles sont significativement meilleures après une nuit de sommeil par rapport à une journée de veille. Cela suggère que le sommeil profite effectivement à ces niveaux et que ces bénéfices dépendent d'une période de sommeil qui présentent tous les stades de sommeil et une alternance de phases. L'une des premières recherches sur les associations et relations en mémoire a déjà proposé que l'amélioration relationnelle dépendait du temps entre l'apprentissage et le rappel et de la présence de repos (Ellenbogen et al., 2007).

Le nombre d'éléments vus lors de l'apprentissage et inclus dans les rêves dépasse les occurrences dues au hasard. Ces inclusions ne sont toutefois pas suffisamment nombreuses pour soutenir l'hypothèse que les éléments incorporés sont mieux rappelés que les autres. Spécifiquement, cinq associations sur les six qui présentaient un élément incorporé aux rêves ont été correctement rappelées.

4.1.4. Conclusion

Cette étude vient s'ajouter à la littérature toujours croissante montrant que le sommeil est lié à une meilleure mémoire. Une nuit complète de sommeil dans un contexte typique (à la maison) a un effet bénéfique sur la reconnaissance de la mémoire aux niveaux associatif et relationnel dans le contexte de cette étude. Pour rappel, nous avons proposé des éléments spatialisés dans un environnement immersif de réalité virtuelle. Bien que le matériel de cette étude ait influencé le contenu des rêves, nous n'avons pas pu évaluer la congruence entre cette incorporation et l'amélioration de la mémoire pour les items incorporés. Des études futures pourraient utiliser des techniques qui augmentent la quantité de rapports de rêves pour permettre l'évaluation de ce lien.

4.2. Article en version originale préliminaire

4.2.1. Abstract

This study evaluated the effect of sleep in mediating the performance of associative and relational memory in an immersive spatialized task. It also considered how study elements are incorporated into participants' dreams and the effect of these incorporations on recognition performance.

Depending on their group (sleep or wake), half of the 54 participants stayed awake during a normal day between the learning and the testing while the other half slept in their home according to their usual sleep schedule. Subjective dream experiences during the night were reported by the participants using a paper/pencil diary.

Results shown that sleep enhanced memory performance at both associative and relational levels. The examination of the dream's report related to the study shown that the items were likely to be included in the report, while the links between dream's incorporation and memory enhancement was not apparent.

To our knowledge, this study is the first to demonstrate such improvement of associative memory with a full night's sleep occurring in a home-setting that respect the participant's usual sleep schedule and using an immersive spatialized VR task. These results concerning memory and dream are discussed in terms of single-system view of memory. In addition, we propose methodological improvements for future studies investigating dreams and their relationship to memory improvement.

A full night sleep associative and relational memory enhancement and the likelihood of dream incorporation.

Introduction

Our daily life is composed of episodes that are integrated into a dense and dynamic memory network that intertwines the traces of current episodes with those of our past history (Nadel, Hupbach, Gomez, & Newman-Smith, 2012; Versace et al., 2014). What we encounter is always taking place in a three-dimensional spatialized world and a spatial property of an episode are posited to be fundamental to memory (Cerles, Guinet, & Rousset, 2015; Hasselmo, 2009)

The present study aims to evaluate the contribution of sleep to the integration of associated and related elements within our memory network while taking into account the spatial property of experience.

Associative processes in memory

The idea that episodic memory is based on associative process is not new and can be traced back to the emergence of experimental psychology, for instance, James (1890) proposed that the very dynamics governing the articulation of memory traces is associative. Consideration for such associative processes have led to several theorization that illustrated their importance in explaining memory performance (Anderson & Bower, 1973). More recently, Nadel, Hupbach, Gomez and Newman-Smith (2012) have proposed that consolidation is not a phenomenon occurring in isolation but is part of a dynamic process leading to systemic changes in brain's network. In other words, the experience must be integrated into the memory system in order to be stored and to allow for recall later. This integration is the consequence of the system changing from its previous state when it comes into contact with the world (Nadel, Samsonovich, Ryan, & Moscovitch, 2000). Thus, memory is about creating links between newer and older experiences

through mechanisms that reshape previously fixed memories. These transformations affect the memory system according to the similarities between previous and current experiences. In simple terms, this dynamic process essentially consists of associating and relating experiences. Associative memory can be thus considered as referring to the tendency of the memory system to link together events that occur in the lives of individuals.

The consideration of the associative process can be divided into two main levels, one is termed associative in this study and refers to links that are created between elements perceived in the same time frame, the other is termed relation in this study and refers to links that are created between elements that share similarities even though they were not perceived in the same time frame. The relation that is formed between such element is also usually referred as relational memory (Ellenbogen, Hu, Payne, Titone, & Walker, 2007). These two levels of memory have been evaluated using a research paradigm called associative (or transitive) inference (Preston, Shrager, Dudukovic, & Gabrieli, 2004) that can be summed as such "if A is associated with B and B is associated with C, then A is related to C". To take a real example from everyday life, if a person is looking for change and discovers coins under the cushions of his couch and that same person later finds himself at a friend's house looking for his remote control. It is likely that he or she infers that the remote control may be under the cushions of his or her friend's sofa. On a physiological scope, Dominick and Preston (2012) show that association and relation mechanism are likely to depend on how hippocampus and ventromedial prefrontal cortex activation correlated during learning of associations.

Sleep, dream and memory performance

The benefits of sleep for memory are well established and demonstrated as operating at a rather large scale (Diekelmann & Born, 2010; Walker & Stickgold, 2006). The extent of sleep's

contribution to associative memory's improvement has also been subject of research, for instance, in a systematic review, Chatburn, Lushington, and Kohler (2014) illustrated the facilitating of associative performance after a sleep period in a normal adult populations. Cherdieu et al. (2018) proposed a theoretical framework to understand how sleep promotes the emergence of new relation based on the components that are incorporated into the memory system.

Recently, two studies shown that both associative and relational performance were enhanced for individuals who sleep during a whole night compared to individuals who performed a typical day, the first study occurred within a laboratory using polysomnography and the other in the participant's home in a typical sleep context (Huguet, Payne, Kim, & Alger, 2019; Ribeiro, Gounden, & Quaglini, 2020). In this last study (Ribeiro, Gounden, et al., 2020), we demonstrated that the content of dreams report was associated with correct recognitions in the after-sleep recall phase. Additionally, individuals who indicated believing that they dreamt about an item of an association had better performance for its recognition. This study is aligned with a previous study and its replication which provided the demonstration that dream content can be linked with an experimental situation and that this linked is associated with greater performance in a maze orientation task (Wamsley & Stickgold, 2018; Wamsley, Tucker, Payne, Benavides, & Stickgold, 2010). These increase can be seen as a demonstration of reconsolidation that occur when a memory trace is activated and can be explained by the proposition that an activation during sleep is likely to consolidate this memory trace and actively protect it against interference (Payne, 2011).

However, it can be unclear to what extent studies' material are included into dreams report while this incorporation are indispensable to evaluate such link (Blagrove, 2011). Therefore, any research aimed at evaluating the coincidence between memory improvement and dream content must face the uncertainty relative to the incorporation of study items

into the dream content. We therefore are interested in studying the odds that the presence of an item in the dream reports has to be a consequence of the protocol and not, for example, only present because it is likely to occur spontaneously in the contents of typical dream reports. Following the previous research evoked precedingly we are also interested in evaluating the incidence of such incorporation to memory performance.

Spatiality, Sleep and Memory

It is well established that sleep promotes the integration of spatial information in long-term memory (Orban et al., 2006; Rauchs et al., 2008). The use of virtual reality (VR) technology for such investigation seems to be a good strategy to study spatial memory as it allows both to provide a complex environment or scene and to allow the participant to move freely in a 3D space. This is interesting because, firstly, the two-dimensional screen classically used can be rationally considered as far removed from what an individual encounters in his daily life and, secondly, because associative performance is better solicited when a scene is proposed (Robin & Olsen, 2019). However, to our knowledge, how sleep enhance associative memory of spatialize element had mostly been tested with 2D screen and only once within an immersive 3D space (Ribeiro, Sagnier, Quaglino, Gounden, & Loup-Escande, 2020).

In this aforementioned study, we demonstrated that a period of rest enhanced associative memory performances with no significant effect on relational ones (Ribeiro, Sagnier, et al., 2020). However, we only proposed a 20 minutes nap windows that could contain or not sleep and we posited that relational links may needs more times to be enhanced as previously proposed by Ellenbogen and collaborators (2007). More, a nap window logically did not allow individual to experience both rapid eye movement (REM) sleep phase and slow wave sleep (SWS) phase while SWS have been linked with the spatial hippocampal replay (Peigneux et al., 2004; Shimizu et al., 2018) and REM is likely to participate in the memory integration of novel experience

especially when a spatial component is involved (Boyce, Williams, & Adamantidis, 2017). Therefore, this study aims to further expand these investigations concerning the improvement of spatial memory at the associative and relational levels by proposing a complete night's sleep occurring in the participant's home.

Aims and hypothesis

The main objective of this study is to evaluate how a full night's sleep contributes to memory performance for items displayed in a VR environment. We postulate that performance will be improved at both the associative and relational levels. As a secondary objective, we seek to evaluate whether the content of dreams is related to this improvement. We also expect that the associations that were included in the participants' dream reports will receive more recognition than those that were not.

Method

Participants

Fifty-seven undergraduate college students from Picardie Jules Verne University (44 women, 13 men; $M = 21,42$ years, age range: 19-26 years) were enrolled on a voluntary basis in this study. Prior to entering the protocol, all participants signed a consent form indicating the main goal of the study, the time required to complete the study, the possibility of requesting the deletion of their data, the exclusion criteria (no sleep trouble) and the anonymization of all data used in communication. Participants were informed that they should stop the experiment if they experienced symptoms of cybersickness. No participant reported cybersickness during the protocol. Participants were randomly distributed in the two experimental group (Sleep and Wake).

Material and Measures

The headset used in this study was an HTC Vive displaying 1080x1200 pixel for each eye. This headset yields a 100° horizontal field of view with a refresh rate of 90 Hz. It was connected to an HP ZBook 17 G3 with

an Intel Core i7 (Quad-Core 2.6 GHz / 3.5 GHz Turbo), 8 GB RAM and a NVIDIA Quadro M5000M graphic card. The environment was developed using Unreal Engine 4 (UE4).

The items were composed of 3D models depicting 24 elements: Green plant, Computer, Spray can, Sledge, Car, Cactus, Gift box, Rock, Camera, Stool, Ball, Mushroom, Hat, Toilet, Pumpkin, Fire extinguisher, Violin, Dice, Bread, Hammer, Crow, Fish, Saw, Armchair. The graphic appearance of the objects was preferably chosen for the realistic and compatibility with an accurate representation of the object (as opposed to stylized or cartoonish). However, as the models came from different authors, the graphics identity were certainly not identical between the objects. A figure presenting the objects is available on request to the corresponding author of the present article (to ensure the novelty of the objects in the context of future studies).

The environment, labelled *Associative Spatialised Memory Room (ASMR)*, was identical to the preceding study (Ribeiro, Sagnier, et al., 2020) in which 12 display stands were disposed in front of the participant, 4 at the left side, 4 at the back side and 4 at the right side (Figure 1). Each display stand was covered to only show the item when the participants pressed a button placed on the stand. For each revelation, a luminous mark on the button indicated which display stand was to be opened. By pressing the button with a standard controller, the participant would hear a clicking sound. The room was illuminated using an omnidirectional light source placed in the middle of display stands. A black cross was drawn on the floor. The latter question was used as a measure aimed at neutralizing the potential spurious effect of making one group

to indicate to the participant where he or she needed to go after each item reveal. During the associative recall, a supplementary display stand was shown in the center of the room to display the item for which the participant had to indicate the location. A laser pointer was available and movable by the participant to indicate which stand he or she had previously seen the item displayed.



Figure 1 Screen capture of the Associative Spatialised Memory Room (ASMR)

Concerning the score composition, each correct recall granted the participant 1 point. Scores for immediate associative recall and delayed associative recall were integers (min = 0/24, max = 24/24). Score for relational recall was integer (min = 0/12, max = 12/12).

A questionnaire was proposed before the recall testing for the wake group and after the awaking for the sleep group. For the sleep group, this questionnaire assessed dream from the sleep period and time spent asleep. For both groups, this questionnaire assessed sleep duration from the previous night and reflection on the experie

possibly having the study material recalled (in dreams report) but not the other.

Procedure

Participants were placed in the virtual environment (ASMR). During the learning task, each participant was instructed to stand on the black cross and identify the display stand with the luminous marker. They were then requested to go toward the display and open it by placing the hand on the button and wait for the display stand to close while looking at the object. Participants then had to go back to the cross and state aloud which object he or she just had seen while looking at the back wall. The participant had to repeat the procedure for the next object until all object in the room were seen. Then the participant performed a first associative recall by indicating which display stand contained an object displayed on a central display

stand using the laser. The room was reloaded with other object and the participants performed the second learning task and immediate associative recall task. After a 12h delay containing sleep and wake depending on the group, they had to perform the relational recall in which they had to indicate aloud which object had the same position in the ASMR as an object displayed in front of them. During this relational recall, participants were placed in a circular empty environment to ensure that spatial cues from the ASMR were not used to infer the relationships. Finally, they performed the final associative recall in the ASMR using the laser in the same fashion as the immediate associative recall. This procedure is summed in the figure 2 and 3.

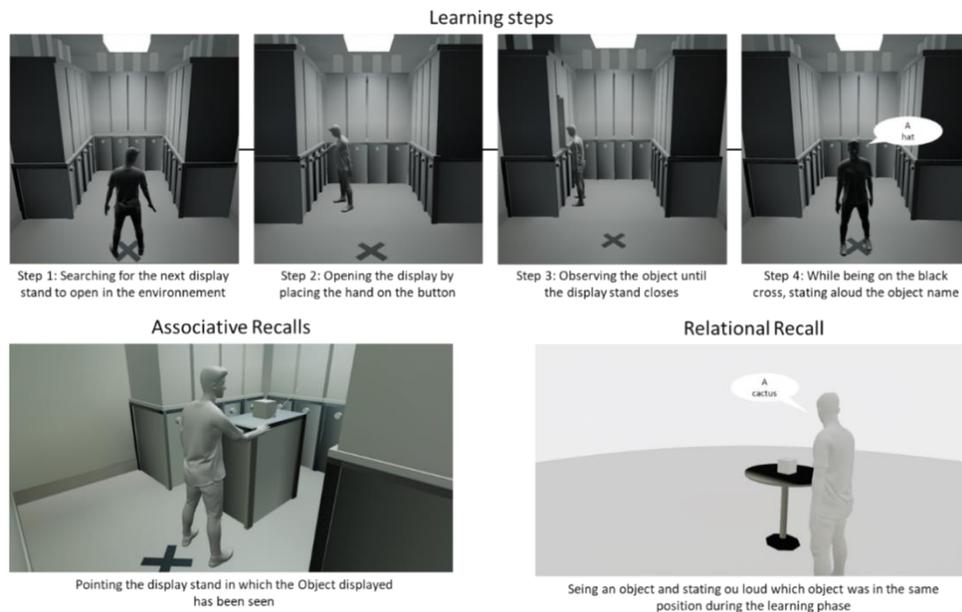


Figure 2 The learning phase steps were repeated 12 times for each learning (A-B and B-C). During the associative recalls the participant saw an object (depicted here using a square) on a display stand in the middle of the room and had to grab a laser pointer to indicate where he/she thought to have seen the object. During the relational recall, the participant saw an object on a table inside a neutral environment and had to indicate out-loud which object was in the same position during the learning phase. All objects order and place were fully randomised by the software. The individual in these pictures only serves as a representation of the participant and was not present in the environment during the learning process.

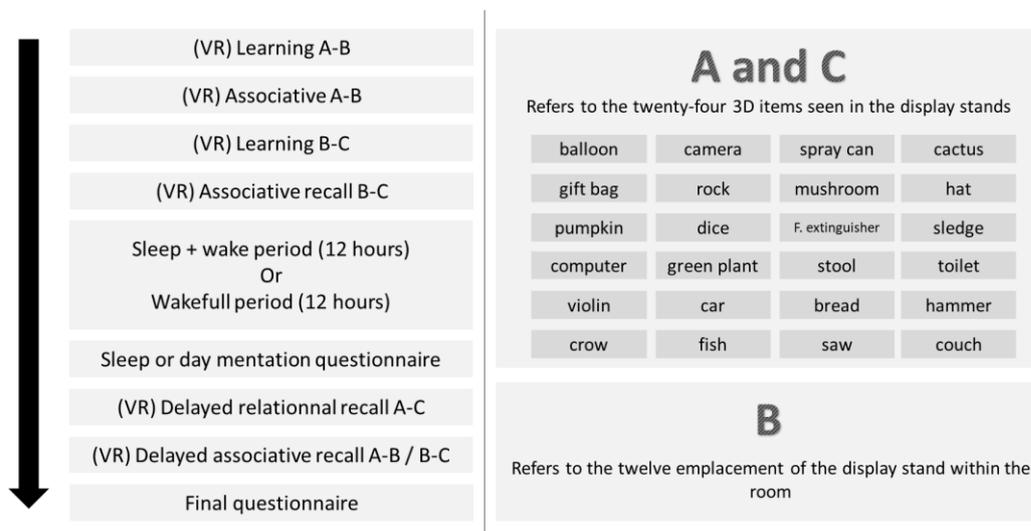


Figure 3 Course of the protocol for all participants (Left) and corresponding items (Right)

Result

All statistics were performed using Excel for reporting the score, Jamovi for performing the statistical tests and R for computing the score and performing the simulations.

Memory performances

Three participants of the wake group were excluded from analysis as they did not recognize half of the associations at the immediate testing. All statistical significance (set at $p < .05$) were identical with or without this exclusion. Seven participants in the sleep group wore a dream headband during the night. As a control of an eventual spurious effect, the statistical tests presented below were performed while excluding those 7 participants, all statistical outcomes were identical in terms of significance (set at $p < .05$).

In this section we compare score for participants in the sleep group at immediate associative testing ($M = 18.9$, $SD = 2.63$), at delayed associative testing ($M = 15.9$, $SD = 4.57$) and at relational testing ($M = 3.59$, $SD = 2.19$) to the wake group scores at immediate associative testing ($M = 18.4$, $SD = 3.23$), at delayed associative testing ($M = 13.1$, $SD = 4.38$) and at relational testing ($M = 2.22$, $SD = 2.13$).

For associative performance, a repeated-measures ANOVA was performed on the two associative recall scores. The condition (sleep or wake) was used as a between subjects' factor and the moment (immediate/delayed) was used as a within subjects' factor. There was a significant effect of moment ($F(2, 52) = 73.92$, $p < .001$, $\eta^2_p = .59$), and a significant interaction effect ($F(2, 80) = 5.66$, $p = .021$, $\eta^2_p = .01$). Figure 4 (left) shows how the data concerning immediate and delayed associative recognition were distributed across the two groups (sleep: $n = 27$; wake: $n = 27$).

For relational performance, an ANCOVA was performed on the relational score. The condition (sleep or wake) was used as a between subjects' factor and the

immediate associative recognition served as a covariate. There was a significant group effect ($F(1, 51) = 5.41$, $p = .024$, $\eta^2_p = .59$), and a significant interaction effect ($F(2, 80) = 5.66$, $p = .021$, $\eta^2_p = .01$). Figure 4 (right) shows how the relational score were distributed across the two groups depending on the immediate associative recognition score ($n_{\text{sleep}} = 27$; $n_{\text{wake}} = 27$).

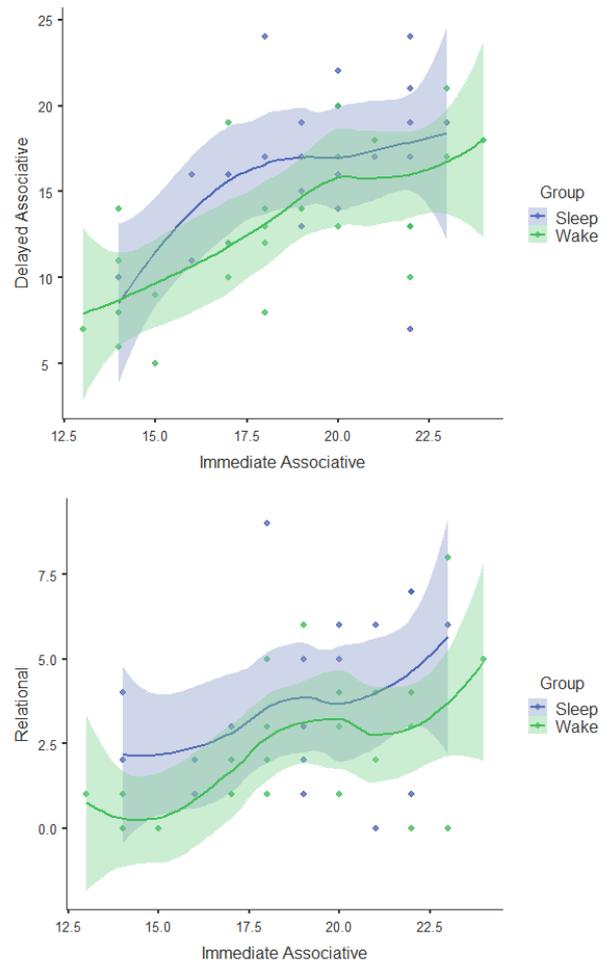


Figure 4 Data distribution across the sleep group (blue) and the wake group (green) for associative recalls (up) and relational recall depending on immediate performance (down)

Dream inclusion

As a reminder the conscious content occurring during the delay was assessed using written reports based on dream experience. Therefore, we were able to identify which report contained mentions of items seen during the learning phase using

a word matching strategy using the items name. Precisely, 11 participants reported dream content at awakening and among them 6 incorporated a study item.

Based on the frequentist statistics theory, to determine if this incorporation is consecutive to the experimental situation and the normal expression of dream content phenomenology, we must define the odd for this observation to occur spontaneously. Precisely, we used a sample of 932-night report containing one dream or more from a previous study (Ribeiro, Gounden, & Quaglino, 2018) and a sample of 5904 dream reports exported from website sleepanddreamdatabase.org under the label "Online study 2015" both were not related to the present study's items. We estimated the likelihood to observe 6 or more items from our present

material (listed in figure 3) when picking randomly 11 dream reports among those two samples. See Figure 5 for a graphical representation of this likelihood based on a simulation of 10^6 random picks.

Based on the first sample (French students of the Picardy Jules Verne University), there was a 1 in 5400 chance of observing data corresponding to the data we currently have. Based on the sample of the "Online study 2015", there was a 1 in 155 chance of observing inclusions as in the present study. It is therefore unlikely that our data would express typical dream content. In other words, these results support our hypothesis that the dream reports we obtained in the present studies are indicative of the inclusion of items in dream content. See Figure 5 for a graphical representation of this likelihood test.

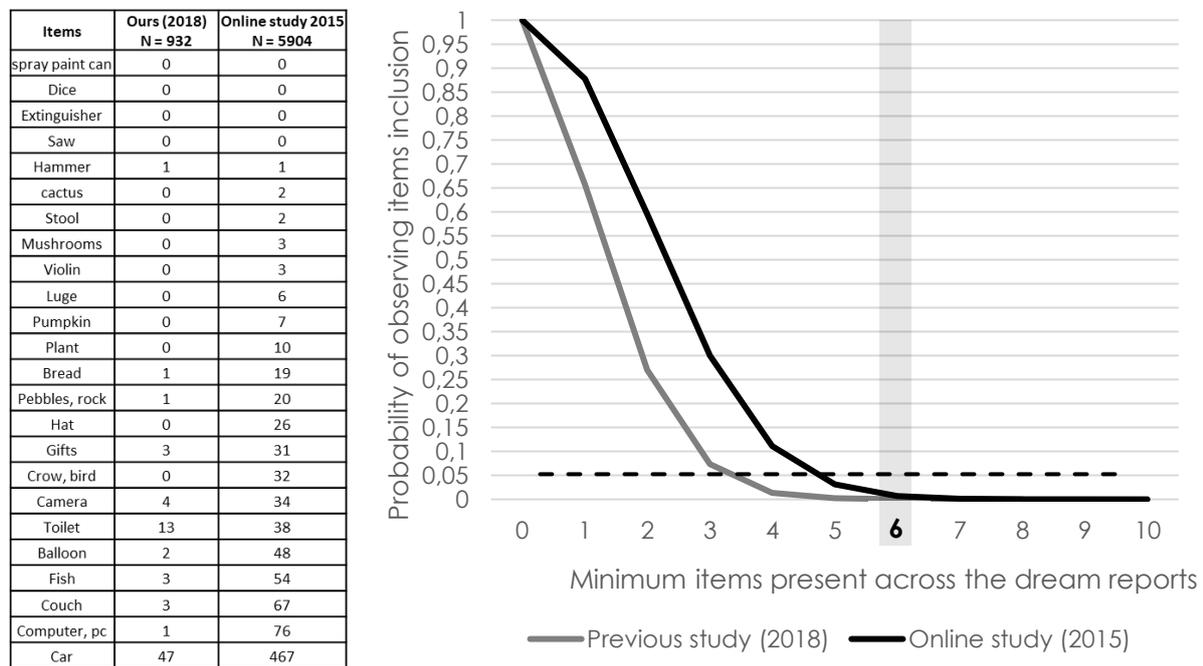


Figure 5 Items occurrence in unrelated dream sample (left) and the extracted probability of observing items from this study when picking an equivalent sample size (11) from an unrelated dream reports sample (right). The dashed line represents the p-value threshold set at 0.05. The light grey line represents a data set from a previous study with similar participants but an unrelated task (Ribeiro et al., 2018). The black line represents the "online study" data set from the Sleep and Dreams database. As a reminder, 6 items were incorporate to the present study dream reports.

Dream content and memory performance

Concerning dream report, among the 6 items included, 5 were correctly recognized during the delayed associative recall. Interestingly, it should be noted that the item that was not correctly recognized (computer) was involved in a narrative implicating a loss "*In the end, I couldn't retrieve my computer in time*". However, the number of incorporations is not sufficient to perform any relevant statistical tests and we are not able to devise further on this secondary hypothesis. The implication of this impossibility for future study will be discussed below.

Discussion

This study demonstrates that sleep enhance memory at both associative and relational levels. The effect size, particularly for relational recall, was however rather small. This could be explained by at least four factors that could help guide the design of future studies.

The first is that the spatial relation we have artificially created between the elements may not be sufficiently distinct to compete other possible relationships; as an example this study element could be linked according to common semantic characteristics that they share, for instance, a stool and a sofa serve the same function, a saw and a hammer are both tools, a fish and a crow are both animals, and a green plant and a cactus may have been spatially perceived together many times during the participant's life. **The second** is that the spatial property may not be sufficient to generate a strong relationship between objects. As a reminder, the spatial property of the experiment was central to this study because it is likely to be reactivated during the night and, to some extent, is at the heart of episodic functioning (Cerles et al., 2015; Hasselmo, 2009). However, being free to move around in an environment of about 15 square metres may not be sufficient to fully elicit this functioning. Beyond the sole size of the room, objects may be too close together and display stand may be too identical in the current version of the ASMR. **The third** is

that in this study, as in all previous studies using the AIT, we did not inform the participant that he or she will be asked to recall related items. Therefore, the coding was intentional for the association and incidental for the relation. It is interesting to note that a period of sleep is likely to promote intentionally encoded memory traces rather than incidentally encoded memory traces (Drosopoulos et al., 2005). **The fourth** is based on the fact that associative recall is better than relational recall. This may be due to the environmental cues present for the former and not the latter. The individual was not in the main room of the ASMR to limit the reconstruction of the relational link through both associative but it may also have limited how the context could help activate the correct memory trace (Bayen, Phelps, & Spaniol, 2000; Davachi, 2006). To summarize these four points, we suggest that future studies take into account pre-existing relationships by proposing elements with a low frequency of occurrence in everyday life or by proposing new material. We also think that it might be interesting in future studies to extend the size of the room and/or to bring more diversity to the location of the elements. It may also be relevant to monitor the effect of incidental relational learning and contextual benefit on recall.

Still, the significant result of the present study completes our preceding study that used a similar set-up and that only observed a benefit for associative memory after a rest period of 20-minutes (Ribeiro, Sagnier, et al., 2020). The fact that a full night sleep elicits a relational enhancement compared to a similar period of wake tends to confirm that the processing of these relational links take time as suggested by Ellenbogen and collaborators (2007). Interestingly, the same memory enhancement seems to occur with a variety of item type such as abstract visual pattern (Ellenbogen et al., 2007), picture of objects and faces (Alger & Payne, 2016; Huguet et al., 2019), picture of scenes or object and faces (Ribeiro, Gounden, et al., 2020) and, as in the present study, spatialization of objects (Ribeiro, Sagnier, et al., 2020). To some extent, this reasonably indicates that this enhancement is a sign of a phenomenon

operating at a variability of degrees in content or in memory types involved which encompass, for instance, declarative and non-declarative components. In consequence, this rationally invites to consider theorization that focus on system wide functioning as relevant to explain these memory phenomenon, especially when they relate to sleep as proposed by Cherdieu and collaborators (Cherdieu, Versace, Rey, Vallet, & Mazza, 2018).

In the broadest sense, this study focused primarily on consciousness as we were interested in how sleep influences memory. More specifically, it is common to distinguish two aspects of consciousness. First, the level of consciousness that can be summed up as what is different between sleep and wakefulness, and second, the content of consciousness that can be summed up as what can be remembered upon waking from a dream (Laureys, Boly, Moonen, & Maquet, 2009). Within this framework, in this study, we have also been interested in the incorporation of the study material into the content of dreams and the effect of this incorporation for the improvement of memory. On the one hand, we showed that the participants dreams were influenced by the study material. This result is coherent with a growing field of studies that demonstrate a continuity between what happen in daily life and night dream (Fogli, Maria Aiello, & Quercia, 2020). On the other hand, we were not able to evaluate if this incorporation led to an improvement in recognition performances of the included elements, because the number of incorporated elements was insufficient. We consider this impossibility to be fruitful because it illustrates the indeterminism that accompanies the incorporation of the elements of our lives into dreams, especially in such an experimental context. This lack of results thus raises the question of alternative methodological strategies for possible future studies.

To contextualize, we previously used a computerized, multi-platform dream journal in a similar study (Ribeiro, Gounden, et al., 2020), but for this present research, we favored the paper/pencil strategy in particular because of the simplicity of use, but also because of the widespread use of

it as a data collection tool. However, we qualitatively observed less reported content than with the computerized journal, which could explain why we found fewer incorporations. On a broader level than just our sole experience in this area, the methodology chosen to collect dreams is logically important for any study that would seek to assess the bridges between the functioning of memory and the content of dreams. Any tool that only collects dreams during a single awakening is most likely to get a small fraction of the overall dream activity. As an alternative, Schoch, Cordi, Schredl, & Rasch (2018) evaluated a collection technique based on multiple awakenings; according to the authors, this technique allows to obtain more dream content at the expense of sleep quality but without negative impact on the sleep-related improvement of memory. This technique could therefore be useful and relevant for future research.

Conclusion

This study adds to the ever-growing literature showing that sleep is linked to improved memory. A full night's sleep in a typical context (at home) was linked to a beneficial effect on memory recognition at the associative and relational levels for this study, which proposed spatialized items in a VR context. Although the material in this study influenced the content of dreams, we were unable to assess the congruence between this incorporation and memory improvement for the items incorporated. A future study could use techniques that increase the amount of dream reports to be able to evaluate this link.

4.2.2. Acknowledgments

We would like to thank Emilie Loup Escande and the Picardy regional authority and the European Regional Development Fund (FEDER) for funding support through the LEON project. We also would like to thank all undergraduate students who engaged in the pre-testing of the material.

4.2.3.References

- Alger, S. E., & Payne, J. D. (2016). The differential effects of emotional salience on direct associative and relational memory during a nap. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 16(6), 1150–1163. <https://doi.org/10.3758/s13415-016-0460-1>
- Anderson, J. R., & Bower, G. H. (1973). *Human associative memory*. Psychology press.
- Bayen, U. J., Phelps, M. P., & Spaniol, J. (2000). Age-related differences in the use of contextual information in recognition memory: A global matching approach. *Journals of Gerontology - Series B Psychological Sciences and Social Sciences*, 55(3), 131–141. <https://doi.org/10.1093/geronb/55.3.P131>
- Blagrove, M. (2011). Distinguishing continuity/discontinuity, function, and insight when investigating dream content. *International Journal of Dream Research*, 4(2), 45–47. <https://doi.org/10.11588/ijodr.2011.2.9153>
- Boyce, R., Williams, S., & Adamantidis, A. (2017). REM sleep and memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 44, 167–177. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2017.05.001>
- Cerles, M., Guinet, E., & Rousset, S. (2015). Mutual interferences between automatic ongoing spatial-updating with self-motion and source recall. *Consciousness and Cognition*, 36, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.06.006>
- Chatburn, A., Lushington, K., & Kohler, M. J. (2014). Complex associative memory processing and sleep: A systematic review and meta-analysis of behavioural evidence and underlying EEG mechanisms. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 47, 646–655. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.10.018>
- Cherdiou, M., Versace, R., Rey, A. E., Vallet, G. T., & Mazza, S. (2018). Sleep on your memory traces: How sleep effects can be explained by Act-In, a functional memory model. *Sleep Medicine Reviews*, 39, 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2017.09.001>
- Davachi, L. (2006). Item, context and relational episodic encoding in humans. *Current Opinion in Neurobiology*, 16(6), 693–700. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2006.10.012>
- Diekelmann, S., & Born, J. (2010). The memory function of sleep. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(2), 114–126. <https://doi.org/10.1038/nrn2762>
- Ellenbogen, J. M., Hu, P. T., Payne, J. D., Titone, D., & Walker, M. P. (2007). Human relational memory requires time and sleep. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(18), 7723–7728. <https://doi.org/10.1073/pnas.0700094104>
- Fogli, A., Maria Aiello, L., & Quercia, D. (2020). Our dreams, our selves: automatic analysis of dream reports. *Royal Society Open Science*, 7(8), 192080. <https://doi.org/10.1098/rsos.192080>
- Hasselmo, M. E. (2009). A model of episodic memory: Mental time travel along encoded trajectories using grid cells. *Neurobiology of Learning and Memory*, 92(4), 559–573. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2009.07.005>
- Huguet, M., Payne, J. D., Kim, S. Y., & Alger, S. E. (2019). Overnight sleep benefits both neutral and negative direct associative and relational memory. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*. <https://doi.org/10.3758/s13415-019-00746-8>
- Laureys, S., Boly, M., Moonen, G., & Maquet, P. (2009). Coma. In *The Neuroscience of Sleep* (Vol. 2, pp. 146–155). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375073-0.50025-7>
- Nadel, L., Hupbach, A., Gomez, R., & Newman-Smith, K. (2012). Memory formation, consolidation and transformation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(7), 1640–1645. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.03.001>
- Nadel, L., Samsonovich, A., Ryan, L., & Moscovitch, M. (2000). Multiple trace theory of human memory: computational, neuroimaging, and neuropsychological results. *Hippocampus*, 10(4), 352–368.
- Orban, P., Rauchs, G., Balteau, E., Degueldre, C., Luxen, A., Maquet, P., & Peigneux, P. (2006). Sleep after spatial learning promotes covert reorganization of brain activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(18), 7124–7129. <https://doi.org/10.1073/pnas.0510198103>
- Payne, J. D. (2011). Sleep on it!: stabilizing and transforming memories during sleep. *Nature Neuroscience*, 14(3), 272–274. <https://doi.org/10.1038/nn0311-272>
- Peigneux, P., Laureys, S., Fuchs, S., Collette, F., Perrin, F., Reggers, J., ... Maquet, P. (2004). Are spatial memories strengthened in the human hippocampus during slow wave sleep? *Neuron*, 44(3), 535–545. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.10.007>
- Preston, A. R., Shrager, Y., Dudukovic, N. M., & Gabrieli, J. D. E. (2004). Hippocampal contribution to the novel use of relational information in declarative memory. *Hippocampus*, 14(2), 148–152. <https://doi.org/10.1002/hipo.20009>
- Rauchs, G., Orban, P., Schmidt, C., Albouy, G., Balteau, E., Degueldre, C., ... Peigneux, P. (2008). Sleep modulates the neural substrates of both spatial and contextual memory consolidation. *PLoS One*, 3(8), e2949. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0002949>
- Ribeiro, N., Gounden, Y., & Quaglini, V. (2018). Measure of dream recall frequency: Comparing retrospective and logbook evaluations. *International Journal of Dream Research*, 11(1), 66–68. <https://doi.org/10.11588/ijodr.2018.1.40617>
- Ribeiro, N., Gounden, Y., & Quaglini, V. (2020). A full night's sleep at home improves memory performance in an associative and relational learning task. *Dreaming*. <https://doi.org/10.1037/drm0000130>
- Ribeiro, N., Sagnier, C., Quaglini, V., Gounden, Y., & Loup-Escande, E. (2020). Effect of a short rest period on associative and relational memory performance: A Virtual Reality study. *International Journal of Virtual Reality*, 20(1), 21–32. <https://doi.org/10.20870/ijvr.2020.20.1.3186>
- Robin, J., & Olsen, R. K. (2019). Scenes facilitate associative memory and integration. *Learning and Memory*, 26(7), 252–261. <https://doi.org/10.1101/lm.049486.119>
- Schoch, S. F., Cordi, M. J., Schredl, M., & Rasch, B. (2018). The effect of dream report collection and dream incorporation on memory consolidation during sleep.

- Journal of Sleep Research*, (July), 1–8.
<https://doi.org/10.1111/jsr.12754>
- Shimizu, R. E., Connolly, P. M., Cellini, N., Armstrong, D. M., Hernandez, L. T., Estrada, R., ... Simons, S. B. (2018). Closed-loop targeted memory reactivation during sleep improves spatial navigation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12(February), 1–14.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00028>
- Versace, R., Vallet, G. T., Riou, B., Lesourd, M., Labeye, É., & Brunel, L. (2014). Act-In: An integrated view of memory mechanisms. *Journal of Cognitive Psychology*.
<https://doi.org/10.1080/20445911.2014.892113>
- Walker, M. P., & Stickgold, R. (2006). Sleep, Memory, and Plasticity. *Annual Review of Psychology*, 57(1), 139–166.
<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070307>
- Wamsley, E. J., & Stickgold, R. (2018). Dreaming of a learning task is associated with enhanced memory consolidation: Replication in an overnight sleep study. *Journal of Sleep Research*, (June), e12749.
<https://doi.org/10.1111/jsr.12749>
- Wamsley, E. J., Tucker, M., Payne, J. D., Benavides, J. A., & Stickgold, R. (2010). Dreaming of a Learning Task Is Associated with Enhanced Sleep-Dependent Memory Consolidation. *Current Biology*, 20(9), 850–855.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.03.027>
- Zeithamova, D., Dominick, A. L., & Preston, A. R. (2012). Hippocampal and ventral medial prefrontal activation during retrieval-mediated learning supports novel inference. *Neuron*, 75(1), 168–179.
<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.05.010>

RÉSUMÉ : Le sommeil contribue à la mémoire. Notre objectif principal était d'évaluer cette contribution en considérant, d'une part, les aspects associatifs et relationnels en mémoire et, d'autre part, la place des rêves pour ces améliorations. Cet objectif s'est décliné en trois axes ayant chacun abouti à deux études.

L'axe 1 portait sur les caractéristiques du sommeil chez des étudiants. Dans l'étude 1, sa qualité subjective était évocatrice de difficultés importantes. Dans l'étude 2, nous avons déterminé que la fréquence du rêve lucide n'est pas liée à cette qualité. Cette évaluation était motivée par l'apport potentiel du rêve lucide dans l'évaluation du lien mémoire et rêve. L'axe 2 concernait les méthodes de recueil des rêves. Nous avons constaté, avec l'étude 3, que les rêves lucides avec contrôle survenaient insuffisamment pour qu'ils soient utilisés dans nos recherches ultérieures. Dans l'étude 4, nous avons donc préféré l'investigation des rêves typiques et montré que les fréquences recueillies par questionnaire ou par journal de rêves sont similaires bien que ce dernier augmente la fréquence durant la période de son utilisation. L'axe 3 a investigué les liens unissant la mémoire et le sommeil. Dans l'étude 5, nous avons montré qu'une nuit de sommeil améliore les performances mnésiques tant au niveau des liens associatifs (entre des éléments présentés dans une même temporalité) que ceux relationnels (entre des éléments présentés dans des temporalités différentes, mais unis par des similitudes). De plus, les éléments incorporés dans les rêves étaient mieux rappelés que les autres. Enfin, une période de repos de 20 minutes au calme proposée dans le cadre de l'étude 6, a suffi à améliorer les performances associatives.

Nous avons discuté ces résultats en proposant, d'une part, que ces améliorations de performances sont le signe d'un rôle actif du sommeil sur la mémoire et, d'autre part, que les récits de rêves sont à même de témoigner des restructurations des traces mnésiques qui s'opèrent au sein de la mémoire.

Mots clés : Sommeil, rêve, mémoire, consolidation, reconsolidation, association

ABSTRACT: Sleep contributes to memory. Our main objective was to evaluate the associative and relational aspects of this contribution and the place of dreams for these improvements. This objective was divided into three focuses, each of which led to two studies.

Focus 1 concerned the characteristics of sleep in students. In study 1, its subjective quality was suggestive of significant difficulties. In study 2, we determined that the frequency of lucid dreaming is not related to this quality. This evaluation was motivated by the potential contribution that lucid dreaming can make to the evaluation of the memory-dream link. Focus 2 concerned dream collection methods. We found, with study 3, that lucid dreams with control occurred insufficiently for them to be used in our subsequent research. In Study 4, we therefore preferred the investigation of typical dreams and showed that the frequencies collected by questionnaire or dream journal are similar although the latter increases the frequency during the period of its use. Finally, focus 3 investigated the links between memory and sleep. In study 5, we showed that a night's sleep improves memory performance both in terms of associative links (between elements presented in the same temporality) and relational links (between elements presented in different temporalities but united by similarities). Moreover, the elements incorporated in dreams were better recalled than the others. A 20-minute rest period in the quiet proposed in Study 6 was sufficient to improve associative performance.

We have discussed these results by proposing that these performance improvements are a sign of an active role of sleep on memory and that dream narratives are able to testify to the restructuring of the memory traces that take place within the memory system.

Keywords: Sleep, dream, memory, consolidation, reconsolidation, association